

Plastik Endüstrisinde Soğutma Sistemleri ve Uygulamaları

Editör: Dr. Kadir İsa



EĞİTİM PROGRAMLARI

BAYI VE MÜŞTERİ EĞİTİMLERİ

- ENERJİ VE PROSES SOĞUTMA EĞİTİMİ
- BATARYA EĞİTİMİ
- YENİ SERİ ÜRÜNLERİN TANITIMI VE PAZARA SUNULMASI EĞİTİMİ

TEKNİK EĞİTİMLERİMİZ

- İKLİMLENDİRME/SOĞUTMA EĞİTİMLERİ
- ÜRETİM TEKNİKLERİ EĞİTİMLERİ

UYGULAMALI EĞİTİM ATÖLYESİ EĞİTİMLERİMİZ

- MONTAJ UYGULAMA EĞİTİMİ
- SERT LEHİM UYGULAMA EĞİTİMİ

KİŞİSEL GELİŞİM EĞİTİMLERİMİZ

- KARIYERİM VE İLETİŞİM BECERİLERİM EĞİTİMİ

TEKNİK GEZİLERİMİZ

- ÜNİVERSİTE, MYO, LİSE TEKNİK GEZİLERİ
- DERNEK, VAKIF TEKNİK GEZİLERİ
- SEKTÖREL İŞ BİRLİĞİ TEKNİK GEZİLERİ

YENİ ÇALIŞANLARIMIZA YÖNELİK ORYANTASYON VE GELİŞİM PROGRAMLARIMIZ

- 0-2 AY ARASI ORYANTASYON EĞİTİMİ PROGRAMIMIZ
- 2-6 AY ARASI ORYANTASYON VE GELİŞİM PROGRAMIMIZ

KİŞİSEL GELİŞİM EĞİTİMLERİMİZ

- KARIYERİM VE İLETİŞİM BECERİLERİM EĞİTİMLERİ
- KULÜP EĞİTİMLERİMİZ

SOSYAL SORUMLULUK PROJELERİ EĞİTİMLERİMİZ

- ORGANİZE SANAYİ BÖLGESİ SOKAK HAYVANLARI SOSYAL SORUMLULUK PROJESİ EĞİTİMLERİ
- KURUMSAL SOSYAL SORUMLULUK STAJYER GÖNÜLLÜ ÇALIŞMA EĞİTİMLERİ

UZUN SÜRELİ STAJLAR VE TEZ PROGRAMLARI

- TEZ PROGRAMLARI
- LİSE STAJ PROGRAMI
- MYO STAJ PROGRAMI
- ÜNİVERSİTE STAJ PROGRAMI



Friterm Ar-Ge Ortamla Dengeli Tip Kalorimetrik Test Odası

Friterm R&D Ambient Balanced Type Calorimetric Test Room

Freon Evaporatörler Freon Unit Cooler	EN 328; Eurovent RS 7/C/001 - 2010 (R404A, R507, R407, R134A, R410A)
Freon Kondenserler Freon Condenser	EN 327; Eurovent RS 7/C/002 - 2010 (R404A, R507, R407, R134A, R410A)
Su, Su/Glikollü Soğutucular Water, Glycol/Water Cooler	EN 328; Eurovent RS 7/C/001 - 2010
CO ₂ Evaporatörler CO ₂ Unit Cooler	EN 328 (CO ₂ Subcritical/Transcritical)
CO ₂ Gaz Soğutucular CO ₂ Gas Cooler	EN 327 (CO ₂ Transcritical)
Kuru Soğutucu Bataryalar Dry Cooler	EN 1048; Eurovent RS 7/C/003 - 2010
Isıtma/Soğutma Bataryaları (Sulu, Su/Glikollü) Heating/Cooling Coil	Eurovent RS 7/C/005-2007; ANSI ASHRAE 33/2000
DX/Kondenser/CO ₂ Bataryalar DX/Condenser/CO ₂ Coil	EN 327, EN 328, ANSI ASHRAE 33/2000



Friterm Motor Kontrol ve İzleme Sistemi (FMC) Friterm Motor Control System (FMC)



Friterm Hava Sızdırmazlık Test Düzeneği Friterm Air Tightness Test Rig



EN1886, EN 15727:2010,
EUROVENT 2/2 ve DW/143

Plastik Endüstrisinde Soğutma Sistemleri ve Uygulamaları

Editör: Dr. Kadir İsa



Plastik Endüstrisinde Soğutma Sistemleri ve Uygulamaları

Editör: Dr. Kadir İsa

FRİTERM A.Ş. Teknik Yayını No: 01

1. Baskı, Haziran 2009, İstanbul (2.500 Adet)
 2. Baskı, Nisan 2011, İstanbul (2.500 Adet)
 3. Baskı, Mayıs 2017, İstanbul (3.000 Adet)
- ISBN: 978-975-**6263-32-7**

Bu kitap, Friterm Termik Cihazlar San. ve Tic. A.Ş. tarafından yayınlanmıştır. Referans gösterilmesi ve kaynak verilmesi koşulu ile alıntı yapılabilir.

Copyright © 2009, 2011, 2017 Friterm Termik Cihazlar San. ve Tic. A.Ş.

Adres ve İletişim:

Friterm Termik Cihazlar San. ve Tic. A. Ş.

Makine İhtisas Organize Sanayi Bölgesi
6. Cadde 17. Sokak No:1 Demirciler Köyü
Dilovası 41455, Kocaeli - Türkiye
Telefon: +90 216 394 12 82 (pbx)
Faks: +90 216 394 12 87
info@friterm.com
www.friterm.com

Doğa Yayıncılık Ltd. Şti.

Ali Nazım Sk. No: 30 Koşuyolu 34718 Kadıköy / İSTANBUL
Tel: 0216 327 80 10
Faks: 0216 327 79 25
www.dogayayin.com
info@dogayayin.com

Baskı ve Cilt:

Hanlar Matbaacılık Sanayi Ticaret Ltd. Şti.

Yeşilce Mahallesi, Aytekin Sokak No: 16/A
Seyrantepe / Levent / İstanbul
Tel: 0212 324 08 82 - 83
Faks: 0212 324 08 84
www.hanlarmatbaa.com
info@hanlarmatbaa.com

ÖNSÖZ

“Plastik Endüstrisinde Soğutma Sistemleri ve Uygulamaları” başlığıyla yayınladığımız bu kitap, plastik endüstrisinde kullanılan soğutma sistemleri ve uygulamaları kapsamında bir ilk yayın olma özelliğine sahiptir. Amacımız; plastik sektörü içerisinde faaliyette bulunan mühendislerin, işletme sahiplerinin, yatırımcıların, konu ile ilişkili olabilecek tüm profesyonellerin, akademisyenlerin ve öğrencilerin eksikliğini duydukları bir bilgiyi sunmaktır. Kitabımızın birinci baskısı büyük ilgi görmüş, Eylül 2009’dan itibaren aldığıımız geri dönüşler kitabın yayınlanma amacına ulaştığını göstermiş ve ikinci baskısının ardından, genişletilmiş üçüncü baskısını yapma konusunda bizleri cesaretlendirmiştir.

Farklı soğutma çözümlerinin birbirleri karşısında avantajlarının ve dezavantajlarının anlaşılması; enerji verimliliği yüksek uygulamaların öneminin kavranması, soğutma ünitelerinin malzeme, performans ve konstrüktif özelliklerinin bilinmesi ve düşük ömürlü, arıza riski görece olarak yüksek uygulamalardan kaçınılması oldukça büyük önem taşımaktadır.

“Plastik Endüstrisinde Soğutma Sistemleri ve Uygulamaları” kitabı temelde üç bölümden oluşmaktadır. *Birinci bölümde*, plastiklerin özellikleri, plastik malzemelerin hayatımızdaki yeri, plastiklerin şekillendirilmesi ve enjeksiyonu hakkında genel bilgiler aktararak plastik endüstrisinde soğutma uygulamaları konusuna giriş yapılmaktadır.

İkinci bölümde, plastik sektöründe kalıp ve yağ soğutmada kullanılan temel sistemler olan, Su Soğutma Kuleleri, Chillerler (Soğuk Su Üretici Cihazlar), Chiller ve Entegre Doğal Soğutma Bataryalı Sistemler (Free Cooling Chillerler) ve Kuru ve Islak Kuru Soğutucular hakkında detaylı ve karşılaştırmalı bilgiler verilmektedir.

Kazandırdığı verim artışı ile işletme maliyetlerini düşüren doğal soğutma (free cooling) sistemleri de ikinci bölümde yer almaktadır. Doğal soğutma sistemlerinin geniş bir biçimde ele alınmasının nedeni, enerji verimliliğinin artırılmasının günümüzde en temel küresel konulardan birisi olmasıdır. Hepimizin bildiği ve tanık olduğu üzere; enerji verimliliğinin artırılması için doğal soğutma uygulamaları her geçen gün yaygınlaşmakta, bu amaca hizmet eden yeni teknolojilerin ve ürünlerin geliştirilmesinin önemi daha da fazla hissedilmektedir. Enerji verimliliği yüksek ürünlerin kullanımının yaygınlaştırması ile birlikte işletmelerimizin verimliliği ve ülke olarak rekabet gücümüz artacaktır. Bu sistemlerin çevreye olan dolaylı olumlu etkileri de dikkate değerdir.

Soğutma sistemleri bilgilerinin yanı sıra, kuru soğutucu ünitelerin malzeme, performans

ve konstrüktif özellikleri hakkında detaylı bilgiler de ikinci bölümde ele alınmaktadır.

Üçüncü ve son bölümde, kalıp ve yağ soğutma amaçlı yapılmış farklı uygulama örnekleri, teknik ve maliyet yönleri ile detaylı olarak ele alınmıştır.

Birinci basımı Haziran 2009, ikinci basımı ise Nisan 2011 tarihlerinde yapılan ***“Plastik Endüstrisinde Soğutma Sistemleri ve Uygulamaları”*** kitabının üçüncü basımının da plastik sektöründeki meslektaşlarımıza faydalı olacağına inanıyoruz.

Naci ŞAHİN

Friterm A.Ş. Genel Müdürü

01.03.2017, İstanbul

İÇİNDEKİLER

BÖLÜM 1 - Plastik Endüstrisinde Soğutma Sistemleri ve Uygulamaları 1

1.1 Giriş.....	2
1.1.1 Türkiye'de Plastik Sektörünün Durumuna Genel Bakış	2
1.2 Plastikler Hakkında Genel Bilgi	4
1.3 Plastiklerin Yangın Güvenliği	7
1.3.1 Plastiklerin Yangın Koruması.....	9
1.3.2 Plastik Yangınlarının Söndürülmesi	11
1.3.3 Yangına Dayanıklılık Plastikler.....	12
1.3.4 İşletme ve Eğitim.....	14
1.4 Plastiklerin Hayatımızdaki Yeri	15
1.4.1 Plastiklerin İş Hayatına Etkisi	16
1.4.2 Türkiye Plastik Mamul Sektöründe Gelişmeler.....	16
1.5 Plastiklerin Şekillendirilmesi.....	17
1.5.1 Plastik Enjeksiyon Makinesi Üretim Aşamaları	19
1.5.2 Plastik Enjeksiyonda Kalıp Şartlandırma	20
1.5.3 Örnek Bir İmalat (Şişirme ile Kalıplama - Pet Şişe Üretimi)	20

BÖLÜM 2 - Plastik Endüstrisinde Kalıp ve Yağ Soğutma Sistemleri..... 23

2.1 Kalıp Soğutma	24
2.1.1 Kalıp Soğutmada Kapasite ve Debi Hesabı.....	26
2.2 Hidrolik Yağ Soğutma.....	28
2.2.1 Hidrolik Yağ Soğutma Metotları.....	29
2.2.1.1 Depodan Isı Geçiş.....	30
2.2.1.2 Sistemden Isı Üretimi	32
2.2.1.3 Örnek Tasarım	35
2.2.2 Kirlilik Kontrolü	41
2.2.3 Verimlilik.....	42
2.3 Kalıp ve Yağ Soğutma Sistemleri	42
2.3.1 Su Soğutma Kuleleri.....	43
2.3.1.1 Açık Devre Su Soğutma Kuleleri	43
2.3.1.2 Kapalı Devre Su Soğutma Kuleleri	44
2.3.2 Chillerler (Soğuk Su Üretici Cihazlar)	45
2.3.2.1 Su Soğutmalı Soğuk Su Üretici Gruplar (Su Soğutmalı Chillerler)	45

2.3.2.2 Hava Soğutmalı Soğuk Su Üretici Gruplar (Hava Soğutmalı Chillerler).....	46
2.3.2.3 Eko-Tasarım (EcoDesign) Yönergesi Kapsamında Soğutma Sistemleri İçin Minimum Enerji Verimliliği Standartları.....	46
2.3.3 Chiller ve Entegre Doğal Soğutma Bataryalı Sistemler (Free Cooling Chillerler).....	54
2.3.3.1 Ülkemizde Bin Değerlerine Bağlı Olarak İki Farklı İlimize Ait Karşılaştırmalar.....	58
2.3.4 Kuru Soğutucular.....	62
2.3.5 Islak/Kuru Soğutucular.....	64
2.3.5.1 Doğrudan Su Spreyleme Sistemli Islak/Kuru Soğutucular.....	64
2.3.5.2 Sisleme (Fogging) Sistemli Islak/Kuru Soğutucular	65
2.3.5.3 Ağ Üzeri (Ecomesh) Su Spreyleme Sistemli Islak/Kuru Soğutucular.....	66
2.3.5.4 Evaporatif Ön Soğutuculu Kuru Soğutucular.....	67
2.3.5.5 Hibrid Kuru Soğutucular	68
2.3.6 Kuru ve Islak Kuru Soğutucuların Tasarım ve Performans Kriterleri	69
2.3.6.1 Temel Tasarım Verileri.....	69
2.3.6.2 Akışkan Özellikleri.....	70
2.3.6.3 Kuru Soğutucularda Standart Kapasite ve Enerji Sınıflandırması.....	72
2.3.7 Kuru ve Islak/Kuru Soğutucuların Malzeme ve Konstrüktif Özellikleri.....	73

BÖLÜM 3 - Plastik Sektöründe Kalıp ve Yağ Soğutma Uygulamaları 79

3.1 Uygulama Örneği - Kuru Soğutucu ve Hava Soğutmalı Chillerin Birlikte Çalışma Senaryosunda Verimliliğin İncelenmesi	80
3.2 Uygulama Örneği - Entegre Doğal Soğutma Bataryalı Chiller Uygulaması	88
3.3 Uygulama Örneği - Endüstriyel Proses Soğutma İçin Kuru Soğutucu Uygulaması -1..	92
3.4 Uygulama Örneği - Endüstriyel Proses Soğutma İçin Kuru Soğutucu Uygulaması-2....	93
3.5 Uygulama Örneği - Plastik Sektöründe Yağ Soğutma Sistemlerinde Kullanılan Soğutma Uygulamalarının Karşılaştırılması.....	94
3.6 Uygulama Örneği - PVC Profil Üretim Fabrikasının Plastik Enjeksiyon Kalıplarının Enerji Analizi.....	96

4 - Sonuç 101

5 - Kaynakça 102

BÖLÜM 1

Plastik Endüstrisinde Soğutma Sistemleri ve Uygulamaları

Bu bölümde; plastiklerin özellikleri, plastik malzemelerin hayatımızdaki yeri, plastiklerin şekillendirilmesi ve enjeksiyonu hakkında genel bilgiler aktarılarak, plastik endüstrisinde soğutma uygulamaları konusuna giriş yapılmaktadır.

1.1 GİRİŞ

Plastik endüstrisi, soğutma uygulamalarına en fazla ihtiyaç duyulan sektörlerden biridir. Bu nedenle kullanılacak yöntemin bilinçli seçilmesi gerekir.

İmalatta kullanılan kalıpların soğutulması, özellikle ürün kalitesi açısından önemlidir. Plastiğin cinsine göre kalıpların belirli sıcaklık değerleri arasında tutulması gereklidir. Uygun soğutulamayan kalıplarda üretilen mamullerde yüzey pürüzlülüğü yüksektir ve renk değişimi görülebilir. Ayrıca, yeterli soğutmanın yapılamaması sonucu kalıpların açılıp kapanma süreleri uzar ve üretim kapasitesi düşer. Makinelerin düzgün ve verimli çalışabilmesi için, kullanılan yağın da uygun şekilde soğutulmasına ihtiyaç vardır. Aksi takdirde performans düşer ve aşınmalar artar. Bu durumda enerji kaybının artmasının yanı sıra, makine ömrü de kısılacaktır. Yağ soğutma işleminin doğru şekilde yapılması durumunda bu sorunlar ortadan kalkacaktır.

Proses soğutma uygulamalarında enerji verimliliği giderek daha da ön plana çıkmaktadır. Tesislerde enerji tüketiminin büyük kısmını oluşturan soğutma sistemlerinin tasarımları bu durumdan etkilenmekte, doğal kaynakların verimliliği artırma amaçlı kullanımı için alternatif sistemlere yönelim artmakta, daha az enerji tüketen sistemler geliştirilmeye devam etmektedir. Plastik endüstrisinde soğutma uygulamalarında doğal soğutma (free cooling), enerji verimliliğinde oldukça önemli işlev görmektedir.

Bu çalışmada, plastik endüstrisinde kullanılan soğutma sistemleri hakkında detaylı ve karşılaştırmalı bilgiler verilecek, farklı uygulama örnekleri aktarılacaktır. Soğutma sistemleri ve uygulamalarının yanı sıra kuru soğutucu ünitelerinin malzeme, performans ve konstrüktif özellikleri hakkında da bilgi verilecektir.

1.1.1 Türkiye'de Plastik Sektörünün Durumuna Genel Bakış

Türk plastik sektörü, AB (Avrupa Birliği) ülkeleri içinde, Almanya'dan sonra ikinci sırada, dünyada ise % 2,7 payla altıncı sırada yer almaktadır. Diğer taraftan Türkiye, küresel plastik mamul ihracatında % 3 payla ilk 10, plastik hammadde ithalatında ise % 4 payla ilk 5 ülke içinde yer almaktadır. Plastik mamul iç pazar tüketiminde ve dolaylı ihracatta sağlanan artış, 2016 yılında plastik mamullerde üretim artışının motoru olmuştur. Bu dönemde özetle üretim 2015 yılına kıyasla miktar bazında % 3,5 değer bazında % 2,8 artmıştır. İthalat artışı miktar bazında % 0,8, değer bazında % 1,9, ihracat artışı miktar bazında % 1,6, dolaylı ihracata giden dahil olmak

üzere yurtiçi tüketim artışı miktar bazında % 4,3, değer bazında % 3,9 olarak gerçekleşirken ihracat değer bazında % 5,8 azalmıştır. Ekonomik büyüme ile sektörün 14 yıllık ortalama korelasyon katsayısı dikkate alındığında, plastik sektörünün 2017 yılında % 5,5 ile % 7,4 aralığında büyüebileceği tahmin edilmektedir. Ancak, dünya ekonomisinde ve özellikle Türkiye'nin ihracat pazarlarında daha olumsuz gelişmeler olması halinde plastik sektör büyümesinin % 4'de şekillenmesi olasıdır.

PAGEV (Türk Plastik Sanayicileri Araştırma Geliştirme ve Eğitim Vakfı) kayıtlarına göre Türkiye plastik sektöründe % 99'u KOBİ düzeyinde 6.500 firmanın üretim yaptığı bilinmektedir. Türkiye plastik sektöründe faaliyet gösteren firmaların % 91,3'ü 12 ilde bulunmaktadır. Diğer 57 il sayısal olarak sektördeki toplam firma sayısından % 8,7 pay almaktadır. Türkiye plastik sektöründe faaliyet gösteren üretici firmaların başlıca şehirler bazında dağılımında İstanbul % 62,1 payla ön sırada gelmektedir. Bursa ve İzmir, toplam firma sayısında payı % 5'in üzerinde olan şehirleri oluşturmaktadır. Ankara, Gaziantep, Konya ve Kocaeli toplam firma sayısından % 3-% 4 arasında pay alan şehirler olarak gözlemlenmekte iken, Adana, Kayseri, Samsun, Mersin ve Denizli'nin payları % 1 ile % 1,5 arasında değişmektedir. 2016 yılında 8,9 milyon ton ve 33,8 milyar dolarlık plastik mamul üretimi gerçekleşmiş olup, üretim 2015 yılına kıyasla miktar bazında % 3,5 değer bazında da % 3 artmıştır. Plastik sektöründe 2016 yılında ortalama kapasite kullanımı % 72 olarak gerçekleşmiş olup, söz konusu dönemde genel imalat sanayinin ortalama kapasite kullanımı olan % 73'ün 1 puan gerisinde kalmıştır. Plastik sektöründe 2012 - 2016 yıllarını kapsayan dönemde, yılda ortalama 821 milyon dolarlık makine ve teçhizat yatırımı gerçekleşmiş ve 2015 yılına kıyasla % 5 artmıştır. 2016 yılında 1 milyon 551 bin ton ve 4 milyar 109 milyon dolarlık plastik mamul ihracatı yapılmış ve 2015 yılına kıyasla miktar bazında % 2 değer bazında % 5 gerilemiştir. Türkiye, 200'ün üzerinde ülkeye plastik mamuller ihraç etmektedir. 2016 yılında 205 ülkeye plastik mamul ihraç edilmiştir. 2015 yılında 10 ülke, toplam ihracattan miktar bazında % 46, değer bazında da % 45 pay alırken 2016 yılında 10 ülkenin toplam ihracattan aldığı pay miktar bazında % 47'ye çıkmış ve değer bazında da aynı düzeyde kalmıştır. Türkiye plastik mamul dış ticaretinde daima dış ticaret fazlası vermektedir. 2016 yılında 961 bin ton ve 1 milyar 180 milyon dolar olarak gerçekleşen dış ticaret fazlası 2015 yılına kıyasla miktar bazında % 3 değer bazında da % 19 gerilemiştir. 2016 yılında 7,9 milyon ton ve 32,6 milyar dolarlık iç pazar tüketimi gerçekleşmiş ve 2015 yılına kıyasla miktar ve değer bazında % 4 artmıştır.

PAGEV'in Şubat 2017'de yayımladığı Türkiye Plastik Sektör Raporu'na göre; sektörün en önemli sorunu, yeterli katma değer sağlayamamasıdır. Üretim ve ihracatta

daha yüksek katma değeri sağlamanın başlıca iki yolunun olduğu ifade edilmektedir. Bunlar; katma değeri yüksek inovatif ürünler imal etmek ve/veya kaliteden ödün vermeden maliyetleri düşürerek kâr marjını artırmaktır. Sektörün kaliteden ödün vermeden global pazarlarda rekabetçi üretim ve ihracat olanaklarını artırması için Avrupa standartlarında ve çevreye uyumlu üretim yapması kaçınılmazdır. Rekabetin artması nedeniyle fiyatlarındaki değişikliklerle rekabet edemeyen firmaların artık, kârlılık için “Maliyet Rekabeti”ni ön plana çıkartmak zorunda oldukları vurgulanmaktadır. *“Rekabeti başarılı kılacak maliyet farkı yaratmak için, bilinen yöntemlerin dışında değişen dünyanın değişen tasarruf tekniklerini uygulamak gerekmektedir.”* ifadesi raporda yer alan diğer önemli bir başlıktır.

Sektörün 2023 ihracat vizyonu, kimya sektörü için hedef alınan 50 milyar dolarlık ihracat hedefinin en az 17 milyar dolarını gerçekleştirmektir. Bu düzeyde bir ihracatın gerçekleştirilmesi için sektörün büyümesine paralel olarak, katma değeri büyük mamuller üretim ve ihracatına yoğunlaşması, birim ihraç fiyatlarını gelişmiş ülkeler ortalaması olan 4,5 \$/kg’ye çıkarması, artan sorunlarının çözümünün dışında, yatırım teşviklerinden de azami ölçüde yararlanması gerekmektedir.

1.2 PLASTİKLER HAKKINDA GENEL BİLGİ

Plastik sözcüğü köken olarak "şekil verme/biçimlendirme" anlamındaki Yunanca “*plastikos*” sözcüğünden gelmektedir. Plastik, karbonun (C) hidrojen (H), oksijen (O), azot (N) ve diğer organik ya da inorganik elementler ile oluşturduğu monomer adı verilen, basit yapıdaki molekülü gruplardaki bağın koparılarak, polimer adı verilen uzun ve zincirli bir yapıya dönüştürülmesi ile elde edilen malzemelere verilen isimdir. Örneğin, etilen bir monomerdir. Bu monomerden oluşturulan polietilen ise polimerdir. En çok kullanılan plastiklerin başında gelir.

Plastiklerin büyük bölümünün en önemli özelliği, ısıtıldıklarında erimeden yumuşamaları ve yumuşak haldeyken mekanik yollarla kolayca biçimlendirilebilmeleri, soğutulduklarında ise yeniden sertleşmeleridir. Bu özellik polimerlerin ısı altında gevşeyerek ayrılan, soğuduklarında ise tekrar iç içe geçen uzun molekül zincirleri yapısından kaynaklanır.

Tanımdan anlaşılacağı üzere plastikler doğada hazır bulunmaz. Monomerlerin belli bir sıcaklık ve basınç altında katalizör kullanılarak reaksiyona sokulması ile olur. Plastik ilk üretildiğinde toz, reçine veya granül halde olabilir. Kömür ve selüloz gibi

doğal kaynaklardan da plastik üretilmekle birlikte, en önemli plastik hammaddesi kaynağı petroldür. Plastikler petrol rafinerilerinde kullanılan ham petrolün işlenmesi sonucu arta kalan malzemelerden elde edilir. Yapılan araştırmalara göre yeryüzündeki petrolün % 4'lük bir kısmı plastik üretimi için kullanılmaktadır.

Plastik maddeler, **ısıl sertleşirler (termoset)** ve **ısıl yumuşarlar (termoplastik)** olmak üzere başlıca iki sınıfa ayrılır:

1. Isıl sertleşir (termoset) reçineler ısıtıldıklarında çözünmez ve erimez. Fenolik reçineler, furan reçineleri, aminoplastlar, alkitler ve doymamış asit polyesterleri, epoksi reçineler, poliüretanlar ve silikonlar ısıl sertleşir reçine türleridir.

2. Isıl yumuşarlar (termoplastik) reçineler ise, ısıl sertleşir reçinelerin tersine, birçok kez eritilip sertleştirilebilir. Selüloz türevleri, katılma polimerleri (polietilen, polipropilen, vinil akrilikler, flüorokarbon reçineleri ve polistirenler gibi) ve yoğunlaşma polimerleri de (naylonlar, polietilen tereftalat, polikarbonatlar ve poliamitler gibi) ısıl yumuşar reçinelerdir. Münferit türleri birbirleri ile karıştırılmazlarsa, termoplastlar yeniden kazanım için mükemmel uygunluktadır.



Şekil 1.1 Termoplastik ve termoset malzeme yapısı

Termoplastik malzemelerde moleküller; uzun, ipliğimsi, birbirleriyle birleşmemiştir. Termoplastikler kolayca eğilir, kaymaya direnç göstermez.

Yaygın olarak kullanılan plastik türleri şunlardır;

- Polietilen (Polyethylene) (PE): Geniş bir kullanım alanı vardır.
- Polipropilen (Polypropylene) (PP): Yaygın kullanılan plastiklerdendir. Otomobil yan sanayinde, bahçe mobilyalarında vb. yerlerde kullanılır.
- Polistiren (Polystyrene) (PS): Paketleme, elektronik ve beyaz eşyaların plastik kısımları vb. kullanım alanları vardır.
- Polyamid (Polyamide) (PA) (Naylon): Fiber, diş fırçası kılları, misina vb. kullanım alanları vardır.
- Polyester (Polyester): Tekstilde kullanımı yaygındır.

- Polivinil klorid (Polyvinyl chloride) (PVC): Boru, profil vb. imalatında kullanılır.
- Polikarbonat (Polycarbonate) (PC): Su damacanası, CD, gözlük vb. imalatında kullanılır. Alevi iletmemeye ve kendini söndürme özelliğine sahiptir.
- Akrilonitril bütadien stiren (Acrylonitrile butadiene styrene) (ABS): Elektronik aletlerin plastik aksamında yaygın olarak kullanılır.
- Poliviniliden klorid (Polyvinylidene chloride) (PVDC) (Saran): Yiyecek paketlemede kullanılır.
- Polietilen tereftalat (Polyethylene terephthalate) (PET): Pet şişe ismi bu malzemedendir.

Özel amaçlı plastikler

- Politetrafluoroetilen (Polytetrafluoroethylene) (PTFE) (Teflon): Isı rezistansı, pişirme tava vb. yerlerde kullanılır.
- Poliüretan (Polyurethane): Yalıtım köpüğü olarak kullanılır.
- Bakalit (Bakelite)
- Polilaktik asit (Polylactic acid)

Tablo 1.1 Plastik Malzemelerin Özellikleri

Türü	Plastik Çeşidi	Özgül Ağırlık (gr/cm ³)	Özgül Isı (J/kg K)	Taba Renk	Berraklık	Daimi Isıya Dayanım °C	Yumuşama °C	Erime °C	Yanma	Isı İlet(α) W/mK	Isı Genl.(α) 10 ⁻¹ cm/cm °C
Termoplastikler	Nitroselüloz	1,35 1,40	-	Renksiz	Saydam	60	70 90	90	-	0,3	10,1
	PVC yumuşak- ser	1,24 1,38	900	Renksiz	Saydam	60 80	155 170	212	Az	0,17	7 20
	Poliakrilat	1,18	-	Renksiz	Saydam	75	60 116	-	Yanıcı	0,18	8
	Polistiren	1,05	1300	Renksiz	Saydam	150	78 105	240	Yanıcı Değil	0,21	9
	Poliamid	1,07 1,14	1400	Süt Beyaz	Bulanık	80 100	-	210 255	Yanıcı	0,23	9 11
	Poli etilen Tereftalat	1,37 1,45	1000	Açık	Yarı saydam	150	-	260	Yanıcı	0,24	7
	Naylon	1,12 1,05	1700	Süt Beyaz	Opak	125 250	200 186	190 350	Yanıcı	0,29	8 15
	Polipropilen	0,9	1680-2100	Süt Beyaz	Opak	70	100 150	160 170	Yanıcı	0,17	10 11
	Poli etilen	0,92	2100	Süt Beyaz	Yarı Saydam	80 60	125 105	125 105	Yanıcı	0,35	12 24
	Poliüretan	1,21	2200	Süt Beyaz	Bulanık	80	100 150	150 185	Yanıcı	0,32	11 21
	Teflon	2,13 2,25	1000	Süt Beyaz	Saydam Opak	260	-	327	Yanıcı Değil	0,29	8 15
	ABS	1,1 1,0	1500	Renksiz	Saydam	95 105	85 95	130	Kolay Yanar	0,45 0,23	6 13
	Fenolik	1,40 1,80	-	Kahve	Opak	100 150	Karbonlaşır	-	Kendi Söner	0,29 0,76	1,5 5
	Üre	1,45 1,52	-	Açık	Opak Y. Saydam	60 80	Karbonlaşır	-	Kendi Söner	0,3	4 5
Termosetler	Melamin	1,45 2,00	-	Açık	Opak	120 150	Karbonlaşır	-	Kendi Söner	0,27 0,40	8 10
	Poliester dolgunuz	1,1 1,40	-	Renksiz	Opak	100 175	Karbonlaşır	-	Güç Yanar	0,17 0,18	10 15
	Epoksi	1,21	-	Renksiz	-	149 163	Karbonlaşır	-	Güç Yanar	0,17 0,18	5 9

1.3 PLASTİKLERİN YANGIN GÜVENLİĞİ

Plastikler; hiçbir malzemenin olmadığı kadar fazla hayatımıza girdiğinden, pratikteki kullanımlarında yanıcılık özellikleri büyük önem taşımaktadır. Günümüzde plastik üretimi en büyük endüstrilerden biri olup, mobil telefonlarından otomobil tamponla-

rına, şırıngalara kadar plastik malzeme kullanılmaktadır. Plastik malzemeler; farklı ihtiyaçları karşılamak için sert veya esnek, ağır veya hafif, katı veya sıvı formunda üretilmekte ve binanın farklı elemanlarıyla bir arada yer almaktadır.

Malzemeler; yanma özelliklerine göre sınıflandırılır ve eğer yanmasına neden olan enerji kaynağı ortadan kaldırıldıktan sonra da yanmaya devam ediyorsa bu tür malzemeler “yanıcı” olarak adlandırılır. Şayet enerji kaynağı ortadan kaldırıldığında alev sönüyor ve yanma ilerlemiyorsa bu tür malzemeler “zor alevlenici” olarak sınıflandırılır ve bu malzemeler için “kendiliğinden sönen” terimi de kullanılır. Tutuşmaya direnç gösteren malzemelere “zor yanıcı” ve yaklaşık 700 °C sıcaklıkta tutuşmayan malzemelere de “yanmaz” malzeme denir. Birçok plastik malzeme yanıcı madde grubundadır.

Yangın karmaşık bir olaydır. Yanıcı malzemelerin cinsi ve miktarı yangının gelişmesini ve sonuçlarını etkileyen değişik parametrelerden sadece ikisidir. Diğer tüm doğal ürünler gibi plastikler de yanma koşulları oluştuğunda tutuşabilir. Kalınlık, yoğunluk ve yüzey özellikleri plastik ürünlerin yangındaki reaksiyonunu etkiler. Örneğin, kompakt formdaki plastik malzemeler ince film formundaki plastik malzemelere göre daha zor tutuşur. Yangının oluşması ve yayılmasında rol oynayan diğer etmenler arasında, binanın tasarımı, yeri, olası yangın kaynakları ve çevresel etkiler yer alır.

Plastikler veya sentetik polimerler, ahşap, kâğıt, pamuk, kauçuk ve yün gibi doğal polimerlerle kimyasal açıdan benzerdir. Hem sentetik ve hem de doğal polimerler büyük oranda karbon, hidrojen ve oksijenden oluştuğundan yanabilirler. Plastikler diğer organik malzemelere benzer yangın davranışları sergiler, yani yanma sonucu zehirli gaz karışımı ortaya çıkar. Yangın ile ortaya çıkan zehirli gazların içeriği ve miktarı, yanan malzemelerin yanında yangın şartlarına bağlıdır. Bunların arasında karbon monoksit (CO) daima açığa çıkar ve birçok durumda da ölümlere neden olan en önemli etmendir.

Kalıpcılık, şekil verme ve ekstrüzyon gibi plastik imalathanelerinde yapılacak koruma ve söndürme sistemleri belirlenirken, işletme riskleri ve depolama düzeni dikkate alınmalıdır. Uygun yağmurlama sistemleri için depolama konusunda yeterli bilgi olmalıdır. Bir yağmurlama sistemi tasarımının yeterli olup olmadığını belirlemede depolanan plastik malzemenin yanıcılık sınıfı çok önemlidir. Tasarımcılar tarafından muhtemel riskleri en aza indirmek için yangına sebep olacak şartlar da gözden geçirmelidir.

1.3.1 Plastiklerin Yangın Koruması

Plastiklerin yangın koruması zorlu ve karmaşık bir iştir. Plastiklerin üretim sürecinde, patlama ve yangınla sonuçlanabilecek çeşitli tehlikeler bulunmaktadır. Bu tehlikeler arasında, yanabilen tozlar, yanıcı sıvılar, yüksek sıcaklık çıkartan cihazlar, elektrik tesisatındaki kötü temas, hidrolik ve ısı transfer sıvıları, statik elektrik, yerleştirme düzeni, döküntüler ve yağlar ile kullanıcı hataları ve eğitim eksikliği sayılabilir. Öncelikle, yangına ve patlamaya sebep olacak faktörleri yok etmek veya en azından azaltmak gerekir. Yangının yayılmasını sınırlamak için genelde yangına dayanıklı belli ürünlere ayrılmış olan depolama alanlarına ve geliştirilmiş yağmurlama sistemi tasarımlarına ihtiyaç duyulmaktadır. Bu konuların nasıl ele alındığı ve kontrol edildiği ayrı ayrı ele alınmalıdır.

a) Yanıcı Solventler

Yanıcı organik solventler hemen her plastik tesiste bulunur. Solventler genellikle oldukça uçucu maddelerdir, ciddi yangın tehlikesi taşıdıklarından dikkatle ele alınmalıdır. Kalıplanmış veya üretilmiş mallara yapıştırıcı, lake veya boya uygulamak için çok küçük miktarlarda solvent kullanılır. Kumaş, kağıt, deri veya metal üzerine plastik kaplama uygulamalarında çok miktarda solvante ihtiyaç vardır. Solventler, özellikle hızlı hareket eden film üzerine boyama veya kaydırma şeklinde uygulama yapılırken tehlike büyüyebilir, zira plastiklerin elektriksel dirençleri yüksektir.

Statik elektrik yükünden kıvılcım meydana gelmesi ve yanıcı sıvı yangınlarının sık görülmesinin sebepleri arasında, patlamaya karşı korumalı elektrikli tesisatı kullanılmaması yer almaktadır. Bu nedenle, yanıcı solventlerin kullanılması, taşınması ve depolanması standartlara uygun olmalıdır. Yanıcı sıvıların uygun olmayan şekilde taşınması da plastik tesislerinde ciddi yangınlara neden olmaktadır. Tüm solventler uygun konteynırlarda taşınmalı ve dağıtılmalıdır. Varilden çekme işlemleri (yanıcı veya parlayıcı sıvı içeren büyük konteynırların boşaltılması) topraklaması yapılmış varillerden yapılmalı, çekme işleminde elektrikli pompa kullanılmamalıdır. Çalışmanın yapıldığı yerde sadece bir günlük kullanıma yetecek miktarda parlayıcı sıvı bulundurulmalıdır. Kıvılcım çıkarıcı çalışmaların, solventlerin kullanıldığı veya depolandığı yerlerin uzağında yapılması için önlemler alınmalıdır.

b) Isıtıcı Elemanlar

Kalıba dökme ve kalıptan çekme işlemlerinde, elektrikli elemanların aşırı ısınması tehlikeleri beraberinde getirir. Plastik makineleri ve üzerinde ısıtım işlem yapılan cihazlardaki elektrik kabloları ilgili yönetmelik ve standarda göre çekilmelidir. Ça-

İşma sıcaklığı aralığı normal olarak 150 °C-350 °C arasında, işlenen plastik türüne bağlı olarak değişir. Kalıba dökme ve kalıptan çekme bölgelerinin temizliği, yanıcı buharların meydana gelebileceği aşırı ısınmış bantlardan gelen tutuşma tehlikesini azaltmak için hayati öneme sahiptir. Plastik cihazları düzenli olarak temizlenmelidir, aksi takdirde bu kısımlarda biriken yanıcı malzeme özellikle yüksek sıcaklığa maruz kalabilir veya normal olarak kabul edilen sıcaklıkta çok uzun süre kalabilir ve bu durumda malzemede bozulma (bileşenlerine ayrılma) meydana gelebilir ve sonuçta yanıcı gazlar açığa çıkar.

c) Statik Elektrik

Plastik üretim tesislerindeki birçok işlemde statik elektrik oluşur. Plastikler oldukça iyi yalıtkan olduğundan üzerlerindeki statik elektrik kolaylıkla ve hızla kıvılcım atlamasına neden olabilecek seviyeye kadar yüklenebilir. Güç nakleden kayışlar da önemli bir statik elektrik yükleme araçlarıdır. Buralarda cihazların topraklanmasına dikkat edilmeli ve ince telli hareket eden film veya filamanlara sıkıca temas eden iletkenler kullanılmalıdır. Ayrıca, buhar ve tozun, statik elektrik kaynaklarının oluşacağı makinelerden uzak tutulmasına dikkate edilmelidir.

d) Tozların Etkisi

Kalıba dökme veya kalıptan çekme işlemleri için küçük plastik parçacıkları yaygın olarak kullanılır. Bu malzemeler genellikle küçük parçacıkların alınması ve makinelere daha düzgün olarak gönderilmesi için eleklerden geçirilir ve toz patlaması tehlikesi oluşturmazlar. Buna rağmen, bu malzemeler uzun mesafeye konveyörlerle aktarılıyorsa sürtünme ile toz patlaması ortaya çıkabilir.

Yapılan işlemlerde toz halinde pulverize plastik, pnömatik taşıma sistemleriyle granül haldeki parçacıkların taşınması yapılıyorsa veya son kat uygulamalarında öğütme, taşlama veya kumlama işleri kullanılıyorsa tozun patlayabileceği düşünülmelidir. Tesiste tozun çıkması ve dağılmasının minimum düzeyde tutulması önemlidir. Diğer önemli bir husus da tutuşma ihtimalinin azaltılması ve yangının hapsedilip kontrol altına alınması için gerekli önlemlerin alınmasıdır. Tüm elektrikli cihazlar yanıcı toz olan ortama uygun güvenli özellikte olmalıdır.

e) Hidrolik Basınç Sistemleri

Hidrolik sistemler; kalıpları sıkıştırıp tutmak ve erimiş plastiği kalıplara bastırmak, aktarmak veya enjeksiyon kalıplarına göndermek için kullanılır. Hidrolik sıvı yanıcı solventler kadar tehlikeli olmamasına rağmen, yüksek yanıcılık özelliği nedeniyle

dikkate alınması gereklidir. Mümkin olduğu her durumda yanmaz hidrolik sıvılar veya parlama derecesi yüksek olan hidrolik sıvılar kullanılmalıdır. Hidrolik sistemler için yangına dirençli su/glikol veya su yağ emülsiyonları veya sentetik akışkanlar mevcuttur. Bu akışkanları, mevcut sistemlerde kullanılan petrol türevi akışkanlarla değiştirmek için hidrolik sistem elemanlarını üreten firmaların önerilerine uyulmalıdır. Hidrolik devreler ve bağlantı parçaları düzenli olarak kontrol edilmeli, sızıntı ve gevşek bağlantılar teknik servislerce onarılmalı, yere saçılan veya sızan yağlar derhal temizlenmelidir.

1.3.2 Plastik Yangınlarının Söndürülmesi

Plastik malzemeler yangın durumunda erir ve yanıcı sıvılar gibi davranış göstererek yanarlar. Plastikler yangın durumunda hızlı yanar, fazla duman üretir, zehirli gaz çıkarır ve yüksek sıcaklık oluşturur. Söndürmek için çok fazla su ve yüksek yoğunlukta püskürtme yapan yağmurlama başlıkları gerektirir. Plastik depoları ve kapalı konteynırlar için değişik yangından koruma yöntemlerine ihtiyaç vardır. Birçok farklı şekilde depolandıklarından her biri için farklı koruma ve söndürme yöntemleri uygulanmalıdır.

Ham madde veya mamul olarak depolanmış plastiklerin söndürme sistemi kimyasal bileşiklerine, fiziksel formlarına ve depolama düzeneklerine göre belirlenir. Fiziksel form köpük, sert levha, küçük taneler, değişik ölçülerde paketler, torbalar veya kartonlar şeklinde olabilir. Depolama yüksekliği genel olarak 6 metreyi geçmemelidir. Yangın meydana gelirse, çok miktarda üretilen duman yangınla mücadeleyi zorlaştıracığından deponun tasarımında duman tahliyesi ve havalandırması da dikkate alınmalıdır. Plastiklerin depolanması, taşınması ve istiflenmesi tasarlanırken yanma özellikleri dikkate alınmalı, bodrum katı olmayan tek katlı binalar, yangınla mücadele, havalandırma ve kurtarma operasyonları için çok daha uygun olduğundan, plastik malzemelerin depolanması için tek katlı depolar tercih edilmelidir.

NFPA (National Fire Protection Agency) 13 standardına göre plastikler Grup A, Grup B veya Grup C şeklinde sınıflandırılır ve Grup A plastikler de ayrıca kendi içinde genleşmiş (expanded) veya genleşmemiş (unexpanded) olarak ayrılır. Depolama uygulamalarına yönelik yağmurlama sistemi tasarımına önemli ölçüde etki eden parametrelerden biri de, depolanan malzemenin hangi grup plastikten hangi oranda ihtiva ettiğidir. En olumsuz koşullar genleşmiş Grup A plastik oranının yüksek olması halinde ortaya çıkar. Örneğin karton kutular içinde depolanan plastiklerin en az % 40'ının (genleşmiş plastiklerde hacimsel orana bakılır) ve açıkta depolanan (exposed)

plastiklerin en az % 25'inin Grup A plastik olması, en sınırlayıcı depolama koşullarını ve en fazla söndürme suyu debisini beraberinde getirir. Bunun yanı sıra, depolanan malzemelerin plastik paletler üzerinde depolanması veya naylon ambalajlarla sarılmış olması (encapsulated) da söndürme sistemi tasarımında dikkate alınır.

Kolay yanıcı plastiklerin kendilerine özgü nitelikleri nedeniyle, ihtiyaca ve duruma göre bir söndürme stratejisi gerektirir. Belli şartlar altında yanabilen ve tutuşabilen plastik yangınlarını kontrol etmede su kullanılabilir. Ancak, köpük çok daha etkilidir ve Sulu Film Yapıcı Köpük (Aqueous Film-Forming Foam-AFFF) kullanılabilir. Plastik yangınlarına köpüklü su atmak için püskürmeli başlıkları kullanılır. Yangından koruma ve plastik depoları için, ıslak, kuru, ön tepkimeli, raf içine yerleştirilmiş ve ESFR (Early Suppression Fast Response - Erken Söndürme için Hızlı Tepkili) tipi yağmurlama da dâhil olmak üzere riske göre değerlendirme yapılır.

Polistren ve Grup A olarak sınıflandıran malzemeler, yanma durumunda yüksek ısı üretmeleri nedeniyle yangından koruma sistemleri farklıdır. Fazla miktarda depolanan bu tür malzemelerin depolama alanları özel olarak tasarlanmalıdır. Yangın söndürme sistemini tasarlayanlar oldukça iyi eğitilmiş olmalı ve plastik depoları için ıslak, kuru, ön tepkimeli, raf içine yerleştirilmiş ve ESFR tipi yağmurlama sistemi dahil olmak üzere ihtiyaçları belirlemede deneyimli olmalıdır. Yağmurlama sistemleri en kötü senaryoya göre tasarlanıp boyutlandırılmalı ve uygulanmalıdır. Her depolama alanı, verilen senaryo için doğru yağmurlama sisteminin nasıl olacağı ayrı ayrı değerlendirilmelidir.

Yağmurlama ıslak borulu, kuru borulu veya ön tepkimeli veya soğutulmuş alan sistemleri olabilir. ESFR, büyük damlalı veya ekstra büyük orifisli gibi yağmurlama sistemlerinden biri öncelikle dikkate alınmalıdır (ESFR uygulamalarında sadece ıslak sisteme izin verilir). Raf şeklinde depolama için tavan yağmurlama başlıkları ve raf içi yağmurlama başlıklarının kombinasyonu iyi bir koruma düzeni sağlar. Yağmurlama tipi dikkate alınmalı ancak buna ilave olarak koridor genişliği, depolama yüksekliği, kaplanan alanın büyüklüğü, malzemelerin tipleri, yağmurlama başlıkları ve depolanan malzeme ile başlıklar arasındaki açıklık da dikkate alınmalıdır.

1.3.3 Yangına Dayanıklı Plastikler

Plastikler modern mimarinin sınırlarını zorlamaya devam ettikçe ve daha fazla enerji verimliliği ve maliyet tasarrufu sağladıkça, daha güvenli hale getirme çalışmaları da hızla artacaktır. Günümüzde plastiklerin özel ihtiyaçlara cevap verecek şekilde,

katkı maddeleriyle yangın direnci artırılmaktadır. Birçok plastik çeşidi mükemmel yangın performansına sahiptir. Benzer ısı yalıtımı ve yangına direnç performansı; a) alev geciktiricilerin ilave edilmesiyle, b) plastiklerin daha az yanıcı tabakalarla kaplanmasıyla (örneğin: alçı levha, sıva veya güçlendirici tabakalar ile) sağlanmaktadır. İnşaat teknikleri de, plastik ürünlerin yangın güvenliğini mümkün olduğu kadar iyileştirmek üzere geliştirilmektedir. Bu iyileştirmeler; a) yangına katkısının azaltılması için az miktarda kullanılması, b) tutuşmasını zorlaştıracak yangına dirençli ürün seçilmesi, c) yangının yayılmasını önleyecek montaj teknikleri kullanılması şeklinde olmaktadır.

Yangına dayanıklı ya da yanmaz plastikler mevcuttur. Belli plastik ürünleri yangına karşı mücadelede güvenilir şekilde kullanılmaktadır. Bazı plastikler hafiflikleri ve yangın koşullarına olan dayanıklılıkları nedeniyle itfaiyecilerin koruma malzemelelerinde kullanılmaktadır. Örneğin: Emniyet malzemeleri, miğfer veya elbiseler, C-PVC yağmurluk, PVC veya PUR (poliüretan) kaplı yangın hortumları.

Bazı plastiklerin ayrışma ve tutuşma sıcaklıkları aşağıdaki tabloda görülmektedir. PTFE, CPVC ve PC genellikle aleve dirençli olarak kabul edilir ve PTFE ve CPVC tutuşma sıcaklığı yüksektir. PC tutuşması için uzun süre gerekir. ABS, PUR, PVC ve PS daha kısa sürede tutuşur.

Tablo 1.2 Bilinen ve Çok Kullanılan Bazı Plastiklerin Isıl Özellikleri

Bilinen ve Çok Kullanılan Bazı Plastikler	ISO/ASTM	Üst Çalışma Sıcaklığı (°C)	Ayrışma Sıcaklığı (°C)	Tutuşma Sıcaklığı (°C)
Akrilonitril-bütadien-stiren	ABS	85 - 110	390	394
Klorlanmış polivinil klorür	CPVC	90 - 110	-	643
Etilenetetrafluoroetilen	ETFE	150 - 180	490	540
Poliamid	PA	80 - 160	424	432
Polikarbonat	PC	120 - 140	476	500
Polietilen (yüksek yoğunluklu)	PE HD	55 - 120	411	380
Polietilen (düşük yoğunluklu)	PE LD	50 - 90	399	377
Polietilenetereftalat	PET	110 - 180	392	407
Polipropilen	PP	100 - 130	354	367
Polistiren	PS	60 - 100	319	356
Polietilen fluoroetilen	PTFE	180 - 260	545	630
Polieterüretan	PUR	80 - 100	324	356
Polivinil klorür	PVC	60 - 80	273	395

Yangının kayıplarından korumak için yapılan yangın koruma önlemlerinin maliyeti toplam inşaat maliyetinin % 1-% 8'i arasındadır. Bu maliyet doğrudan binanın tipine bağlı olup, okul ve sinema gibi hassas binalarda önemli derecede artabilir. Alışveriş merkezleri için yangın güvenliği önlemlerinin maliyeti toplam bina inşaat masraflarının % 10'una kadar ulaşmaktadır.

Her bina tipinin kendine özgü potansiyel yangın riskleri vardır. Bu nedenle plastikler, diğer tüm malzemeler gibi doğru uygulanmalı ve uygun şartlar altında kullanılmalıdır. Esasen plastik imalatçıları ürünlerini yürürlükte olan Avrupa Birliği ve ülkelerin ulusal standartlara uyumlu olarak tasarlamaktadır. Plastik endüstrisi sürekli olarak yangın performans özellikleri iyileştirilmiş yeni ürünler geliştirmek için çalışmaktadır. Bu amaç için özel olarak "Plastics Europe" tarafından oluşturulan Yangın Güvenlik Grubu, yangın güvenliğiyle ilgili araştırma, standartlaştırma ve düzenleme çalışmalarında bulunmaktadır.

1.3.4 İşletme ve Eğitim

Plastikle çalışan işyerlerinin bakım, temizlik ve bölüm içi denetleme programları olmalı ve bunlar üst seviyede tutulmalıdır. Acil durumların erken algılanması için güvenilir bir algılama sistemi ve gözetim mekanizması olmalıdır. İlave olarak, işletmede acil durum planları hazırlanmalı ve tesis içi yangın söndürme ekibi kurulmalıdır. Yönetim, kayıp önleme konusuna önem vermeli, risk incelemesi yapılmalı, olası çözümler ve yangın güvenliği sistemleri belirlenmelidir. Çalışanlar için riskleri önleme ve yangına müdahale eğitimleri verilmelidir.

İyi bakım ve temizlik uygulamaları sonucunda, istenmeyen yakıtlar, hareketi zorlaştıran engeller ve tutuşma yapacak kaynaklar ortadan kaldırıldığı için yangın tehlikesi azalır. Ortalığa dökülen veya saçılan yanıcı sıvılar veya tutuşabilen malzemeler derhal temizlenmeli ve atıkları güvenli bir şekilde atılmalıdır. Duvarlardan, tavanlardan ve açıkta olan yapı elemanları üzerindeki tutuşabilen toz ve elyaf tiftikleri temizlenmelidir. Döküntü malzemelerin ve çöplerin toplandığı konteynerler yangına dayanıklı olmalıdır. Yanıcı sıvılar ve tutuşabilen plastik maddeler içeren bölgeler ve bunların yanında işlem, imalat veya depolama için kullanılan alanlarda tehlike oluşturacak cihazların kullanımı yasaklanmalıdır.

Bir yangın veya patlama durumunda koordinasyonu sağlamak için acil durum planları mevcut olmalı ve operasyonlarda bir değişme olduğunda sürekli güncellemelerle gözden geçirilmelidir. Yangın kayıplarını en aza indirmek için; tüm yangın söndürme

cihazları, yangından koruma malzemeleri, yanıcı sıvı depoları, depolama düzenleri ve genel işletme riskleri her on beş günde bir denetlemelerle kontrol edilmelidir. Görülen aksaklıklar bir rapor olarak düzenlenmeli ve daha sonra bu raporlar yetkili bir görevli tarafından takip edilmelidir.

Acil bir durumda haber verilecek kişilerin telefon numaraları (yetkili amir, itfaiye, polis, güvenlik vb.) işletmede gece ve gündüz görülebilecek noktalara asılmalıdır. İşletmede bir yangının algılanması durumunda, işletme personelinin söndürebileceğinden emin olunsa bile itfaiyeye haber verilmelidir.

Yangına müdahale edecek personel işletme tarafından ilk müdahalede bulunabilecek dinamik kişilerden seçilmelidir. Personelin teorik eğitiminde, yangın çeşitleri, yangın sebepleri, söndürme malzemeleri, söndürme yöntemleri (sulu, köpüklü, kuru tozlu, gazlı vs), sabit söndürme sistemleri (hortum boru sistemi, sprinkler sistemi, gazlı sistemler vs), yangın yerindeki tehlikeler (zehirli gaz, çökme, elektrik, patlama vs) üzerinde durulmalıdır. Pratik eğitimlerde; söndürme tüpü kullanımı, hortum serme, tutma ve toplama şekilleri, su temini, köpük kullanımı, teneffüs cihazı kullanımı ve yangına müdahale şekli öğretilmeli ve uygulaması yaptırılmalıdır. Tatbikatlarda personel arasındaki iş bölümü, müdahale hazırlıkları, malzeme kullanımı konularında çalışma yapılmalıdır.

1.4 PLASTİKLERİN HAYATIMIZDAKİ YERİ

Türlerine ayırdığımız ve burada kısıtlı sayıda örnek verdiğimiz plastik malzemelerin hayatımızdaki kullanım alanı o kadar yaygındır ki, çevremizde gördüğümüz eşya ve gereçlerin büyük çoğunluğu plastik malzemeden yapılmıştır ve neredeyse günlük yaşamın vazgeçilmez unsurları olmuşlardır. Bilgisayarların metal olmayan her parçası, su içtiğimiz şişeler, yazı yazdığımız kalem, alışverişlerde kullandığımız poşetler, su ve içecek şişeleri, diş fırçalarımız, bahçemizde oturduğumuz sandalyeler, kol saatimiz örnek verilebilir.



Şekil 1.2 Çeşitli plastik enjeksiyon ürünleri

1.4.1 Plastiklerin İş Hayatına Etkisi

Plastik üretim sektörünün ilk üç segmenti olan ambalaj, yapı-inşaat ve otomotiv, pazarın ve düzenleyicilerin günümüzde plastiklerden beklediği enerji verimliliği faydalarının en üst seviyede elde edilebileceği uygulamalardan oluşur.

Ambalaj

Plastik ambalajlar, Avrupa plastik pazarının yaklaşık % 40'ını oluşturuyor ve günlük yaşamın olmazsa olmaz bir parçası haline gelmişlerdir. Bu nedenle, bu pazar segmentini güçlendirmek amacıyla, plastik ambalajların (yiyecekler gibi) ürünlerimizi korumakla beraber nakliyat sırasında enerji tasarrufu sağladığının günümüz tüketicileri tarafından bilinmesi gerekmektedir.

Yapı ve İnşaat

Mevcut binaların yalnızca yalıtım malzemeleri veya doğramaları değil, bütünü plastik açısından önemli bir ticari fırsattır. Buna döşemeler, tesisat sistemleri, elektrik kabloları ve elektrikli cihazlar da dahildir. Avrupa'daki mevcut % 1 olan restorasyon oranının % 3'e taşınması ile, yapı ve inşaat sektöründeki plastik pazarını üç kat artırma olanağını elde edilirdi. Avrupa ekonomisinin bundan kazancı; iki milyondan fazla kişiye yaratılan istihdam, her yıl 3 milyar varil ithal petrole denk kaynak tasarrufu ile Avrupa'da elektrik maliyetlerinin ve CO₂ ayak izinin azaltılması olurdu.

Otomotiv

1950'lerden bu yana otomobillerde neredeyse hiç plastik kullanılmıyorken, günümüzde orta sınıfa hitap eden ve yaklaşık 1500 kg ağırlığındaki modern bir otomobilin yaklaşık olarak % 15'lik bir kısmı (225 kg) plastik malzemelerden oluşuyor. Plastikler otomobil üretiminde kullanılan en yaygın ikinci malzemedir ve daha da fazla kullanılmaya devam edecektir.

1.4.2 Türkiye Plastik Mamul Sektöründe Gelişmeler

Üretim

2016 yılının ilk 5 ayında 3 milyon 823 bin ton ve 14 milyar 790 milyon dolarlık plastik mamul üretimi gerçekleşmiş olup, aynı trendle sürmesi halinde 2016 sonunda üretimin 9 milyon 175 bin ton ve 35,5 milyar dolara çıkması beklenmektedir. Bu durumda 2016 yılında toplam plastik mamul üretiminin 2015 yılına kıyasla miktar bazında % 7,1 değer bazında da % 8,1 artacağı tahmin edilmektedir.

Kapasite Kullanımı

Plastik sektöründe 2016 yılının ilk 5 ayında ortalama kapasite kullanımı % 73,3 olarak gerçekleşmiş olup, genel imalat sanayinin ortalama kapasite kullanımı olan % 75,7'nin 2,4 puan gerisinde kalınmıştır.

Plastik Sektörünün Makine Teçhizat Yatırımı

Plastik sektöründe 2011 - 2015 yıllarını kapsayan son 5 yılda, yılda ortalama 821 milyon dolarlık makine ve teçhizat yatırımı gerçekleşmiş olup, toplam yatırımın % 36'sını presler ve diğer makineler, % 23'ünü enjeksiyon, % 18'ünü ekstrüzyon, % 5'ini termoform, % 3'ünü şişirme ve % 14'ünü de aksam ve parçalar oluşturmuştur.

Plastik sektöründe makine teçhizat yatırımı 2016 yılının ilk 5 ayında 392 milyon dolar olarak gerçekleşmiştir. Aynı trendle devamı halinde 2016 sonunda sektörün makina ve teçhizat yatırımının 942 milyon dolara çıkacağı ve 2015 yılına kıyasla % 12 artacağı tahmin edilmektedir.

Plastik Mamul İhracatı

2016 yılının ilk 5 ayında 648 bin ton ve 1 milyar 727 milyon dolarlık plastik mamul ihracatı yapılmıştır. Aynı trendle sürmesi halinde plastik mamul ihracatının yıl sonunda 1 milyon 556 bin tona ve 4,15 milyar dolara çıkması ve 2015 yılına kıyasla miktar bazında % 1, değer bazında da % 4 gerilemesi beklenmektedir.

1.5 PLASTİKLERİN ŞEKİLLENDİRİLMESİ

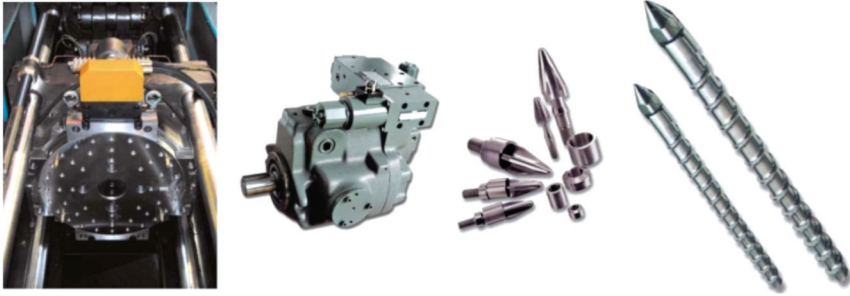
Plastikler çok çeşitli yöntemlerle şekillendirilebilir. Toz halindeki plastiğin, sıcak ya da soğuk bir hazne içinde vidalı bir taşıyıcıyla eritilip sıkıştırılarak bir düsedan çekildiği ekstrüzyon yöntemi başta gelen plastik işleme tekniklerinden biridir. Ayrıca haddeleme, hidrolik preslerde ısıl sertleştirme, püskürtme yoluyla kalıplama, üfleme kalıplama (blow molding), şişirme, santrifüj hareketinden yararlanarak döndürme yoluyla kalıplama, ısıl biçimlendirme, vakum altında kalıplama, baskı altında levha haline getirme, dökme gibi başka plastik işleme teknikleri de vardır. Plastik ürünlere daha sonra mekanik yollarla ya da lazerle değişik biçimler verme, ses üstü yolla kaynak yapma, ısıtım yoluyla işleme gibi bitirme işlemleri uygulanabilir.

Plastik enjeksiyon, sıcaklık yardımı ile eritilmiş plastik hammaddenin bir kalıp içine enjekte edilerek şekillendirilmesi ve soğutularak kalıptan çıkarılmasını içeren bir imalat yöntemidir. Bu metot ile en küçük elemanlardan, bahçe mobilyalarına

kadar çok çeşitli ebat ve kategorilerde plastik parçalar imal edilebilir. En yaygın imalat yöntemlerinden biridir. İşlemin gerçekleştirildiği makineye plastik enjeksiyon makinesi denir.



Şekil 1.3 Örnek bir plastik enjeksiyon makinesi



Şekil 1.4 Plastik enjeksiyon parçaları örnekleri

Plastik enjeksiyon makineleri günümüzde oldukça ileri seviyelere gelmiş olup, büyük bir kısmı işlemcilerle kontrol edilmekte ve otomasyona tam anlamıyla uyumlu bir şekilde çalışmaktadır. Enjeksiyon makinesinin geçtiği tüm süreçler ayrıntılı bir şekilde izlenebilmekte, çalışma esnasında meydana gelen tüm hatalar enjeksiyon makinelerinin kendine özgü yazılımlarında çeşitli kodlar altında operatöre bildirilmekte ve bu sayede olası arızalar en başta tespit edilip onarılması mümkün olmaktadır.

Plastik enjeksiyon makinesi seçiminde önemli noktalar aşağıdaki gibi sıralanabilir;

1. Gramaj ve Baskı Kapasitesi
2. Kalıp Kapama Gücü
3. Enjeksiyon Basıncı, Hızı ve Ergitme Kapasitesi
4. Vida Dizaynı ve L/D Oranı
5. Kalıp Açma Mesafesi
6. Kolonlar Arası Mesafe
7. Kalıp-Plaka Ölçüleri Arasındaki Orantı

1.5.1 Plastik Enjeksiyon Makinesi Üretim Aşamaları

Kalıbın Kapanması

Enjeksiyon esnasında yüksek basınçla enjekte edilen plastiğin kalıbın kenarlarından çıkmaması ve kalıbın tam kapanarak ürün üzerinde bir birleşme çizgisi görüntüsü oluşmaması için plastik kalıbının iyi bir şekilde kapanması gereklidir.

Enjeksiyon

Enjeksiyon aşaması esnasında, granül halindeki plastik malzeme, enjeksiyon ünitesi üzerindeki hazneye dökülür. Oradan rezistanslı ısıtıcılar ile ısıtılan silindir içine, elektrik motoru ile kumanda edilen bir vida vasıtası ile alınır. Vida, sıkıştırma işlemi yaparak sıcaklık ve basınç altında eriyik hale gelen plastik malzemeyi silindirin sonuna kadar ilerletir. Vidanın önüne kalıbı doldurmak için yeterince malzeme alındığında enjeksiyon işlemi başlar. Erimiş plastik, makinenin ucundaki bir meme vasıtası ile kalıbın içine gönderilir. Bu işlem esnasındaki basınç ve hız vida ile kontrol edilir.

Ütüleme

Bu aşamada kalıp içine enjekte edilmiş olan plastik eriyiğin, basınç uygulanarak kalıp boşluğunu iyice doldurması sağlanır. Kalıba enjekte edilen plastiğin kalıp içerisinde soğudukça hacmi azalacak ve mamul üzerinde çöküntüler oluşmaya başlayacaktır. Bu tür çöküntülerin olmaması ve kalıbın tam olarak dolması için kalıp üzerine belirli bir süre boyunca basınç uygulanır. Bu işleme de “*enjeksiyon ütüleme*” denir. Plastik, kalıp içerisinde soğuyup katı hale gelinceye kadar işlem devam eder.

Soğutma

Kalıba enjekte edilen malzeme katılaşana kadar tutma basıncı altında kalıpta bekletilmektedir. Ergime sıcaklığında kalıba giren malzeme kalıba belli bir sıcaklık yüklemektedir. Katılaşmanın olabilmesi için malzemenin katılaşma sıcaklığına düşene kadar kalıba verilen ısıнын kontrollü olarak geri alınması gereklidir. Daha sonraki bölümlerde bu konu üzerinde ayrıntılı olarak durulmaktadır.

Kalıbın Açılması

Kapama ünitesi kalıbın iki parçasının ayrılıp ürünün rahatlıkla kalıp içersinden çıkabileceği uygun bir mesafeye kadar kalıbı açar. Kalıbın açılması makineleri için oldukça hızlı bir ara işlem olduğundan dolayı üretim esnasında fazla zaman almaz.

Çıkarma

Kalıp açıldıktan sonra soğuyarak katı hale gelen ürün, kalıp üzerine yerleştirilen iticiler vasıtasıyla toplama kabı veya üretim bandı gibi bir sistemin üzerine düşürülür. Kalıbın açılması ve ürünün çıkması için belirli bir süre geçmesi gerekmektedir. Bu sürenin kısa tutulması, kalıp tasarımının yanlış yapılması, ürünün kalıptan çıkması için gereken açının verilmemesi gibi durumlarda bu iticilerin izleri mamulün üzerine çıkmaktadır. Böyle bir durum, kusursuz ve hassas üretim söz konusu olduğunda önem kazanmaktadır.

1.5.2 Plastik Enjeksiyonda Kalıp Şartlandırma

Plastik enjeksiyon makinelerinde üretilen bazı ürünler, kalıp ısısının uygunsuzluğu dolayısı ile istenilen fiziksel özelliklere sahip olamaz. Bu problemler genellikle ürünün yüzey veya şekil bozukluğu, mukavemeti ve ürünün kalıptan eksik çıkması gibi problemlerdir. Bunun çözümü kalıbın sıcaklığının sabit tutulmasıdır. Bazı ürünlerde bu sıcaklık düşük, bazı ürünlerde yüksek tutulmalıdır. Kalıp şartlandırıcıları, belirtilen problemlerin giderilmesi için tasarlanmış cihazlardır. Kalıp boyutlarına, ihtiyaç duyulan kalıp sıcaklığına bağlı olarak sulu veya yağlı tip olarak farklı tasarımları mevcuttur.



Şekil 1.5 Örnek bir kalıp şartlandırıcısı

1.5.3 Örnek Bir İmalat (Şişirme ile Kalıplama - Pet Şişe Üretimi)

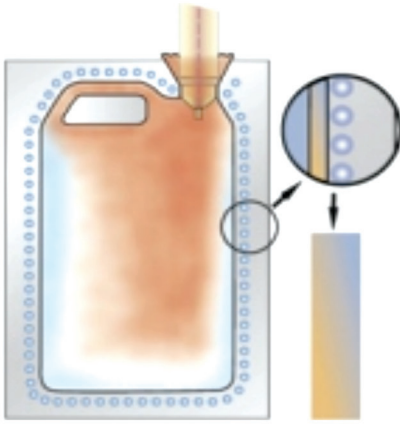
Pet şişe üretimi temel olarak, yüksek basınçlı havanın, henüz şekillenmemiş plastiğin içine üflenmesiyle gerçekleştirilir. Bunun için, üfleme makinesi, kalıp, kompresör ve havayı temizleyen bir sisteme ihtiyaç vardır. Plastik yarı mamul, preform (ön şekillendirme) makinesinde 280 °C sıcaklıkta eritilerek akışkan hale getirilir ve sonrasında

kalıplarda preform haline dönüştürülür. Pet şişe üretim makinesinde 90 °C ısıtılan preformlara 40 bar hava verilerek kalıplarda pet şişe üretimi gerçekleştirilir. Üretilen pet şişeler sıralı olarak dolum makinesini besler. Bu sayede, pet şişe üretiminde sağ- lıklı ve hijyenik bir üretim hattı oluşturulmuş olur (Şekil 1.6). Üflenlen havanın da belirli bir kalitede olması gerekir. ISO 8573.1'e ve sıkıştırılmış havanın kalitesinin ölçülmesine ilişkin metotları içeren ISO 12500'e göre gıda ve içecek işletmeleri için yağ kalitesi 2. sınıf (buharı dahil 0,1 mg/m³), toz kalitesi 3. sınıf (toz partikül çapı 5 mikron ve toz konsantrasyonu 5 mg/m³) ve su kalitesi 1. sınıf (7 bar basınçta 70 °C ve 0,3 ppm vol.) olmalıdır.

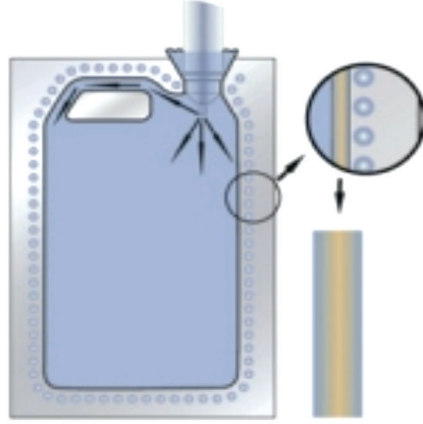


Şekil 1.6 Pet şişe üretimi için hava basınçlandırma şeması

Şişirme ile kalıplama üretimi sırasında şişirme parçalarının içinde belirli bölgelerde sıcaklık farkından oluşan problemleri gidermek için soğutulmuş ve sıkıştırılmış hava sağlayan cihazlar geliştirilmiştir.



Şekil 1.7.a Sıkıştırılmış hava ile şişirme



Şekil 1.7.b Soğutulmuş hava ile şişirme

T.C. Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı tarafından 17.01.2009 tarihli 27113 revizyon numarasıyla yayınlanan Türk Gıda Kodeksi Yönetmeliği ve ilgili tebliğler ile gıda ile temas eden plastik madde ve malzemelerin kullanımı ile ilgili esaslarda “Gıda ambalajı olarak kullanılan plastikler bir kez kullanılabilir” ibaresi yer almaktadır. Geri kazanılan plastik ürünleri kesinlikle karıştırılarak gıda sanayinde kullanılamaz.

BÖLÜM 2

Plastik Endüstrisinde Kalıp ve Yağ Soğutma Sistemleri

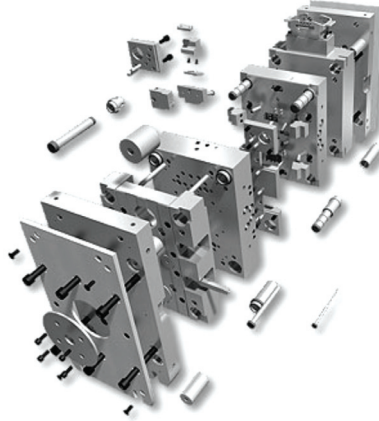
İkinci bölümde, plastik sektöründe kalıp ve yağ soğutmada kullanılan temel sistemler olan Su Soğutma Kuleleri, Chillerler (Soğuk Su Üretici Cihazlar), Chiller ve Entegre Doğal Soğutma Bataryalı Sistemler (Free Cooling Chillerler) ve Kuru ve Islak Kuru Soğutucular hakkında detaylı ve karşılaştırmalı bilgiler verilmektedir.

Kazandırdığı verim artışı ile işletme maliyetlerini düşüren doğal soğutma (free cooling) sistemleri de ikinci bölümde genişçe yer almaktadır.

Soğutma sistemleri bilgilerinin yanı sıra, kuru soğutucu ünitelerin malzeme, performans ve yapısal özellikleri hakkında detaylı bilgiler de ikinci bölümde ele alınmaktadır.

2.1 KALIP SOĞUTMA

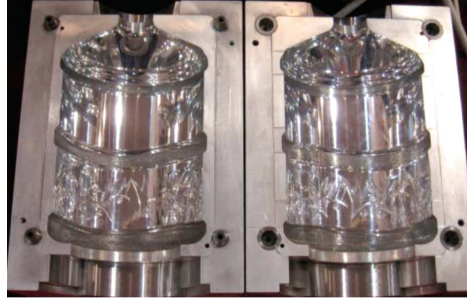
Plastiğin kalıba dolarak eriyik olması için verilen ısı, kalıba dolduktan sonra katılaşma süresince geri alınır. Plastik malzemenin kalıp içine enjeksiyonu malzeme cinsine bağlı olarak yaklaşık 200 °C sıcaklıklarda yapılmakta (Tablo 1.1) ve kalıp ortalama sıcaklığının yükselmesine sebep olmaktadır. Soğuma işlemi enjeksiyon çevriminin en uzun bölümünü oluşturur, bu yüzden mümkün olduğunca kısa zamanda kalıptan büyük miktarda ısı çekilmeye çalışılır. Kalıp tasarımının en belirsiz kısmıdır, çünkü duruma etki eden çok parametre vardır ve bunları tamamen içeren bir denklem yazmak mümkün değildir. Isı geçişinin temel kanunları göz önünde bulundurularak ve ampirik yöntemlerle elde edilen tavsiyelere dayanılarak bazı hükümler çıkarmak mümkündür.



*Şekil 2.1 Örnek bir plastik kalıbı (parçalı)
(Kaynak: TurkCadCam)*

İmalat sırasında kalıpların soğutulması ürün kalitesi ve kapasitenin artırılması için önemlidir. İmal edilen plastiğin cinsine göre kalıp belli bir sıcaklıkta tutulmalı, böylece üretimin hatasız yapılması hedeflenmelidir. Gerekli gibi soğutulmayan kalıplarda kireç oluşumu, ürün yüzeylerinde pürüzlülük, defolar ve renk değişimleri görülebilir. Yeterli soğutulmayan bir kalıp, üretim-çevrim süresini uzatacağı için kapasitede düşüşe sebep olur.

Plastik enjeksiyon kalıplarında soğutma işlemi, kalıbın çeşitli kısımlarına açılan deliklerden devamlı su akımı sağlamak suretiyle yapılır. Soğutma sıcaklığı, iş parçasının ölçüsüne, biçimine ve kullanılmakta olan malzemenin cinsine bağlıdır.



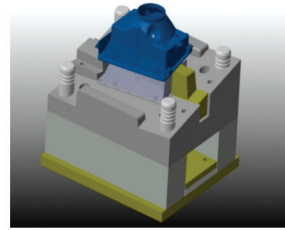
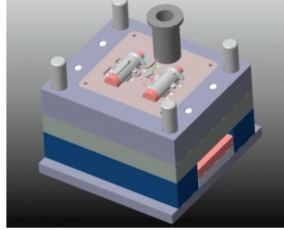
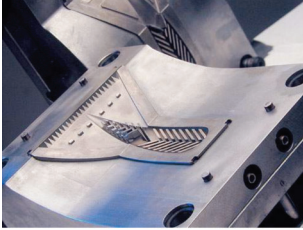
Şekil 2.2 Örnek plastik kalıbı (Kaynak: TurkCadCam)

Kalıbın tasarımı, soğutmanın verimi açısından oldukça önemli bir parametredir. İyi bir soğutma sağlanması, sadece soğutma suyu sıcaklığına ve kalıp içerisinden geçen soğutma suyunun debisine bağlı değil, önemli ölçüde kalıptaki soğutma sistemi tasarımına da bağlıdır. Kalıbın soğutma tasarımı homojen bir yapıya sahip olmalıdır. Homojen soğutma, kalıbı soğutmakla görevli akışkanın, kalıba girdiği ve kalıptan çıktığı noktalar arasında oluşan sıcaklık değişimlerini en aza indirmesi anlamına gelmektedir. Soğutma ortamının kalıp duvarında yaklaşık üniform bir sıcaklık profilinin oluşumunu sağlayacak şekilde olması gereklidir.

Soğutma için kullanılacak suyun temizliği dikkat edilmesi gereken bir diğer noktadır. Soğutma suyu oksitlenme yaparak kanalların arasını zaman içerisinde çürütmektedir. Paslanmaz çelik kullanmak uygulamada avantaj sağlamaktadır. Soğutma suyu kireç ve kirlerden arındırılmış olmalıdır. Su içerisinde bulunan kir ve kireç, zamanla soğutma kanallarının köşelerinden ve birleşme yerlerinde birikmeye başlayarak, tıkanmalarına sebep olur. Özellikle soğutma kanal çapları küçükse ve soğutma kanalları kalıp içerisinde çok fazla dolaşıyorsa, zaman içerisinde önce kanal çaplarının azalması ve daha sonra tıkanması kaçınılmazdır. Bu durumda kalıp soğutma verimliliği giderek düşecek, kalıp çalışması yavaşlayacaktır. Soğutma kanallarının tıkanması daha sık kalıp bakımı gerektirerek kalıp bakım süresinin uzamasına ve gereksiz maliyet artışına sebep olur. Pas ve kireç tabakası yalıtım görevi yaparak, kalıp sıcaklığının soğutma suyuna aktarılmasını güçleştirir. Soğutma sistemi verimliliğini artırmak için, soğutma kanalları içerisindeki tortu ve kireçlenmelerin önüne geçmek gereklidir. Bu amaçla soğutma sistemine verilen suların kum filtresi, su yumuşatma cihazlarından ve pH kontrolünden geçirilerek verilmesi önemlidir. Sistemdeki suyun pH dengesini korumak için dozajlama yapmak gerekecektir.

Plastik hacim kalıplarında suyun etkili olmadığı veya su ile soğutmanın kalıba ve kalıplanan parçaya zarar verdiği hallerde basınçlı havayla soğutma işlemi gerçekleştirilir.

Hava ile yapılan soğutmanın etkisi su soğutmalı sistemlere nazaran daha yavaştır. Bu nedenle et kalınlığı az ve kalıp sıcaklığının çok fazla değişmesi istenmeyen kalıplama işlemlerinde kullanılır.



Şekil 2.3 Örnek plastik kalıbı ve tasarımları (Kaynak: TurkCadCam ve Tega Kalıp)

2.1.1 Kalıp Soğutmada Kapasite ve Debi Hesabı

Uygun soğutmanın sağlanabilmesi için kalıplanan malzemenin özellikleri, parçanın şekli, kalıbın yapısı, transferi yapılacak ısı miktarının bilinmesi gerekir. Kalıp soğutma için gerekli olan soğutma suyu debisi ve soğutma yükünü bulmak için aşağıdaki formülден yararlanabiliriz (malzeme özellikleri için Tablo 1.1'e bakınız).

Soğutma Yüğü Hesabı

Kalıplarda oluşan ısı

$$Q_{\text{kalıp}} = m_{\text{plastik}} \cdot (c_{p \text{ plastik}} \cdot (T_1 - T_2) + q_{e \text{ plastik}}) \text{ kJ/h}$$

Soğutma suyu ile dışarı atılan ısı

$$Q_{\text{su}} = m_{\text{su}} \cdot c_{p \text{ su}} \cdot (T_4 - T_3)$$

İletimle atılan ısı

$$Q_{\text{iletim}} = A_{\text{kalıp}} \cdot K_{\text{iletim}} \cdot (T_{\text{oky}} - T_{\text{omp}})$$

Taşınila atılan ısı

$$Q_{\text{taşınım}} = A_o \cdot h \cdot (T_y - T_o)$$

Su Debisi ve Kalıba enjekte edilen plastik miktarı Hesabı

$$m_{su} = m_{plastik} \frac{C_{p\ plastik}(T_1 - T_2) + q_{e\ plastik}}{K \cdot C_{p\ su} \cdot (T_4 - T_3)} \text{ kg/h}$$

$$m_{plastik} = \rho \cdot V \cdot k \cdot \frac{1}{1000} \text{ kg/h}$$

Tablo 2.1 Kısaltmalar Listesi

Kısaltma	Açıklama	Birim
A _{kalıp}	Kalıp soğutma yüzey alanı	m ²
A _o	Ortamla temas halindeki kalıp dış yüzey alanı	m ²
C _{p plastik}	Plastik malzemenin özgül ısısı	kJ/kg°C
C _{p su}	Su özgül ısısı	kJ/kg°C
h	Kalıp ile çevre arasındaki ısı taşınım katsayısı	kJ/m ² h°C
k	Saatteki çevrim sayısı	-
K	Kanal durumunu belirten katsayı (Kanallar dişi ve erkek plakalara açılmışsa K=0,64 ; Kanallar destek plakalarına açılmışsa K=0,5)	-
K _{iletim}	Kalıp ile makina plakaları arasındaki toplam ısı iletim katsayısı	kJ/m ² h°C
m _{plastik}	Kalıba enjekte edilen plastik miktarı (Bir saatte kalıplanan malzeme miktarı)	kg/h
m _{su}	Soğutma suyu debisi	kg/h
q _{e plastik}	Plastik malzemenin ergime ısısı	kJ/kg
T ₁	Malzeme enjeksiyon sıcaklığı (Plastik malzemenin kalıplama sıcaklığı)	°C
T ₂	Kalıp sıcaklığı (Malzemenin kalıptan çıkma sıcaklığı)	°C
T ₃	Su giriş sıcaklığı	°C
T ₄	Su çıkış sıcaklığı	°C
T _o	Ortam sıcaklığı	°C
T _{oky}	Kalıp ortalama yüzey sıcaklığı	°C
T _{omp}	Makina plakaları ortalama sıcaklığı	°C
T _y	Kalıp dış yüzey sıcaklığı	°C
V	Kalıp hacmi	cm ³
ρ	Plastik malzeme yoğunluğu	gr/cm ³

Hesaplamalarda yukarıda verilen formüllerden yararlanılabilmekle birlikte, yapılacak hassas hesaplamalarda imalatçı firmanın verdiği değerlerin kullanılması tavsiye edilmektedir.

2.2 HİDROLİK YAĞ SOĞUTMA

Plastik enjeksiyon kalıplarında soğutma sistemine ek olarak yağ soğutması bir diğer önemli konudur. Daha verimli bir üretim yapılması için makinelerde kullanılan yağın da uygun şekilde soğutulmasına ihtiyaç vardır. Akışkan güç çevriminde ısı üretimi engellenemez bir sonuçtur. 71 °C'nin üzerinde çalışma sıcaklığında kimyasal reaksiyonlar oluşur ve yağın özellikleri değişir. Bir hidrolik sistem tasarımında en yüksek ortam hava sıcaklıklarında bile maksimum yağ sıcaklığının 60 °C'yi geçmemesi önerilir.



Şekil 2.4 Örnek hidrolik devre parçaları (Kaynak: TPS Makine)

Yağ soğutmasının gerektiği gibi yapılamadığı durumlarda, hidrolik yağının sıcaklığı yükselir ve viskozitesi düşer. Hidrolik yağ sıcaklığındaki aşırı yükselme, yağ içerisindeki asit miktarını artırır. Artan asit miktarı, pistonlarda sızdırmazlık amaçlı kullanılan yağ keçelerini aşındırarak deforme olmalarına neden olur. Yağ keçelerindeki bu deformasyon yağın pistonların keçelerinden sızmasına sebebiyet verir. Piston keçelerinden sürekli sızan hidrolik yağ, büyük miktarlarda yağ kaybına yol açtığı gibi makine ve atölye kirliliğine de sebep olmaktadır.

Buna ilave olarak, yağ sıcaklığının yükselmesinden dolayı düşen viskozite (akışkanlığın artması) nedeniyle yeterince hidrolik güç uygulanamaz. Hidrolik güç kaybı enjeksiyon makinesinin normal fonksiyonlarında çalışmasını engeller. Bu durum alınan baskı sayılarında azalmaya ve buna bağlı olarak da üretim kaybına sebep olur.

Hidrolik sistemlerde yağa geçen ısı miktarı hesabında, pratik olarak motor gücünün % 25 - % 30'u arasında bir değer alınabilmekle birlikte, yapılacak hassas hesaplamalarda imalatçı firmanın verdiği değerlerin kullanılması tavsiye edilmektedir. Takip eden bölümde bu konuyla ilgili oldukça detaylı hesaplama yöntemleri aktarılmaktadır. Uygulamalarda genellikle, yağ soğutma için ortalama 29-35 °C civarında soğutma suyuna ihtiyaç duyulmaktadır. Bu tip yüksek soğutma suyu sıcaklıkları için su soğutma kuleleri ve kuru soğutuculardan elde edilecek soğutma suyu yeterlidir. Yağ soğutma için mekanik soğutma uygulaması yapılması gereksizdir ve enerji verimliliği yönünden oldukça olumsuz bir durumdur. Mekanik soğutma uygulaması aynı zamanda çok daha pahalıdır (bu tarz hatalı, gereksiz enerji kullanan uygulamalara plastik sektöründe sıklıkla rastlamak mümkündür). Bu etkinin yanı sıra, mekanik soğutma suyunun yağ soğutma için istenen değerlerden çok daha düşük olması nedeni ile ters etki yaparak yağ viskozitesinin yükselmesine ve hidroliğin aşırı soğuması sonucunda sorunlara sebep olabilmektedir. Bunun önüne geçmek için küresel vanalarla su sıcaklıkları kontrol edilebilir.

Tesislerde yağ soğutma sistemleri ile mekanik sistemlerin ayrı devreler olarak kurulması tavsiye edilen uygulamadır. Yağ soğutmada açık devre olması nedeniyle kule suyunun doğrudan kullanılması eşanjörlerde kirlenmeye neden olur. Bu nedenle de yağ soğutma için kapalı devre kule suyu kullanımı veya ıslak/kuru soğutucu kullanımı önem arz etmektedir.

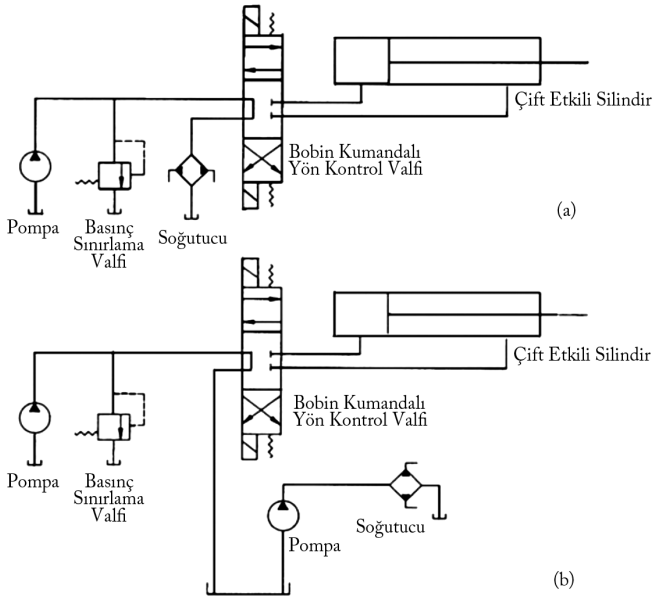
2.2.1 Hidrolik Yağ Soğutma Metotları

Hidrolik yağı soğutmak için yaygın olarak gövde-boru, plakalı ve kanatlı-boru olmak üzere üç tip ısı değiştiricisi kullanılmaktadır. Gövde borulu ısı değiştirici, kapalı bir silindirik içinde bir dizi borudan oluşmaktadır. Yağ, küçük çaplı boruların içinden ve ısıyı alan akışkan (genellikle su) ise küçük boruların etrafından akar. Yağın izlediği yol tek geçişli (yağ bir uçtan girer, diğer uçtan çıkar) ya da çift geçişli (yağ bir uçtan girer, diğer uçta U dönüşü yaparak girdiği uçtan ısı değiştiricisini terk eder) yapılabilir.

Kanatlı-borulu ısı değiştiricileri yağdan havaya ısı geçişi için kullanılır. Hava, ısı değiştiricisi içerisinden doğal olarak akar veya bir fan vasıtasıyla cebri olarak geçirilebilir. Eğer yağ soğutucu hareketli bir makinede kullanılıyorsa, genellikle kanatlı-borulu tiptedir. Kanatlı borulu ısı eşanjörleri yağ tankı içerisine yerleştirilip; boru içinden su, dışından yağ geçen veya tersi tasarımlarla karşılaşılabılır.

Yağ soğutucular basınca dayanıklı yapılmaz, devrede geri dönüş hattına monte edilir. Şekil 2.5a ve 2.5b'de iki seçenek gösterilmektedir. Şekil 2.5a'da sistem pompası yağı geri dönüş hattındaki ısı değiştiricisine pompalamaktadır. Bu düzenleme çoğu devre için kullanılabilir. Isı değiştiricisi istenen debide sadece düşük basınç kaybı yaratacak şekilde boyutlandırılır. Şekil 2.5b'deki devrede yağ ısı değiştiricisine pompalamak için ayrı bir düşük basınç pompası kullanılmaktadır.

Daha karmaşık devrelerde geri dönüş hattında önemli basınç dalgalanmaları olabilir. Bu basınç dalgaları ısı değiştiricisine zarar verebilir ve zamanla ek yerleri çatlayıp sızdırmalara yol açabilir. Eğer geri dönüş hattında önemli basınç değişimleri (70 kPa'dan büyük) ölçülmüşse, devre Şekil 2.5b'deki gibi olmalıdır. Ayrı bir pompayla sirküle edilen yağ, tanktan ısı değiştiricisine ve oradan tekrar depoya döner. Bu sirkülasyon pompası yüksek bir basınç oluşturmaz (yalnızca 100 kPa ya da ısı değiştiricisinden akışkanı geçirecek kadar), dolayısıyla ucuz bir tasarım oluşturulabilir.



Şekil 2.5 a–Geri dönüş hattındaki ısı değiştiricisi

b–Devrede yağ ısı değiştiricisine pompalamak için ayrı bir düşük basınç pompası

2.2.1.1 Depodan Isı Geçişi

Deponun fonksiyonlarından biri de ısıyı dışarı atmaktır. Depodan ısı, iletim ve taşınım ile dış ortama geçmektedir. Bu analiz için ısı iletim ve taşınım ile olan ısı geçişi ihmal edilmektedir.

Isı geçişi,

$$q = U \cdot A \cdot (T_f - T_a)$$

olarak verilmektedir. Burada,

q = Geçen ısı [W]

U = Toplam ısı geçiş katsayısı [W/m²K]

A = Yüzey alanı [m²]

T_f = Akışkan sıcaklığı [K]

T_a = Hava sıcaklığı [K]

Toplam ısı geçiş katsayısı,

$$U = \frac{1}{1/h + L/k}$$

olup deponun iç yüzeyindeki ısı taşınım direnci ihmal edilmektedir. Burada,

h = Taşınım ile olan ısı geçiş katsayısı [W/m²K]

L = Depo cidar kalınlığı [m]

k = Depo cidarının ısı iletim katsayısı [W/mK]

Havanın doğal taşınımı için, taşınım ile ısı geçiş katsayısı 3 - 17 W/m²K arasındadır. Eğer depo hareketli makinenin üzerinde konumlanmış ve hava serbestçe üzerinden geçiyorsa $h = 17$ alınabilir. İyi havalandırılan hareketsiz bir ortamda bulunan depo için $h = 8$ almak iyi bir seçimdir.

Genellikle, depolar çelik sac veya alüminyumdan yapılır. Bu metallerin ısı iletim katsayıları sırasıyla, 30 W/mK ve 115 W/mK'dir.

Depodan geçen yağın kaybettiği ısı

$$q = m \cdot c \cdot (T_i - T_o)$$

olarak ifade edilir. Burada;

q = Isı kaybı [kW]

m = Yağın kütleli debisi [kg/s]

c = Yağın özgül ısı [kJ/kgK]

T_i = Yağın depoya giriş sıcaklığı [K]

T_o = Yağın depodan çıkış sıcaklığı [K]

Kararlı durumda, yağın kaybettiği ısı, deponun duvarlarından dış ortama geçen ısıya eşittir. Yağ depodan geçerken sıcaklığı düşer. Bu yüzden ısı geçişi için ortalama bir sıcaklık, $T_f = (T_i + T_o)/2$ kullanılmaktadır. Depodan ısı kaybı ve yağın kaybettiği ısılar eşitlenir ve T_f yerine ortalama değeri kullanırsak *çıkış sıcaklığı* için;

$$T_0 = \frac{T_i \cdot (2 \cdot m \cdot c - U \cdot A) + 2 \cdot U \cdot A \cdot T_a}{2 \cdot m \cdot c + U \cdot A}$$

elde edilir.

2.2.1.2 Sistemden Isı Üretimi

Hidrolik sistem tarafından üretilen tahmini ısı için aşağıda ampirik ifade kullanılabilir.

$$q = 0,26 \cdot P \cdot Q$$

Burada;

q = Isı üretimi [kW]

P = Basınç farkı [kPa]

Q = Debi [m^3/s]

Hidrolik güç;

$$P_{hid} = P \cdot Q \text{ (kW)}$$

denklemleri ile ifade edilir.

Ampirik formüle göre bir hidrolik çevrimde hidrolik enerjinin % 26'sı ısıya dönüşmektedir. Hidrolik pompalar ve motorlardaki tahmini hesaplar da toplam verimliliğin % 26 olduğunu göstermektedir. Bir hidrolik devredeki dişli pompanın 7000 kPa (70 bar) basınç farkında toplam pompa verimi $e_p = 0,875$ ve dişli motor toplam verimi de $e_m = 0,875$ olarak kabul edilsin. Pompa tarafından iletilen debi 0,5 dm^3/s olsun.

Pompa tarafından sağlanan hidrolik güç;

$$P_{hid} = P \cdot Q = (7000 \text{ kPa})(0,0005 \text{ m}^3/s) = 3,5 \text{ kW}$$

Toplam giriş gücü;

$$P_i = P_{hid} / e_p = 3,5 / 0,875 = 4 \text{ kW}$$

Pompada ısıya dönüşen giriş gücü ise;

$$P_{qp} = P_i - P_{hid} = 4 - 3,5 = 0,5 \text{ kW}$$

Devredeki diğer kayıplar (boru, fittings, valf vb.) ihmal edilirse,

Hidrolik motora ulaşan hidrolik güç,

$$P_{hid} = 3,5 \text{ kW}$$

olacaktır.

Motor tarafından sağlanan mekanik güç,

$$P_o = P_{hid} \cdot e_m = 3,5 (0,875) = 3,06 \text{ kW}$$

Motorda ısıya dönüşen hidrolik güç ise;

$$P_{qm} = P_{hid} - P_o = 3,5 - 3,06 = 0,44 \text{ kW}$$

olup üretilen toplam ısı

$$q = P_{qp} + P_{qm} = 0,5 + 0,44 = 0,94 \text{ kW}$$

Hidrolik akıştaki eşdeğer toplam enerji

$$q_{top} = P \cdot Q = (7000 \text{ kPa})(0,0005 \text{ m}^3/\text{s}) = 3,5 \text{ kW}$$

olup hidrolik akıştaki eşdeğer enerjinin yüzdesi olarak üretilen ısı,

$$100 (0,94 / 3,5) = \% 26,8$$

olacaktır.

Bu örnekle, sistemden ısı üretimi için verilen denklemdesine benzer şekilde bir ampirik sabit tanımlanabilir.

$$q = K \cdot P \cdot Q$$

ve $K = \text{sabit olmak üzere}$

$$K = (q / P.Q) = 0,94 / (7000 \times 0,0005) = 0,2685$$

olup sistemden ısı üretimi ampirik denklemindeki 0,26 ile karşılaştırılabilir. Bu basit analiz, ampirik formüllerin nasıl geliştirildiğini tanıma fırsatı vermektedir.

Pompa giriş gücü P_{in} ve pompa tarafından sağlanan güç (çıkış gücü) P_{hid} kullanılarak pompadaki sıcaklık artışını

$$\Delta T = P_{qp} / (m. c)$$

veya

$$P_{in} = P_{hid} + P_{qp}$$

$$P_{hid} / e_p = P_{hid} + m . c . \Delta T$$

ve

$$P_{hid} = P . Q$$

eşitlikleri dikkate alınarak, ρ (kg/m^3) yağ yoğunluğu olmak üzere;

$$\Delta T = (P / \rho.c) (1-e_p) / e_p$$

eşitliğinden hesaplamak mümkündür.

Pompa ve motorlarda üretilen ısı ile yağ sıcaklığındaki artış, yukarıdaki denklemlerle hesaplanabilir. Bunun için verimin (e_p ve e_m) ve basınç artışı/düşmesinin (P) bilinmesi yeterlidir.

Valflerde de benzer durum söz konusudur. Isıya dönüşen hidrolik güç, ΔP kontrol valfinin giriş ve çıkışı arasındaki basınç farkı olmak üzere;

$$q_v = \Delta P. Q$$

olacaktır.

Hidrolik devredeki borularda ısıya dönüşen hidrolik güç;

$$\Delta P = 4 f (L/D) (1/2) \cdot \rho \cdot V^2$$

olup, f sürtünme katsayısı, L boru uzunluğu, D boru çapı, ρ yoğunluk ve V yağ hızı olmak üzere hesaplanan basınç düşmesi dikkate alınarak

$$q_b = \Delta P \cdot Q$$

denklemden hesaplanır.

Tesisat boru bağlama elemanlarında ise $4f (L/D)$ çarpanı yerine kayıp katsayısı kullanılır. Devredeki basınç düşmesi yaratan elemanların sayısı ve boru uzunluğu, ısıya dönüşen hidrolik gücün ampirik olarak hesaplanması için kullanılan sabitin çok daha büyük olmasına sebep olabilir.

2.2.1.3 Örnek Tasarım

Tasarımın amacı yağ soğutucu gerekip gerekmediğini belirlemektir. Eğer cevap evetse, imalatçı tarafından sağlanan veriler kullanılarak bir soğutucu seçilebilir. Kanatlı-borulu ısı değiştirici seçilirken üç önemli parametre vardır:

1. Yağın kütleli debisi
2. Yağdan çekilecek ısı (kW)
3. Yağ giriş sıcaklığı ve hava sıcaklığı arasındaki fark

Aşağıdaki tasarım örneğinde yağı soğutmak için istenen ısı geçişinin nasıl belirlendiği açıklanmaktadır.

Hareketli bir makinede 3 adet hidrolik pompa bulunmaktadır. (A) pompası pistonlu bir pompa olup, kapalı bir devrede hidrolik akışı sağlamaktadır. Bu pompanın deplasmanı $37,7 \text{ cm}^3/\text{devir}$ olup, 1885 dev/dak ile döndürülmektedir. Şarj pompası deplasmanı $5,4 \text{ cm}^3/\text{devir}$ ve şarj emniyet valfi 1000 kPa 'a ayarlıdır. (B) pompası dişli pompa olup (A) pompasının yedeği olarak kurulmuştur. Bu yüzden bunun da dönme hızı 1885 dev/dak 'dır. (B) pompasının deplasmanı $20,5 \text{ cm}^3/\text{dev}$ 'dir. (C) pompası bir kayış-kasnak mekanizmasıyla 2000 dev/dak ile döndürülmektedir ve deplasmanı $19,83 \text{ cm}^3/\text{dev}$ 'dir. (B) ve (C) pompaları açık çevrimde çalışmaktadır.

Depo, 3,2 mm kalınlığında elik sactan oluşmakta ve 150 mm x 800 mm x 1000 mm ebadındadır. Hidrolik akışkanın yoğunluğu 850 kg/m³ ve özgül ısısı c = 2,13 kJ/kgK'dır. Maksimum akışkan sıcaklığı 60 C ve maksimum hava sıcaklığı 35 C'dır. Makinedeki çeşitli alt sistemler birbirinden uzaktır. Bu yüzden pompa (B) ve (C) devrelerinden çevreye ısı kaybı oluşması için yeteri kadar fırsat yaratacak uzun hidrolik devreler mevcuttur.

Problemi çözmek için atacağımız ilk adım, sistemde üretilen toplam ısıyı bulmaktır ( pompa da yağ gereksinimi için aynı depoyu kullanmakta ve sistem üç pompa tarafından desteklenen devrelerle sınırlanmaktadır). Eğer bu devrelerin çalışma basıncını biliyor veya tahmin edebilirsek (B) ve (C) pompalarıyla desteklenen açık devreler için ampirik formülü kullanabiliriz. (A) pompası kapalı çevrimde çalışmaktadır. Yağ ana pompadan motora gider ve depoya uğramadan tekrar pompaya gelir.

(A) devresindeki şarj pompası depodan yağı eker ve ana devreden sızan yağı tamamlar. Fazladan çekilen yağ; eğer sızmadan dolayı kayıp yoksa, şarj emniyet valfinden tekrar depoya döner. Analizlerimizde bu noktada şarj pompasından geçen bütün akışkanın hiçbir mekanik iş yapmadan emniyet valfinden depoya döndüğünü varsayacağız. Dolayısıyla bütün iş ısıya dönüşmüş olacaktır. Daha sonraki analizlerde bu kabul tekrar kullanılacaktır.

(B) pompası çevriminin fonksiyonel gereklilikleri analiz edilmiş olup, çalışma basıncı 2700 kPa olarak hesaplanmıştır. Maksimum basınç gereksinimi normal basıncın 2,5 katı yani 6750 kPa kabul edilmiştir. Bu maksimum çalışma basıncının toplam işletme süresinin % 10'u kadar hüküm süreceği tahmin edilmektedir.

(C) pompası çevrimi analizine göre normal çalışma basıncı 4500 kPa'dır. Maksimum basıncın 10000 kPa'a kadar çıkacağı beklenmekte ve bunun da toplam çalışma süresinin % 20'si kadar olacağı tahmin edilmektedir.

Isı retiminin Hesaplanması

(A) Pompası (şarj Pompası)

$$Debi = \frac{5,4 \text{ cm}^3 / dev \cdot 1885 \text{ dev/dak}}{10^3 \text{ cm}^3 / \text{dm}^3} = 10,2 \text{ dm}^3 / \text{dak}$$

Basıncı: 1000 kPa

B Pompası

$$Debi = \frac{20,5 \text{ cm}^3/\text{dev} \cdot 1885 \text{ dev/dak}}{10^3 \text{ cm}^3/\text{dm}^3} = 38,65 \text{ dm}^3/\text{dak}$$

Basınç: 2700 kPa (normal)

6750 kPa (maksimum)

$$P_{\text{Bort}} = 0,9(2700) + 0,1(6750) = 3105 \text{ kPa}$$

C Pompası

$$Debi = \frac{19,83 \text{ cm}^3/\text{dev} \cdot 2000 \text{ dev/dak}}{10^3 \text{ cm}^3/\text{dm}^3} = 39,66 \text{ dm}^3/\text{dak}$$

Basınç: 4500 kPa (normal)

10000 kPa (maksimum)

$$P_{\text{Cort}} = 0,8.(4500) + 0,2.(10000) = 5600 \text{ kPa}$$

1. A pompası çevrimindeki ısı üretimi (şarj pompasının bütün hidrolik enerjisinin ısı enerjisine dönüştüğü varsayılmaktadır).

$$q_{A\text{şarj}} = P.Q = (1000 \text{ kPa}).(10,18/10^3 \cdot 60 \text{ m}^3/\text{s}) = 0,17 \text{ kW}$$

2. B pompası çevrimindeki ısı üretimi

$$q_B = 0,26P.Q = 0,26(3100 \text{ kPa}).(38,65/10^3 \cdot 60 \text{ m}^3/\text{s}) = 0,52 \text{ kW}$$

3. C pompası çevrimindeki ısı üretimi

$$q_C = 0,26P.Q = 0,26.(5600).(39,66/10^3 \cdot 60 \text{ m}^3/\text{s}) = 0,96 \text{ kW}$$

4. Depodan çevreye atılması gereken ısı

$$q_{\text{top}} = q_{A\text{şarj}} + q_B + q_C = 0,17 + 0,52 + 0,96 = 1,65 \text{ kW}$$

olup, q_B ve q_C ısılarının yarısının borular ve elemanların yüzeyinden atıldığını kabul edebiliriz. Dolayısıyla depodan çevreye atılması gereken ısı;

$$q_{\text{top}} = q_{A\text{şarj}} + (q_B + q_C)/2 = 0,17 + (0,52 + 0,96)/2 = 0,91 \text{ kW}$$

5. Depodan atılan ısı

Depo alanının bulunması;

$$A = 2 \cdot \frac{15.80}{10000} + 2 \cdot \frac{15.100}{10000} + 2 \cdot \frac{80.100}{10000} = 2,14 \text{ m}^2$$

Toplam ısı geçiş katsayısının bulunması:

$$U = \frac{1}{1/h + L/k}$$

Hareketli makinelerde deponun yüzeyinden geçecek hava akımı kolaylıkla sağlanır.

Taşıyım ile ısı geçiş katsayısı için;

$$h = 17 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Sac levha için,

$$k = 15 \text{ W/mK}$$

Cidar kalınlığı $L = 0,0032 \text{ m}$

$$U = \frac{1}{1/17 + 0,0032/15} = 16,95 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Yağın kütleel debisinin hesaplanması

Toplam debi,

$$Q_{\text{top}} = Q_{\text{Aşarj}} + Q_B + Q_C = 10,18 + 38,65 + 39,66 = 88,49 \text{ dm}^3/\text{dak}$$

$$m = (88,49/10^3 \text{ m}^3/\text{dak})(850 \text{ kg/m}^3) = 75,22 \text{ kg/dak}$$

Depodan çıkan yağın sıcaklığı aşağıdaki denklem kullanılarak hesaplanabilir.

$$T_0 = \frac{T_i \cdot (2 \cdot m \cdot c - U \cdot A) + 2 \cdot U \cdot A \cdot T_a}{2 \cdot m \cdot c + U \cdot A}$$

$$c = 2,13 \text{ kJ/kgK}$$

$$U = 16,95 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$A = 2,14 \text{ m}^2$$

$$T_i = 60 \text{ }^\circ\text{C} \text{ maksimum akışkan sıcaklığı}$$

$$T_a = 35 \text{ }^\circ\text{C} \text{ maksimum hava sıcaklığı}$$

$$T_0 = \frac{60[2.(75,22 \cdot 2,13) - (16,95 \cdot 2,14)] + 2.(16,95 \cdot 2,14 \cdot 35)}{2.(75,22 \cdot 2,13) + (16,95 \cdot 2,14)}$$

$$T_0 = 54,92 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Depodan atılan ısı;

$$q_{\text{Depo}} = U.A. \cdot [(T_i + T_o)/2 - T_a]$$

$$q_{\text{Depo}} = (16,95) \cdot (2,14) \cdot [(60 + 54,92)/2 - 35]$$

$$q_{\text{Depo}} = 0,81 \text{ kW}$$

6. Gerekli soğutma

Depo tarafından çevreye atılan ısı 0,81 kW ve üretilen ısı 0,91 kW'dır. Dolayısıyla gerekli soğutma gücü 0,91 - 0,81 = 0,1 kW'dır.

Sadece 0,1 kW'ı karşılayacak kadar yağ soğutucu seçmek gerçekçi değildir. En iyi çözüm, fazla ısıyı da atabilecek kadar deponun boyutlarını büyütme. Deponun 150x800x1000 mm olan boyutlarını 200x800x1000 mm yaparsak herhangi bir soğutucu eklememize gerek kalmaz.

$$q_{\text{Depo}} = q_{\text{üretilen}}$$

(A) Pompa devresi kabullerinin yeniden değerlendirilmesi

(A) pompası değişken deplasmanlı eksenel pistonlu pompa olup, eksenel pistonlu motora akışkan sağlamaktadır. Ana devredeki basınç genellikle 13500 kPa'dan daha az olduğundan, pompa ve motorun toplam verimleri (e_m) % 90'dan daha fazla olacaktır. Pompa ve motorun hacimsel verimleri (e_{vm}) % 95'tir. Pompa ve motorun deplasmanları ise 37,7 cm³/dev dir.

Bu aşamada (A) pompası kapalı devresinde üretilen ısı hesaplanacaktır. Maksimum ısı üretimini tahmin etmek için pompanın sürekli olarak 13500 kPa'da çalıştığı kabul edilmektedir.

Maksimum deplasmandaki debi;

$$Q_a = 37,7 \cdot 1885 / 10^3 = 71,06 \text{ dm}^3/\text{dak}$$

Giriş gücü;

$$P_{in} = (71,06/60.1000) \cdot (13500) = 15,99 \text{ kW}$$

Toplam giriş gücü;

$$P_{hid} = 15,99 / 0,90 = 17,77 \text{ kW}$$

Giriş gücünün ısıya dönüşen kısmı;

$$P_{qp} = P_{in} - P_{hid} = 17,77 - 15,99 = 1,78 \text{ kW}$$

Boru hatlarındaki kayıplar ihmal edilirse motora ulaşan hidrolik güç $P_{hid} = 15,99$ kW olup, motor tarafından sağlanan mekanik güç;

$$P_o = P_{hid} \cdot e_m = (15,99) \cdot (0,90) = 14,39 \text{ kW}$$

Motor çıkışında ısıya dönüşen hidrolik güç;

$$P_{qm} = P_{hid} - P_o = 15,99 - 14,39 = 1,6 \text{ kW}$$

Pompa ve motor tarafından üretilen toplam ısı;

$$q_{Aana} = P_{qp} + P_{qm} = 1,78 + 1,6 = 3,38 \text{ kW}$$

Şarj pompası, pompa ve motor çıkışındaki kaçakları karşılayarak şarj boşaltma valfi üzerinden geri kalan akışa ilave sağlamaktadır.

Pompadaki kaçak;

$$Q_{lp} = Q_t (1 - e_{vm}) = (71,06) \cdot (1 - 0,95) = 3,55 \text{ dm}^3/\text{dak}$$

Motordaki kaçak;

$$Q_{lm} = Q_t \cdot (1 - e_{vm})$$

Burada, Q motora ulaşan debi olmalı, bu nedenle

$$Q = Q_t - Q_{lp}$$

$$Q_{lm} = (Q_t - Q_{lp}) \cdot (1 - e_{vm}) = (71,06 - 3,55) \cdot (1 - 0,95) = 3,38 \text{ dm}^3/\text{dak}$$

Kaçan debinin toplamı şarj pompası tarafından karşılanmalıdır.

$$Q_l = Q_{lp} + Q_{lm} = 3,55 + 3,38 = 6,93 \text{ dm}^3/\text{dak}$$

Şarj boşaltma valfindeki debi

$$Q_{şarj} = 10,18 - 6,93 = 3,25 \text{ dm}^3/\text{dak}$$

valfteki akış nedeniyle oluşan ısı;

$$q_{\text{şarj}} = (1000) \cdot (3,25) / (60 \cdot 10^3) = 0,05 \text{ kW}$$

Valfte üretilen bu ısı (A) pompası kapalı devresinde üretilen 3,38 kW ile mukayese edildiğinde küçüktür. (A) pompa devresinde üretilen toplam ısı;

$$q_A = q_{A_{\text{ana}}} + q_{\text{şarj}} = 3,38 + 0,05 = 3,43 \text{ kW}$$

Sistem tarafından üretilen toplam ısı;

$$q_{\text{top}} = q_A + q_B + q_C = 3,43 + 0,52 + 0,96 = 4,91 \text{ kW}$$

(A) pompa devresi ayrıık hidrolik iletim devresi olduğundan, pompa ve motor arasındaki hatlardan ısının atılma şansı bulunmaktadır. (A) pompa devresinde borular, pompa ve motor yüzeylerinden kaybolan ısının % 25 oranında, (B) pompası ve (C) pompası devrelerinden kaybolan ısının da % 50 oranında olduğu kabul edilirse atılması gereken ısı;

$$q_{\text{üretim}} = (1 - 0,25) \cdot q_A + (1 - 0,50) \cdot (q_B + q_C) = 2,56 + 0,74 = 3,31 \text{ kW}$$

1500mm x 800mm x 1000mm ebatlarında büyük bir yağ deposu kullanılırsa, istenen toplam soğutma;

$$q_{\text{soğ}} = q_{\text{üretim}} - q_{\text{depo}} = 3,31 - 0,83 = 2,48 \text{ kW}$$

olacaktır.

Bu ısının atılması için 60 °C yağ giriş sıcaklığı, 35 °C hava sıcaklığı ve 90 dm³/dak yağ debisinde çalışan 2,39 kW'lık bir yağ soğutucuya ihtiyaç bulunmaktadır. Bu amaçla kanatlı borulu ısı değıştiricisi imalatçılarının kataloglarından $\Delta T = 60 - 35 = 25$ °C sıcaklık farkı ve 90 dm³/dak yağ debisi tasarım değerine uygun 2,5 kW'lık kanatlı borulu bir ısı değıştiricisi seçilmelidir.

2.2.2 Kirlilik Kontrolü

Akışkan güç sistemlerinde üç tip tahribat oluşur.

1. *Verimsizlik* - Elemanların performansları zamanla düşer, yüzeyler aşınır, boşluklar ve sızıntı artar.

2. *Dalgalanma* - Valfler sıkışır ve ardından dağılarak sistemin duraksamasına yol açar.
3. *Arıza* - Ana eleman koptuğu zaman büyük bir arıza meydana gelir. Sıklıkla diğer elemanların da arızalanmasına sebep olur ve sistemin tamamen yenilenmesi gerekir.

Kirlilik kontrol elemanlarının seçimi, bakımı ve yenilenmesi ile bütün sistem arızalarının tahminen % 80'i önlenabilir. Bütün akışkan güç sistemlerinin operasyonunda ve özellikle basınçlı yağ devrelerinde sistemi temiz tutmak öncelikli konudur.

2.2.3 Verimlilik

Bir hidrolik devrede gerekli basınç, yapılacak mekanik iş için gereken basınçtan % 23 daha fazla olmalıdır. Giren mekanik enerjinin bir kısmı çıkış enerjisine iletilemez. Mekanik enerji dönüşümü bir dişli kutusu ile yapılabilsaydı, tek redüksiyonlu dişli kutularının verimi % 98-99, çift redüksiyonlu dişli kutularının verimi % 96-97 ve üç redüksiyonlu dişli kutularının ise % 95 olurdu. Tipik bir hidrolik pompanın mekanik enerjiyi hidrolik enerjiye çevirme verimi % 85, hidrolik motorda hidrolik enerjiyi mekanik enerjiye çevirme verimi % 85'tir. Basınç düşmeleri dikkate alınmazsa toplam verim $0,85 \cdot 0,85 = 0,72$ olacaktır. Bu sonuçla, giren mekanik enerjinin sadece % 72'lik kısmı mekanik enerjiye dönüşmektedir. Bütün devre tasarımlarında verimlilik öncelikli konudur. Giren mekanik enerjinin bir kısmı ısıya dönüşür. Hidrolik devrelerde üretilen ısı kaybolan ısıya eşit olana kadar yağ sıcaklığı artış gösterir.

2.3 KALIP VE YAĞ SOĞUTMA SİSTEMLERİ

Plastik endüstrisinde, kalıp ve yağ soğutmada kullanılan temel sistemler şunlardır:

1. Su Soğutma Kuleleri
2. Chillerler (Soğuk Su Üretici Cihazlar)
3. Chiller ve Entegre Doğal Soğutma Bataryalı Sistemler (Free Cooling Chillerler)
4. Kuru ve Islak Kuru Soğutucular.

Takip eden bölümlerde yukarıda başlıklar halinde verilen soğutma sistemleri hakkında detaylı ve karşılaştırmalı bilgiler verilecek, farklı uygulama örnekleri aktarılacaktır. Soğutma uygulamaları bilgilerinin yanı sıra, kuru soğutucu ünitelerinin malzeme, performans ve konstrüktif özelliklerine de değinilecektir.

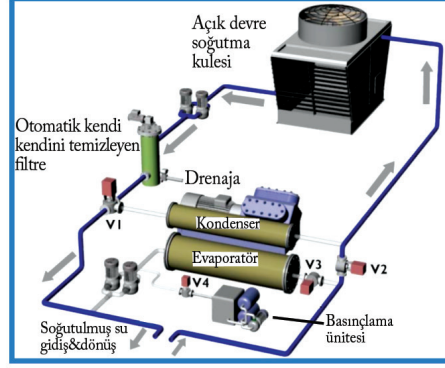
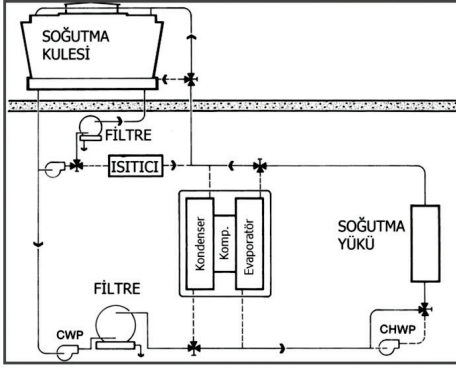
2.3.1 Su Soğutma Kuleleri

Yağ soğutma işleminde kullanılabilecek yöntemlerden biri, yağın ısıısının soğutma kulesinde soğutulan suya aktarılmasıdır. Tavsiye edilmemekle birlikte, kuleler kalıp soğutmada da kullanılmaktadır. Kuleden geçen havanın neme doyurulması vasıtasıyla su, ortamın kuru termometre sıcaklığının altında, tasarıma bağlı olarak yağ termometre (YT) sıcaklığının 3-6 °C kadar üzerinde bir sıcaklığa kadar soğutulabilir. Bir soğutma kulesinin performansındaki en önemli etken dış havanın YT sıcaklığıdır. Kule boyutları büyütülerek ideal koşullarda YT sıcaklığına çok yaklaşılabılır; ancak bu durumda yatırım maliyeti önemli oranda artacaktır.

Su kulelerinde soğutma, suyun buharlaşması sırasında gerçekleşen ısı transferi sayesinde sağlanır. Bu sırada kütle transferi de gerçekleşir; yani sistemden su kaybı olur. Su soğutma kulesinde birim zamanda ne kadar fazla su buharlaşıyorsa, soğutma miktarı o kadar yüksek olacaktır. Dolayısıyla soğutma kulesinin su kaybı göreceli olarak oldukça fazladır. Ayrıca, kuleden geçen hava, su damlacıklarını kule dışına sürükler. Sürüklenme kayıpları su kaybını artıran önemli bir faktördür.

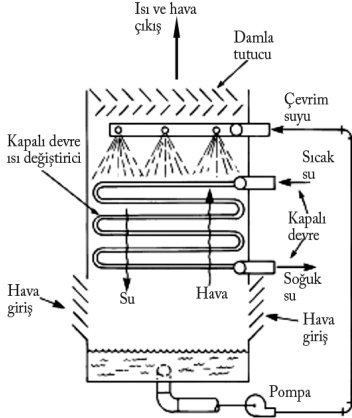
2.3.1.1 Açık Devre Su Soğutma Kuleleri

Bu sistemde buharlaşmaya bırakılan suyun sıvı olarak kalan kısmı soğutma suyu olarak kullanılmaktadır. Suyun buharlaşmasını kolaylaştırmak için hava ile temas yüzeyini artırmak amacıyla özel dolgu maddelerinden yararlanılmaktadır. Elde edilen soğutulmuş su, proseste direkt olarak kullanılabileceği gibi, bir ara ısı eşanjörü kullanılarak proses tarafında kapalı devre su çevrimi de elde edilebilir. Açık devre olarak çalışan kulelerde bu sistemin temel avantajı, ihtiyaç duyulan soğuk su sıcaklığının ortam yağ termometre sıcaklığına en üst düzeyde yaklaştırılabilmesidir. Bu durumda doğal soğutmadan sağlanan fayda da en üst düzeyde olacaktır. Ancak, sistemdeki ciddi dezavantaj, göreceli olarak kirli kule suyunun temiz soğuk su sisteminde kirlenmeye yol açmasıdır. Kirlenme, filtrasyon vb. yöntemler ile çözülmeye çalışılsa dahi son dönemlerde uygulamacılar tarafından kaçınılan bir sistemdir. Kapalı devre-indirekt sistemler olarak çalışan soğutma kulesi ya da aynı ihtiyacı karşılayacak ıslak/kuru soğutucu uygulamaları bu olumsuzluğu ortadan kaldırmaktadır.



Şekil 2.6 Direkt sistem-açık devre su soğutma kuleli sistemler prensip şemaları

2.3.1.2 Kapalı Devre Su Soğutma Kuleleri



Şekil 2.7 Kapalı devre soğutma kulesi (Kaynak: İMAS)

Açık devre su soğutma kulesindeki yüzey artırıcı dolgu maddesi yerine bir eşanjör kullanılarak kuleden alınan suyun kapalı bir devre içinde dolaşması sağlanır. Kapalı devre su kuleleri yağ soğutucu eşanjöre gelen soğutma suyunun kalitesi açısından daha avantajlıdır; ancak açık devre su kulelerine göre 2-3 °C kadar daha yüksek bir su sıcaklığı elde edilebilir. Ayrıca, kapalı devre su kuleleri, toplam su harcaması bakımından açık devre su kuleleri ile aynı su kaybına sahiptir.

Su kuleleri, ilk yatırım maliyeti açısından avantajlı görünmekle birlikte, işletmede sorunlarla karşılaşmaktadır. Su soğutma kulesi suyunun direkt kullanılması soğutma eşanjörlerinde kireçlenmeye ve kirlenmeye neden olmaktadır. Ayrıca, suyun bir kısmının buharlaşması nedeniyle eksilen kısmının sürekli olarak takviye edilmesi

gerekmektedir. Buna ek olarak, kule haznesinde biriken tortulardan kurtulmak için belirli aralıklarla suyun blöf edilmesi gerekir. Kule havuzundaki su, buharlaşma sonucu eksilen suyun içindeki kireç ve benzeri maddelerin sistemde birikmesi nedeniyle çok yüksek sertlik ve kirlilik değerlerine ulaşabilmektedir. Bu nedenlerle, yağın kule suyuyla soğutulması düşünüldüğü takdirde, sistemin su kaybı ve su kalitesi yönünden incelenmesi gerekir.

2.3.2 Chillerler (Soğuk Su Üretici Cihazlar)

Kompresörde basıncı yükseltilen soğutucu akışkan buharı, kondenserde ısınıp çevreye vererek yoğuştuktan sonra genleşme valfinden geçerek basıncı düşer ve evaporatörde buharlaşırken soğutma suyundan ısı alarak suyu soğutur. Plakalı tipler seyrek olarak kullanılmakla birlikte, evaporatör genel olarak boru-kovan (shell-and-tube) tipindedir; boruların içinden soğutucu akışkan, dışından su geçer. İstenilen soğutma suyu sıcaklığı 6-16 °C dolayındaysa evaporatörden alınan su direkt olarak kullanılabilir. Yağ soğutma işleminde daha yüksek sıcaklıkta soğutma suyu eldesi için bir ara eşanjöre veya vana ile regülasyona ihtiyaç vardır; yoksa yağ normalden fazla soğuyabilir.

Soğuk su üretici chiller, kullanılan kondensere göre iki tipte olabilir:

1. Su Soğutmalı Soğuk Su Üretici Gruplar (Su Soğutmalı Chillerler)
2. Hava Soğutmalı Soğuk Su Üretici Gruplar (Hava Soğutmalı Chillerler)

2.3.2.1 Su Soğutmalı Soğuk Su Üretici Gruplar (Su Soğutmalı Chillerler)

Su soğutmalı chillerlerde su soğutmalı kondenser kullanılır. Kondenser boru-kovan tipindedir. Boruların dışından geçen soğutucu akışkan buharı boruların içinden geçen su tarafından soğutularak yoğuşturulur. Küçük sistemlerde şebeke suyu kullanılabilir; sanayi uygulamalarında ise su soğutma kulesinde soğutulan sudan yararlanılır. Bu nedenle, su soğutma kulesi ile ilgili karşılaşılabilecek sorunlar su soğutmalı kondenserli chiller uygulamalarında da göz önüne alınmalıdır. Ayrıca, yazın en yüksek sıcaklıkta soğutma ihtiyacını karşılayacak şekilde tasarlandığı ve ayarlar bu şartlara göre yapıldığından dolayı, kışın hava sıcaklığının çok düşük olduğu zamanlarda sistemin çalışmaya devam edebilmesi için ciddi ve karmaşık önlemler alınması gerekmektedir.

Plastik makinesi soğutma sistemlerinde soğutma ihtiyacının su soğutmalı veya hava soğutmalı bir chiller ile karşılanması durumunda işletme ve yatırım maliyetlerinin yüksek olacağı, dikkate alınması gereken bir diğer konudur.



Şekil 2.8 Su soğutmalı chiller grupları (Kaynak: Vatbuz)

2.3.2.2 Hava Soğutmalı Soğuk Su Üretici Grupları (Hava Soğutmalı Chillerler)



Şekil 2.9 Hava soğutmalı chiller (Kaynak: Vatbuz)

Hava soğutmalı chillerlerde hava soğutmalı kondenser kullanılır. Kanatlı-borulu eşanjörün içindeki yüksek basınçlı soğutucu akışkan buharının ısısı, eşanjör dışından cebri olarak geçirilen ortam havasına aktarılarak soğutucu akışkan yoğunlaştırılır. Eşanjör kanatları üzerinden hava, aksiyal ya da radyal fanlar yardımıyla geçirilir.

2.3.2.3 AB Eko-Tasarım (EcoDesign) Yönergesi Kapsamında Soğutma Sistemleri İçin Minimum Enerji Verimliliği Standartları

AB Komisyonu son altı yıldır soğutma sistemlerinin minimum enerji verimliliği ve etiketleme gereksinimleri için sektörle beraber çalışma yürütmektedir. Bu çalışmanın sonucunda hazırlanan yönerge, minimum enerji performans standartlarını (Minimum Efficiency Performance Standards- MEPS) ortaya koymaktadır.

Bu yeni verimlilik gereksinimleri, son kullanıcılara MEPS'e dayalı olarak gayet iyi tanımlanan iki veriye bakarak chiller verimlerini kolay bir şekilde karşılaştırma imkanı tanımaktadır. Bunlar; endüstriyel proses chillerler için Mevsimsel Enerji Performans Oranı (Seasonal Energy Performance Ratio - SEPR) ve konfor amaçlı chillerler için ise Mahal Soğutmasında Mevsimsel Enerji Verimliliği (Seasonal Space Cooling Energy Efficiency)'dir.

Eko-Tasarım yönergesi ile belirlenen bu yeni sistematik; Eurovent'in Avrupa Enerji Verimlilik Oranı (ESEER) ve Carbon Trust'ın Energy Technology List (ETL) gibi enerji performansını gerçek çalışma koşulları dışında ideal laboratuvar şartlarında test eden kuruluşların yöntemlerinde de değişikliğe neden olacaktır.

Standardize edilmiş, güvenilir ve uygulama esaslı enerji performans hesaplamalarının devreye girmesiyle, kullanıcıların veriye dayalı ve ilk yatırım maliyeti yerine toplam yaşam döngüsü maliyetinin % 75'ini dikkate alan daha iyi değerlendirmeler yapması olanağına kavuşması beklenmektedir. Bir soğutma tesisinin enerji maliyeti normal olarak toplam yaşam döngüsü maliyetinin % 60'ını teşkil eder. % 15 ilk yatırım maliyetini ve geri kalan % 25 ise bakım maliyetlerini temsil eder.

Eko-Tasarım yönergesi, karbon emisyonunun azaltılması ve son kullanıcıların binlerce liralık enerji maliyetlerinin azalması anlamına gelmektedir.

Eko-Tasarım Yönergesi ve Chillerde Uygulama Aralıkları

2009/125/EC sayılı Eko-Tasarım yönergesi ile Avrupa Parlamentosu, enerji kullanan ürünler (EuP) ve enerji ilişkili ürünlerin (ErP) yaşam döngüsü boyunca enerji ile çevre performanslarına ilişkin minimum gereksinimler için bir çerçeve belirlemiştir.

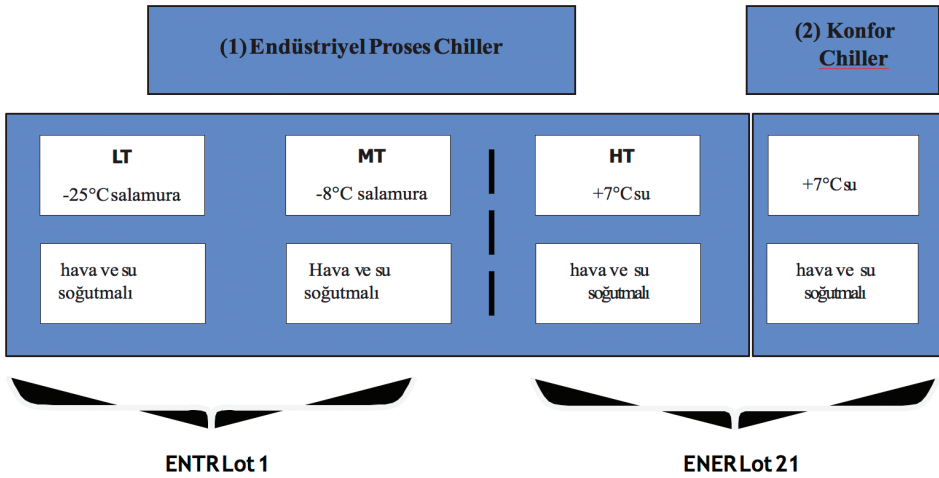
Avrupa Komisyonu, uzun işletme saatleri ve yüksek enerji tüketimleri nedeniyle soğutma sistemlerindeki enerji tasarruf potansiyelini görerek harekete geçme kararı vermiştir. Carbon Trust tarafından yapılan bir araştırma, soğuk depolama sektöründeki enerji maliyetlerinin yaklaşık % 90'ının soğutma sistemlerinin enerji tüketimlerinden kaynaklandığını ortaya koymuştur. Proses soğutma sistemlerinde bu oranın % 50'yi bulması şaşırtıcı olmaz.

Eko-Tasarım ve Enerji Etiketleme yönergeleri son kullanıcılara yüksek enerji verimli ürünler seçmeleri konusunda net bilgiler sağlamaktadır. Böylece enerji verimliliği artacak, olumsuz çevresel etkiler azalacak ve enerji ilişkili ürünleri AB'de serbest dolaşımı sağlanacaktır.

EuP ve ErP için yönergede ifade edilen gerçek minimum enerji ve performans gereksinimleri, daha önceki yönergede yer alan genel ifadeler yerine her ürün grubu için özel olarak belirlenmiştir. Bu kapsamda, her uygulama için kullanılan chillerler ayrı tanımlanmaktadır. Örneğin, proses chillerlerin konfor amaçlı chillerlere nazaran daha yüksek yüklerde ve daha düşük dış ortam sıcaklıklarında çalıştığı gerçeği ile hareket edilmiştir.

Eko-Tasarım yönergesi ile farklı ürün kategorileri LOT denilen gruplara ayrılmıştır. Endüstriyel soğutma alanında son kullanıcıları etkileyen önemli hususlar ve mevzuat, iki grup altında toplanmıştır. ENTR Lot 1 (Soğutma ve Dondurucular, Orta Sıcaklık (MT) ve Düşük Sıcaklık (LT) proses chillerler ve yoğunlaşma üniteleri) ve ENER Lot 21 (Yüksek Sıcaklık (HT) proses chillerler ve konfor amaçlı soğutma (HVAC).

ErP Kapsamındaki Chiller



Şekil 2.10 Eko-Tasarım yönergesi kapsamında chillerlerin LOT grupları

Proses chiller, en az bir kompresör ve evaporatörü olan ve bir sisteme veya ekipmana soğutulmuş su sağlayan soğutma makinasıdır. Kondensere (yoğuşturucu) ve diğer yardımcı ekipmana entegre edilmiş ya da edilmemiş olabilir. Yönerge, terzi usulü bir kereliğine sahada monte edilen veya evaporatif kondenseri olan chillerler için geçerli değildir.

Düşük sıcaklık (LT) proses chillerler, -25 °C proses sıvı çıkış sıcaklığında öngörülen soğutma kapasitesini sağlayabilme yeteneğine sahiptir. Bu ürün, Temmuz 2016'dan itibaren (EU) 2015/1095 sayılı yönetmelik kapsamındaki minimum enerji gereksinimleri hususlarına tabidir.

Orta sıcaklık (MT) proses chillerler, -8 °C proses sıvı çıkış sıcaklığında öngörülen soğutma kapasitesini sağlayabilme yeteneğine sahiptir. Bu ürün, Temmuz 2016'dan itibaren (EU) 2015/1095 sayılı yönetmelik kapsamındaki minimum enerji gereksinimleri hususlarına tabidir.

Yüksek sıcaklık (HT) proses chillerler, +7 °C proses sıvı çıkış sıcaklığında öngörülen soğutma kapasitesini sağlayabilme yeteneğine sahiptir. Bu grup chillerler konfor amaçlı iklimlendirme prosesinde kullanılmayacaktır. Konfor amaçlı chillerler, buhar sıkıştırılmalı ya da soğurmalı (absorbsiyon) soğutma çevrimi kullanan ve su sıcaklığının +2 °C'den daha düşük olmadığı sistemlerdir.

Yönerge sadece MEPS'leri belirlemekle kalmayıp bu tür soğutma sistemlerinin olumsuz çevresel etkilerine de sınırlama getirmektedir. Üreticiler, enerji verimliliğini optimize etmek üzere sistemlerin montajı, demontajı, geri kazanımı ve hurdaya terk edilmeleri konularında da talimatlar hazırlama yükümlülüğünü taşımaktadır.

Eko-Tasarım Yönergesi Mevcut Chiller Pazarını Nasıl Etkileyecektir?

Eko-Tasarım yönergesinin karbon emisyonunda önemli bir azalışa ve düşük enerji tüketimine sahip chillerlerin pazar payının artmasına yol açması beklenmektedir. Yönergeye uygun olmayan chillerlerin AB pazarında satışına müsaade edilmeyecek, bununla beraber yüksek enerji verimliliğine sahip chillerlerin tasarımının önünü açacaktır.

EUROVENT tarafından Mayıs 2015'de yayınlanan verilere göre, 400kW'ın altında kapasiteye sahip konfor amaçlı chillerlerin % 80'i Eko-Tasarım minimum enerji performansı standartını karşılayamayacaktır. Chillerlerin % 8'inin, konfor chillerlerle ilgili minimum enerji gereksinimleri sıkılaştırılacağı için 2021 itibarıyla pazardan çekilmesi beklenmektedir. Bu ise, içinde bulunduğumuz zaman diliminde üretilen konfor amaçlı chillerlerin büyük çoğunluğunun 2018 itibarıyla pazar dışı kalması anlamına gelmektedir.

Eko-Tasarım Yönergesi Minimum Enerji Performansı Standartları (MEPS)

MEPS, mevzuata uyum sağlamak açısından chillerlerin karşılaması gereken minimum enerji gereksinimini ifade etmektedir. Aşağıdaki tablolarda değişik uygulamalar için chiller çözümlerine ilişkin değerlere ulaşabilirsiniz. Yönergenin yürürlüğe girmesiyle soğutma cihazlarının verimi LT, MT ve HT proses chillerler için; Mevsimsel Enerji Performans Oranı - Seasonal Energy Performance Ratio (SEPR) cinsinden ifade edilecektir.

Konfor amaçlı chillerler için Mahal Soğutmasında Mevsimsel Enerji Verimliliği (Seasonal Space Cooling Energy Efficiency), Mevsimsel Enerji Verimlilik Oranının (Seasonal Energy Efficiency Ratio - SEER) 0,4 ile çarpılması ile elde edilir. Sıcaklık kontrolü ve toprak kaynaklı ısı pompası kullanılması durumunda, su pompasının enerji sarfiyatı gözönüne alınarak yapılacak ek düzeltmelerle sonuç değer oran cinsinden ifade edilir.

Verimlilik ile ilgili değerlendirmeler, yönergede belirtilen metodolojiler veya EN14825'deki gibi geçerliliği kanıtlanmış metotlar kullanılarak imalatçı tarafından gerçekleştirilir.

Aşağıdaki tablolar, minimum enerji verimliliği eşik değerlerini göstermektedir. AB'de satılan aynı amaca hizmet eden farklı soğutma ürünlerine ilişkin enerji verimliliği (MEPS) değerlerini karşılaştırmak amacıyla kullanılabilir.

Tablo 2.2 ENTR Lot 1: LT & MT Proses Chiller SEPR MEPS Enerji Verimliliği- Aşama 1 (Temmuz 2016'dan İtibaren)

Chiller Tipi	İşletme Sıcaklığı	Soğutma Kapasitesi P_A	Minimum SEPR ≥ 150 GWP	*Minimum SEPR < 150 GWP
Hava	Orta (MT) - 8 °C	≤ 300 kW	2,24	2,02
		> 300 kW	2,80	2,52
	Düşük (LT) - 25 °C	≤ 200 kW	1,48	1,34
		> 200 kW	1,60	1,44
Su	Orta (MT) - 8 °C	≤ 300 kW	2,86	2,58
		> 300 kW	3,80	3,42
	Düşük (LT) - 25 °C	≤ 200 kW	1,82	1,64
		> 200 kW	2,10	1,64

* GWP < 150 soğutkanlar için % 10 teşvik primi

Tablo 2.3 ENTR Lot 1: LT & MT Proses Chiller SEPR MEPS Enerji Verimliliği-Aşama 2 (Temmuz 2018’den İtibaren)

Chiller Tipi	İşletme Sıcaklığı	Soğutma Kapasitesi P_A	Minimum SEPR ≥ 150 GWP	*Minimum SEPR < 150 GWP
Hava	Orta (MT) - 8 °C	≤ 300 kW	2,58	2,32
		> 300 kW	3,22	2,90
	Düşük (LT) - 25 °C	≤ 200 kW	1,70	1,53
		> 200 kW	1,84	1,66
Su	Orta (MT) - 8 °C	≤ 300 kW	3,29	2,97
		> 300 kW	4,37	3,94
	Düşük (LT) - 25 °C	≤ 200 kW	2,09	1,89
		> 200 kW	2,42	2,18

* GWP < 150 soğutkanlar için % 10 teşvik primi

Tablo 2.4 ENER Lot 21: HT Proses Chiller SEPR MEPS Enerji Verimliliği-Aşama 1 (1 Ocak 2018’den İtibaren)

Chiller Tipi	İşletme Sıcaklığı	Soğutma Kapasitesi P_A	Minimum SEPR Değeri
Hava	Yüksek (HT) +7 °C	< 400 kW	4,5
	Yüksek (HT) +7 °C	≥ 400 kW	5,0
Su	Yüksek (HT) +7 °C	< 400 kW	6,5
	Yüksek (HT) +7 °C	≥ 400 kW < 1500 kW	7,5
	Yüksek (HT) +7 °C	≥ 1500 kW	8,0

Tablo 2.5 ENER Lot 21:HT Proses Chiller SEPR MEPS Enerji Verimliliği-Aşama 2 (1 Ocak 2021’den İtibaren)

Chiller Tipi	İşletme Sıcaklığı	Soğutma Kapasitesi P_A	Minimum SEPR
Hava	Yüksek (HT) +7 °C	< 400 kW	5,0
	Yüksek (HT) +7 °C	≥ 400 kW	5,5
Su	Yüksek (HT) +7 °C	< 400 kW	7,0
	Yüksek (HT) +7 °C	≥ 400 kW < 1500 kW	8,0
	Yüksek (HT) +7 °C	≥ 1500 kW	8,5

Tablo 2.6 ENER Lot 21: Konfor Amaçlı Chiller MEPS enerji Verimliliği-Aşama 1 (1 Ocak 2018'den İtibaren)

*Chiller Tipi	İşletme Sıcaklığı	Soğutma kapasitesi P _A	GWP > 150	GWP < 150
Hava	+7 °C	< 400kW	% 149	% 134
	+7 °C	≥ 400kW	% 161	% 145
Su	+7 °C	< 400kW	% 196	% 179
	+7 °C	≥ 400kW	% 227	% 204
	+7 °C	> 1500kW	% 245	% 220

* Elektrik motoru ile sürülmektedir.

Tablo 2.7 ENER Lot 21: Konfor amaçlı Chiller MEPS Enerji Verimliliği-Aşama 2 (1 Ocak 2021'den İtibaren)

*Chiller Tipi	İşletme Sıcaklığı	Soğutma kapasitesi P _A	GWP > 150	GWP < 150
Hava	+7 °C	< 400kW	% 161	% 145
	+7 °C	≥ 400kW	% 185	% 167
Su	+7 °C	< 400kW	% 200	% 180
	+7 °C	≥ 400kW	% 252	% 227
	+7 °C	≥ 1500kW	% 272	% 245

* Elektrik motoru ile sürülmektedir.

Eko-Tasarım Yönergesinin Uygulanması

Uygulama, her LOT için iki safhada gerçekleştirilecektir. Daha ılımlı uygulamalar içeren Aşama 1, daha sıkı önlemlere sahip Aşama 2 ile, Temmuz 2016'da başlayıp Ocak 2021'de sona erecek bir takvim dahilinde yer değiştirecektir.

İlk uygulamanın yürürlüğe girdiği tarihten itibaren en geç 5 yıl içinde bir revizyon gerçekleştirilmesi öngörülmektedir. Bu revizyon, daha sıkı gereksinimlere işaret edebileceği gibi kapsama alanına giren ürünlerin çeşitlenmesini de (buharlaştırma kondenser kullanan proses chillerler gibi) beraberinde getirebilir. MT ve HT proses chillerler ve yoğuşma üniteleri için AB yönetmeliği 1 Temmuz 2016 itibarıyla yürürlükte. Bu tarihten itibaren ilgili mevzuat kapsamındaki soğutma cihazı üreticilerinin performans ve diğer teknik verilerini beyan etmeleri zorunludur. Bu mevzuat kapsamına giren ürünler aynı zamanda Enerji Etiketleme Yönergesi (Energy Labelling Directive - 2010/30/EU) çerçevesinde uygun tarzda etiketlenecektir. Bununla beraber, proses chillerler ve yoğuşma üniteleri kapsam dışındadır. Mevzuatın işaret ettiği gereksinimleri karşılamayan ürünler AB pazarında yer

alamayacaktır. Yönerge aynı zamanda 150'den daha az GWP'ye (küresel ısınma potansiyeli) sahip soğutkan içeren proses chillerler ve yoğunlaşma ünitelerine ek enerji verimliliği primi vermektedir. Yüksek sıcaklık (HT) proses chillerler ve konfor chillerler için düzenlemeler sürmektedir. Taslak yönetmelik, Eko-Tasarım kapsamındaki soğutma cihazlarında çevreye daha az zarar veren soğutkanların kullanımına prim vermektedir. 150'nin altında GWP'ye sahip soğutkan kullanan soğutma cihazları için minimum enerji verimliliği gereksinimleri konusunda çıtayı biraz düşürmektedir. Düşük GWP'li soğutkan kullanımı konusundaki prim HT proses chillerlere uygulanmamaktadır. Aynı zamanda, birçok EuP ve ErP kapsamındaki ürüne uygulanan enerji etiketleme gereksinimi HT proses chillerlere ve konfor amaçlı chillerlere uygulanmamaktadır.

Tablo 2.8 ENTR Lot 1 ve ENER Lot 21'in Yürürlüğe Girme Takvimi

Chiller Tipi	Aşama	Yürürlüğe Girme
LT ve MT Proses Chiller	Aşama 1	Temmuz 2016
	Aşama 2	Temmuz 2018
HT Chiller	Aşama 1	Ocak 20 18
	Aşama 2	Ocak 20 21
Konfor Amaçlı Chiller	Aşama 1	Ocak 20 18
	Aşama 2	Ocak 20 21

Eko-Tasarım Mevzuatı Son Kullanıcıyı Nasıl Etkileyecektir?

Yönerge, önümüzdeki yıllar için oldukça yüksek enerji verimliliği gereksinimleri öngörmektedir. AB'de bazı sektörel paydaşlar, görüşmeler esnasında MEPS'lerin abartıldığını ifade etmişler ve düşürülmesi konusunda AB Komisyonuna başvuru da bulunmuşlardır. Bu konudaki başvurularına olumlu geri dönüş alamamışlardır. MEPS tüm AB'de zorunlu olacak ve bu minimum enerji verimliliği gereksinimini karşılamayan ürünlerin AB pazarına girişine müsaade edilmeyecektir.

Bu yeni mevzuat kapsamına giren ürünlerden yürürlük tarihinden önce işletmeye alınanlar MEPS'e tabi olmayacaktır. MEPS'ler işletme maliyeti düşük ürünlere yönelimi artıracak, enerji tüketimini ve dolayısıyla karbon salımını azaltacaktır.

Böylesine katı mevzuat ortamında endüstriyel soğutma sistemleri üreticilerinin Ar-Ge çalışmalarına ağırlık vermeleri ve sonucunda beklentileri karşılayacak alternatif ürünler sunmaları beklenmektedir. Pazarın, enerji verimli cihazlar lehinde kabuk değiştirmesi öngörülmektedir.

Son kullanıcılar açısından;

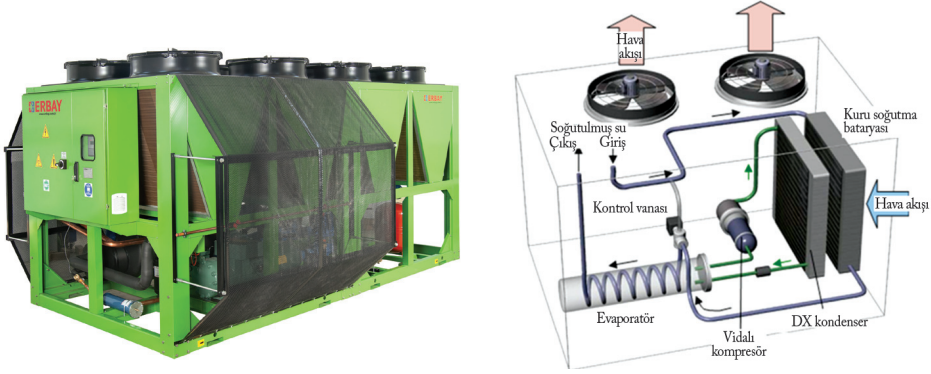
- Enerji verimliliği yüksek sistemlerle daha yüksek oranda karşılaşmaları mümkün olacaktır.
- Özellikle AB’de daha verimli chiller kullanımı, işletmelerin *Karbon Azaltım Taahhütlerini (Carbon Reduction Commitment)* yerine getirip, ceza ödemelerinin önüne geçecektir.
- Yönerge kapsamında üreticiler tarafından sağlanması zorunlu verilerle daha objektif değerlendirmeler yapabilecektir. Herhangi bir enerji etiketi olmasa dahi üreticiler, *SEPR ve Mahal Soğutmasında Mevsimsel Enerji Verimliliği* değerlerini beyan ederek gerekli teknik dokümantasyonu sağlamakla yükümlü olacaklardır.
- *SEPR ve Mahal Soğutmasında Mevsimsel Enerji Verimliliği* değerleri daha gerçekçi işletme şartlarına bağlı olarak elde edildiğinden, enerji verimliliği konusunda daha objektif karşılaştırmalar yapma imkanı doğacaktır.
- Enerji verimli bir tesisin rekabet avantajı ve kârlılık oranı artacaktır.
- Yüksek verimli ve düşük GWP’li soğutma teknolojisinin kullanımı, son kullanıcının toplam CO₂ emisyonunu azaltacaktır. Bu sonuç, işletme tarafından bir pazarlama argümanı olarak kullanılabilir. Şurası bir gerçek ki, satın alma kararları verilirken ürünlerin “yeşil” olmaları konusundaki toplumsal hassasiyet gün geçtikçe artmaktadır.

2.3.3 Chiller ve Entegre Doğal Soğutma Bataryalı Sistemler (Free Cooling Chillerler)

Enerji verimliliğinin mekanik tesisatlarda giderek ön plana çıkması, tesislerde enerji tüketiminin hatırı sayılır bir kısmını oluşturan soğutma gruplarının tasarımlarını da etkilemeye başlamıştır. Geleneksel chillerlerden farklı olarak entegre doğal soğutma bataryalı gruplar uygulamalarda kendilerini hissettirir olmuştur. Örneğin, İngiltere’de yıllık soğutma ihtiyacının % 62’sinin doğal soğutma ile sağlanmasında entegre doğal soğutma bataryalı su soğutma gruplarının etkisi vardır. Bu ülkede yıllık soğutma ihtiyacının yalnızca % 38’i mekanik soğutma ile sağlanmaktadır. Entegre doğal soğutma bataryalı gruplar proses soğutma uygulamaları için ciddi enerji verimliliği sağlayan alternatif sistemlerdir. Hem mekanik soğutma hem de doğal soğutma (kısmi ve tam) yapabilme kabiliyetine sahiptir.

Şekil 2.11’de entegre doğal soğutma bataryalı su soğutma grubunun kasetlenmiş ünite halinde resmi yer almaktadır. Doğal soğutma bataryası hava soğutmalı kondenser bataryasının ünitenin hava giriş yönüne göre ön kısmına yerleştirilir. Ortam sıcaklığının

dönüş suyu sıcaklığının altına düşmesi ile birlikte kontrol vanası dönüş suyunu doğal soğutma bataryasına ön soğutma ya da tam doğal soğutma amaçlı olarak gönderir.

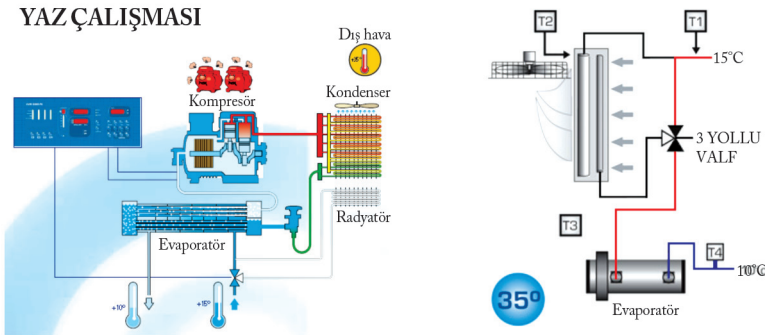


Şekil 2.11 Entegre doğal soğutma bataryalı hava soğutmalı chiller
(Kaynak: Erbay ve Airedale)

Aşağıda yaz, kış ve bahar dönemlerinde entegre doğal soğutma bataryalı hava soğutmalı su soğutma gruplarının çalışma mantığı görsel olarak verilmektedir. Kuru soğutma sistemlerinde de temel olarak aynı yaklaşım mevcut olup, grup ile kuru soğutucu ayrı üniteler olarak çalışmaktadır.

Yaz Mevsimi Çalışma Koşulu

Ortam sıcaklığı istenilen soğuk su sıcaklık değeri ve dönüş suyu sıcaklık değerinin üzerindedir. Soğuk su ihtiyacı tamamen geleneksel soğutma çevrimi içerisinde soğutma grubunun kompresörünün çalışması ile sağlanır. Doğal soğutma bataryası çalışmamaktadır (Şekil 2.12).

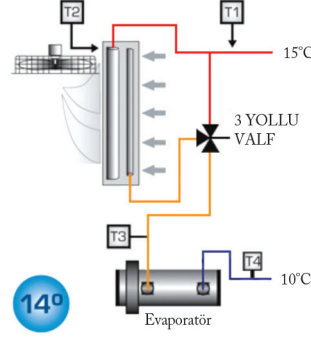
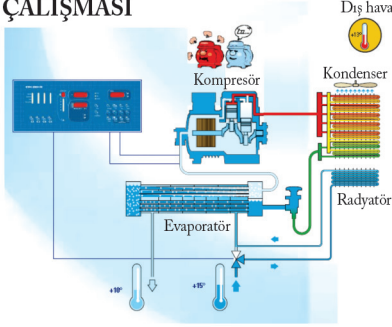


Şekil 2.12 Entegre doğal soğutma bataryalı soğutma grubu yaz mevsimi çalışma koşulu
(Kaynak: Climaveneta ve TPC)

Geçiş Mevsimleri Çalışma Koşulu

Ortam sıcaklığı istenilen soğuk su sıcaklık değerinin üzerinde ve dönüş suyu sıcaklık değerinin altındadır. Soğutma dönüş suyu öncelikli olarak doğal soğutma bataryasından geçirilerek ortam havası ile ön soğutma yapılır. Doğal soğutma kapasitesi ortam sıcaklık değerine bağlıdır. Üç yollu vana ve kontrol ünitesi vasıtası ile doğal soğutmadan yararlanılır (Şekil 2.13).

GEÇİŞ DÖNEMİ ÇALIŞMASI

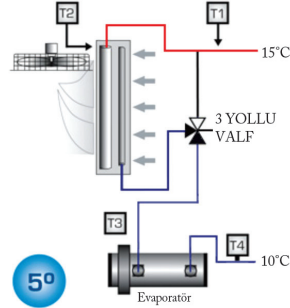
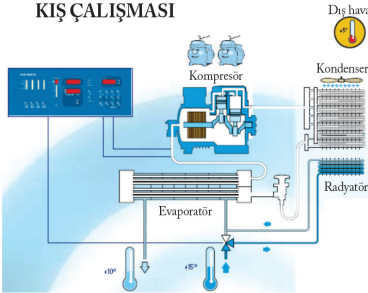


Şekil 2.13 Entegre doğal soğutma bataryalı su soğutma grubu bahar mevsimleri çalışma koşulu (Kaynak: Climaveneta ve TPC)

Kış Mevsimi Çalışma Koşulu

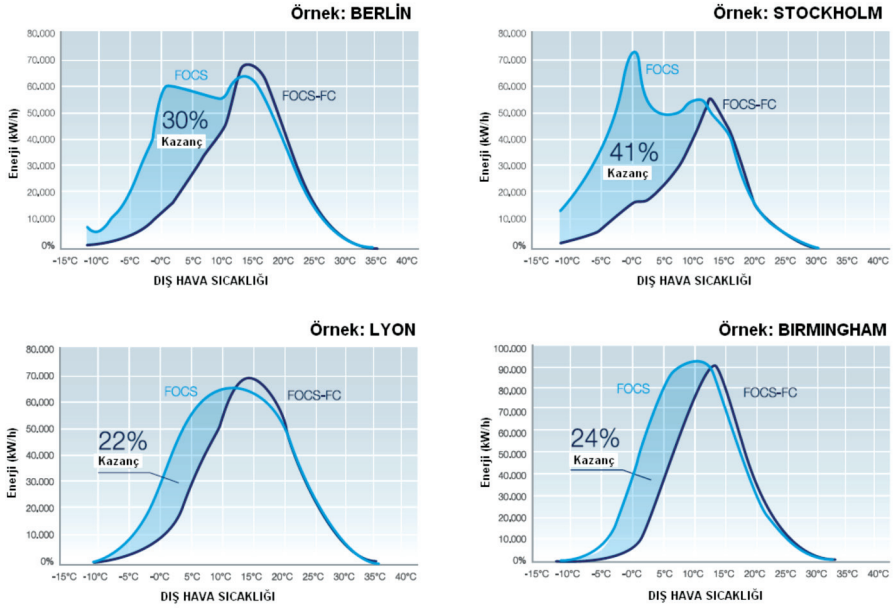
Ortam sıcaklığı istenilen soğuk su sıcaklık değeri ve dönüş suyu sıcaklık değerinin altındadır. Sistemde ihtiyaç duyulan soğuk su tamamen ortam havası vasıtası ile doğal soğutma bataryası tarafından sağlanır. Bu durumda soğuk su elde edilmesi için harcanacak enerji yalnızca soğutma grubunun üzerindeki fanların çektiği güç kadar olacaktır (Şekil 2.14).

KIŞ ÇALIŞMASI



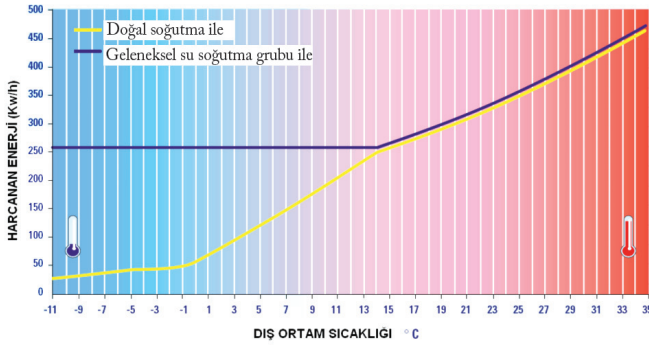
Şekil 2.14 Entegre doğal soğutma bataryalı su soğutma grubu kış mevsimi çalışma koşulu (Kaynak: Climaveneta ve TPC)

Doğal soğutmanın iklimlendirme sistemlerinde kullanılması esnasında oluşan kazancı göstermek amaçlı olarak chiller üreticisi bir firmanın entegre doğal soğutma bataryalı chillere yönelik olarak Avrupa'nın dört farklı şehrinde yaptığı ölçümlere bağlı sonuçlar aşağıda grafikler halinde verilmiştir (Şekil 2.15). Soğuk iklim bölgelerindeki yerleşimlerde doğal soğutma veriminin yükseldiği açıklıkla görülmektedir.



Şekil 2.15 Avrupa'daki dört farklı şehirde çalışan klima sistemine uygulanan doğal soğutma bataryalı gruba ait dış sıcaklık verilerine bağlı enerji kazanç değerleri
(Kaynak: Climaveneta)

Aynı üreticinin Milano şehrindeki bir başka soğutma sistemi için entegre doğal soğutmalı chiller uygulamasından çıkan sonuçlar aşağıdaki Şekil 2.16'da görülebilir ($T_{\text{dış ortam sıcaklığı}} 30^{\circ}\text{C}$, $T_{\text{su gidiş / dönüş}} 10^{\circ}\text{C}/15^{\circ}\text{C}$, glikol karışımı % 30). Bu örnekte elde edilen verim, üreticinin yaklaşımı ile % 27,6'dır.



Şekil 2.16 Milano şehrinde çalışan klima sistemine uygulanan 1.123 kW soğutma kapasiteli chillere ait dış sıcaklık verilerine bağlı doğal soğutma karşılaştırma değerleri (Kaynak: Climaveneta)

2.3.3.1 Ülkemizde Bin Değerlerine Bağlı Olarak İki Farklı İlimize Ait Karşılaştırmalar

Soğutma sistemi proje aşamasında iken doğal soğutma uygulanmasının avantajlı olup olmadığının belirlenebilmesi ve sağlıklı bir yatırım kararı alınabilmesi için sıcaklık değerlerin yıllık tekrar edilme sıklıklarının bilinmesi (bin değerleri) ve bu verilerin değerlendirilmesi (bin metodu) çok önemlidir. Bin değerleri, günlük belirli zaman dilimlerinde aralıklara bölünmüş sıcaklık değerlerinin yıl içerisinde kaç saat görüldüğünü gösteren verilerdir. Tablo 2.9'da İstanbul için yıllık toplam bin değerleri verilmiştir. Bu uygulamada; chiller nominal soğutma kapasitesi 132 kW, kompresör ve kondenser fanları toplam gücü sırasıyla 69,2 KW ve 10 KW alınmıştır. Kuru soğutucu kapasitesi 137,6 kW ve toplam fan gücü 1,8 KW kabul edilmiştir. Günlük toplam işletme süresi 20 saattir. 2015 yılında yapılan çalışmanın (Pusat ve arkadaşları) sonuçlarına dayanan ve güncel meteorolojik verileri esas alan 2 °C aralıklı bin değerleri kullanılmıştır.

Tablo 2.9 Kuru Soğutucu ve Soğutma Grubu Birlikte Çalışma Senaryosu (İstanbul)

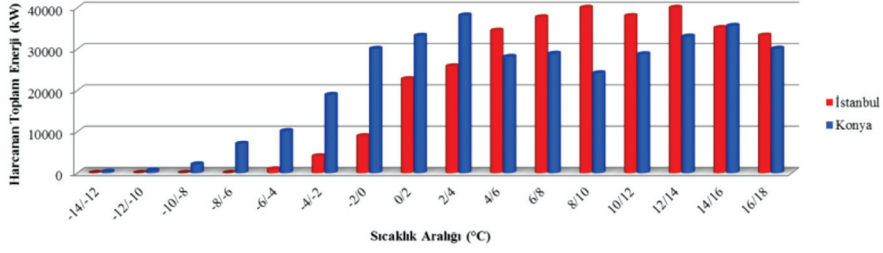
* İstanbul Bin Değerleri	0	0	0	0	0	0	17	76	167	425	483	644	654	696	659	789	609	577
Günde 20 saat çalışma (saat/Yıl)	0	0	0	0	0	0	14	63	139	354	403	537	545	580	549	658	508	481
Sıcaklık Aralığı (°C)	-16/-14	-14/-12	-12/-10	-10/-8	-8/-6	-6/-4	-4/-2	-2/0	0/2	2/4	4/6	6/8	8/10	10/12	12/14	14/16	14/16	16/18
%100MEKANİK SOĞUTMA																		
Harcanan Enerji (kW/h)	59,2	59,2	59,2	59,2	59,2	64,2	64,2	64,2	64,2	64,2	64,2	64,2	69,2	69,2	69,2	69,2	69,2	69,2
Harcanan Toplam Enerji (KWh/Yıl)	0	0	0	0	0	910	4066	8935	22738	25841	34454	37714	40136	38002	45499	35119	33274	33274
Saatlik Enerji Bedeli (€/kWh)	0,10€																	
Enerji Bedeli (€)	0	0	0	0	0	91	407	893	2.274	2.584	3.445	3.771	4.014	3.800	4.550	3.512	3.327	3.327
TOPLAM Enerji Bedeli	32.669€																	
Harcanan Enerji (kW/h)	KURUSOĞUTUCU										KURUSOĞUTUCUVE CHILLER					CHILLER		
	0,22	0,22	0,22	0,43	0,43	0,43	0,65	0,65	0,65	0,86	1,08	1,08	14,92	35,14	48,80	62,55	69,20	69,20
Harcanan Toplam Enerji (kW)	0	0	0	0	0	6	41	90	306	435	580	8131	20381	26799	41127	35119	33274	33274
Saatlik Enerji Bedeli (€/kWh)	0,10 €																	
Harcanan Enerji Bedeli (€)	0	0	0	0	0	1	4	9	31	43	58	813	2.038	2.680	4.113	3.512	3.327	3.327
TOPLAM Harcanan Enerji Bedeli	16.629 €																	
HESAPLAR	YILLIK KAZANÇ (EURO)										ENERJİ KAZANCI (%)					* Geri Dönüş (Yıl)		
**Ürün Maliyeti 24.000 Euro	16.040 €										0,49					1,5		

* Bin değerleri, Pusat ve arkadaşlarının "Üç Büyük Şehir Merkezi İçin Bin-Data Değerlerinin Belirlenmesi" başlıklı TESKON 2015 bildirisiinden alınmıştır.

** Hesaplamalar, A enerji sınıfı kuru soğutucu için yapılmıştır.

Tablo 2.9'dan anlaşılacağı üzere, İstanbul'da 4 °C-6 °C arasındaki sıcaklık değerleri yıl içerisinde 644 saat görülmüştür ve 1989-2012 arasındaki 23 yıllık değerlerin ortalamasıdır.

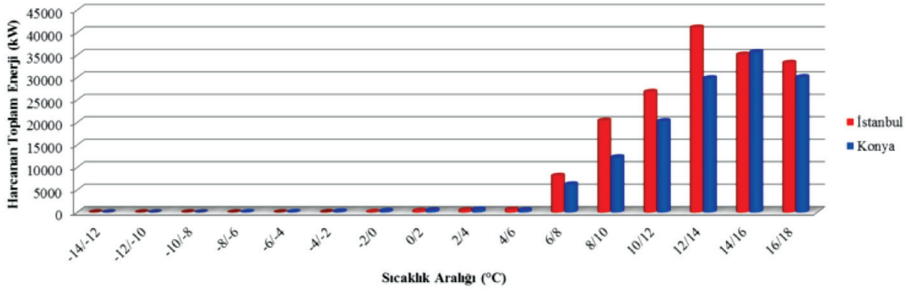
Tablo 2.10 Kuru Soğutucu ve Soğutma Grubu Birlikte Çalışma Senaryosu (Konya)																			
* Konya Bin Değerleri	0	6	11	43	144	190	354	562	621	713	526	501	419	499	573	618	522		
Günde 20 saat çalışma (saat/Yıl)	0	5	9	36	120	158	295	468	518	594	438	418	349	416	478	515	435		
Sıcaklık Aralığı (°C)	-16/-14	-14/-12	-12/-10	-10/-8	-8/-6	-6/-4	-4/-2	-2/0	0/2	2/4	4/6	6/8	8/10	10/12	12/14	14/16	16/18		
%100 MEKANİK SOĞUTMA																			
Harcanan Enerji (kW/h)	59,2	59,2	59,2	59,2	59,2	64,2	64,2	64,2	64,2	64,2	64,2	69,2	69,2	69,2	69,2	69,2	69,2		
Harcanan Toplam Enerji (KWh/Yıl)	0	296	543	2121	7104	10165	18939	30067	33224	38146	28141	28891	24162	28776	33043	35638	30102		
Saatlik Enerji Bedeli (€/kWh)	0,10 €																		
Enerji Bedeli (€)	0	30	54	212	710	1.017	1.894	3.007	3.322	3.815	2.814	2.889	2.416	2.878	3.304	3.564	3.010		
TOPLAM Enerji Bedeli	34.936 €																		
	KURUSOĞUTUCU										KURUSOĞUTUCUVE CHILLER					CHILLER			
Harcanan Enerji (kW/h)	0,22	0,22	0,22	0,43	0,43	0,43	0,65	0,65	0,86	1,08	1,08	14,92	35,14	48,80	62,55	69,20	69,20		
Harcanan Toplam Enerji (kW)	0	1	2	15	52	68	191	303	447	642	473	6229	12270	20293	29868	35638	30102		
Saatlik Enerji Bedeli (€/kWh)	0,10 €																		
Harcanan Enerji Bedeli (€)	0	0	0	2	5	7	19	30	45	64	47	623	1.227	2.029	2.987	3.564	3.010		
TOPLAM Harcanan Enerji Bedeli	13.659 €																		
HESAPLAR	YILLIK KAZANÇ				ENERJİ KAZANCI											Geri Dönüş (Yıl)			
**Ürün Maliyeti 24.000 €	21.276 €				0,61											1,1			
* Bin değerleri, Pusat ve arkadaşlarının "Üç Büyük Şehir Merkezi İçin Bin-Data Değerlerinin Belirlenmesi" başlıklı TESKON 2015 bildirisi'nden alınmıştır. Ankara ilinin bin değerleri esas alınmıştır.																			
** Hesaplamalar, A enerji sınıfı kuru soğutucu için yapılmıştır.																			



Şekil 2.17 İstanbul ve Konya'nın % 100 mekanik soğutmada enerji kıyaslaması

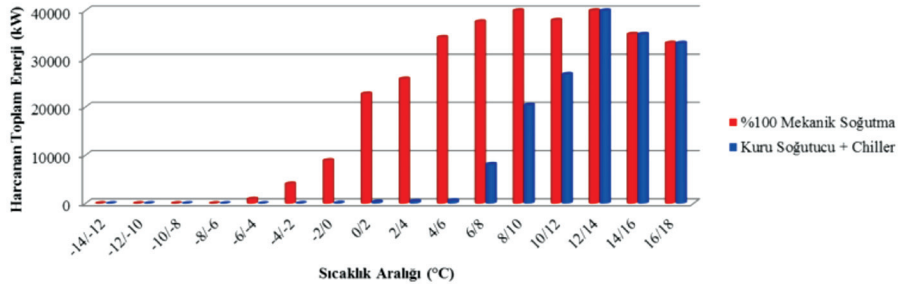
Şekil 2.17'de İstanbul ve Konya illeri için kuru soğutucu kurulmadan önceki tesisin soğutma için harcadığı toplam enerji miktarları, 2 °C dış hava sıcaklık aralıklarına göre gösterilmiştir.

Kısmi soğutma ve % 100 doğal soğutma yapılması durumunda İstanbul ve Konya için harcanacak enerji miktarlarını gösteren grafik Şekil 2.18'de verilmiştir.

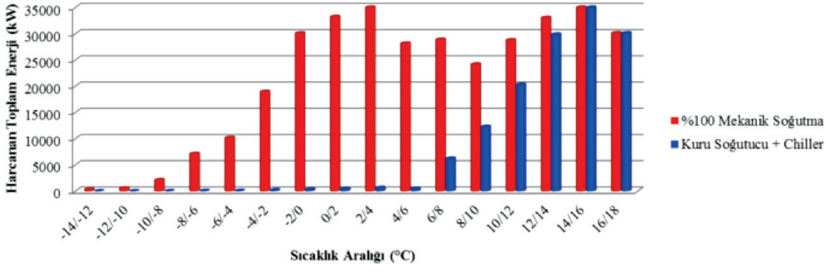


Şekil 2.18 Kısmi ve doğal soğutma ile harcanan enerji miktarları

Şehirlere ait mekanik ve doğal soğutma olarak enerji harcamaları Şekil 2.19 ve Şekil 2.20'de görülmektedir.



Şekil 2.19 İstanbul'da % 100 mekanik soğutma ve chiller+kuru soğutucu çalışma karşılaştırması



Şekil 2.20 Konya'da % 100 mekanik soğutma ve chiller+kuru soğutucu çalışma karşılaştırması

Sonuç olarak, üretimde makinelerin kalıp ve yağ devrelerinin soğutulması, malzemenin ısırl işlemi sonrası soğutulması, kaplama havuzlarının, kesme ve işleme yağlarının istenen özellikte kalması için belirli sıcaklıklarda tutulması gibi birçok imalat aşamasında yaz-kış soğutmaya ihtiyaç duyulmaktadır.

Yıl boyu soğutma suyu kullanan ve mevcut bir hava soğutmalı chiller sistemi olan tesisler için gerekli soğutma yükünü karşılayacak bir kuru soğutucu seçilerek, bu entegrasyon sonucundaki enerji maliyetleri karşılaştırılmıştır. Soğutma sisteminin kurulu olduğu veya kurulacağı bölgenin iklim koşulları ile istenen soğutma suyu sıcaklıkları doğal soğutmadan elde edilebilecek faydanın belirlenmesinde en önemli unsurlardır.

Dış hava sıcaklığı soğutma suyu dönüş sıcaklığının 2 °C altına düştüğünde, kısmi doğal soğutma, 10 °C altına düştüğünde ise % 100 doğal soğutma yapılacak şekilde her iki ilin bin değerleri kullanılarak enerji maliyetleri hesaplanmıştır. Yoğun enerji tüketiminin olduğu endüstriyel soğutma tesislerinde sürdürülebilir çevre ve işletme maliyetlerinin azaltılması açısından kuru ve ıslak/kuru soğutucuların önemli bir katkı sağladığı görülmektedir.

2.3.4 Kuru Soğutucular

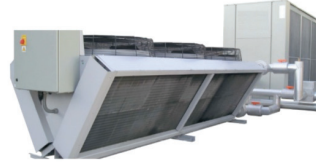
Su soğutma işleminde kullanılan kanatlı-borulu ısı değiştiricili bir diğer çözüm de *Kuru Soğutucu* olarak adlandırılan sistemlerdir (Şekil 2.21). Plastik, kimya, enerji vb. sektörlerdeki proses su soğutma tesisleri için ideal çözümdür ve kullanım alanları oldukça yaygındır. Temel mantık, sistemdeki dönüş suyu yükünün bir fanlı eşanjör sistemi yardımıyla havaya aktarılmasıdır. Fanlar (vantilatörler) ile emilen havanın kanatlar (lameller) arasından geçerken boru içindeki akışkanı soğutması esasına göre çalışır.



Şekil 2.21a Yatık tip kuru soğutucu
(Kaynak: Friterm)



Şekil 2.21b V tipi kuru soğutucu
(Kaynak: Friterm)



Şekil 2.21c Soğutma grubu ve kuru soğutucu uygulaması (Kaynak: ICS)

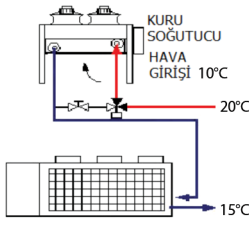
Kuru soğutucularda elde edilen su sıcaklığı ortamın kuru termometre sıcaklığına bağlıdır ve bu nedenle de kuru soğutucu olarak anılır. Kuru soğutucular ile kuru termometre sıcaklığının yaklaşık 5 °C üzerine kadar soğutulmuş su elde edilebilir. Daha düşük sıcaklıklarda soğutma suyuna ihtiyaç duyulan uygulamalarda ıslak/kuru soğutucular kullanılır.

Kuru soğutucular yukarıda açıklaması yapılan entegre doğal soğutma bataryalı sistemler ile aynı mantıkta çalışmaktadır. Tesiste kurulmuş bir chiller mevcutsa ve düşük ortam sıcaklıklarında doğal soğutma işleminden faydalanılmak isteniyorsa kuru soğutucu sistemler bu durum için idealdir.

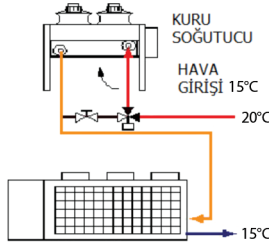
Kuru soğutucular plastik, kimya, enerji, iklimlendirme vb. sektörü içindeki uygulamalarda bir chiller ile birlikte kullanılabileceği gibi ayrıca soğutma suyu sıcaklıklarına bağlı olarak tek başına da kullanılabilmektedir (Şekil 2.22a, 2.22b, 2.22c).

Kuru Soğutucuların Avantajları

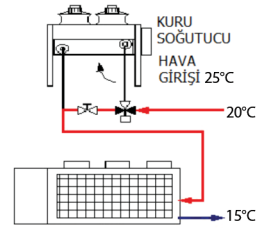
- Soğutma kulelerine alternatif çözümdür.
- Sistemin kapalı devre çalışması sayesinde soğutma suyunun azalması problemiyle karşılaşılmaz, sürekli su ekleme gerekmez, kullanım suyu maliyetini düşürür.
- Kapalı devre çalışma sistemi sayesinde soğutma devresinde kirlenme meydana gelmez,
- Düşük bakım-işletme maliyetine sahiptir.
- Otomatik kontrol ile hassas kontrol imkanına sahiptir.
- Daha az kurulum hacmi gerektirir.
- Doğal soğutma ile enerji tasarrufu sağlar.
- Verimlilikleri yüksek, ses seviyeleri düşük fanlar ile enerji tasarrufu sağlar ve gürültü kirliliğini engeller.
- Legionella bakterisi oluşum riski yoktur.
- Çevre dostudur.



Şekil 2.22a % 100 Doğal soğutma



Şekil 2.22b Kısmi doğal soğutma
(Kaynak: TPC)



Şekil 2.22c % 100 Mekanik soğutma

Not: Yukarıda şeması verilen sistem uygulaması fikir verme amaçlıdır. Farklı kontrol uygulamaları ve farklı kuru soğutucu - soğutma grubu çalışma sistemleri de uygulamak mümkündür.

2.3.5 Islak/Kuru Soğutucular

Islak/kuru soğutucular, temel prensip olarak kuru soğutucular gibi çalışır. Sistemde gerektiğinde ek soğutma sağlayacak bir su spreyleme sistemi bulunmaktadır. Spreylenen su, giriş havasında adyabatik soğutma etkisi meydana getirir. Sistemdeki akışkanın dış ortam sıcaklığından daha düşük sıcaklık değerlerine kadar soğutulması gerektiğinde, basınçlı su püskürtme sistemi devreye girerek giriş havasını neme doyurur ve hava sıcaklığını ortam sıcaklığının altına düşürür.

Su püskürtme sistemi yıl boyunca yalnız en sıcak günlerdeki belli saatlerde termostat kontrollü olarak devreye girip, ihtiyaç duyulan ek soğutmayı sağlayarak özel durumlar için ek soğutma sistemi ihtiyacını ortadan kaldırır. Diğer zamanlarda kuru çalışma olacağı için sistemde su tüketimi yoktur. Spreyleme sistemi kuru soğutucuların yanı sıra hava soğutmalı chillerlerin kondenserlerine de uygulanabilir. Islak/kuru soğutucular temel mantık aynı olmak üzere üç farklı biçimde uygulanabilirler.

2.3.5.1 Doğrudan Su Spreyleme Sistemli Islak/Kuru Soğutucular

Aralıklı olarak yerleştirilmiş nozullardan giriş havasına püskürtülen su zerrecikleri giriş havasını neme doydurmakta ve ortam yağ termometre sıcaklığına yaklaştırmaktadır. Spreyleme sisteminde kullanılan suyun sertliği alınmış ve filtrelenmiş olması gerekir; aksi halde eşanjör kanatları üzerinde biriken kireç ve tortu, zamanla eşanjörün kapasitesini düşürecek ve ömrünün kısalmasına neden olacaktır. Bu etkiyi önlemek

için bir ağ sistemi üzerine su spreyleme yapılan *Ağ Üzeri Su Spreyleme Sistemli* ıslak/kuru soğutucular geliştirilmiştir. Islak/kuru soğutucularda aşındırıcı etkiye karşı ek önlem olarak epoksi kaplı lamel kullanılmalıdır. Epoksi kaplama, ortamdaki tuz ve aside karşı oldukça yüksek dayanıma sahiptir. Ünitelerin epoksi toz boyalı galvaniz sac ya da ileri korozyon ortamlarda paslanmaz çelik olması tercih edilir. Su kulesine kıyasla suyun zararlı etkilerine çok daha az maruz kalmasına karşın, ıslak/kuru soğutucuların uzun ömürlü olması için bu önlemlerin alınması önemlidir.

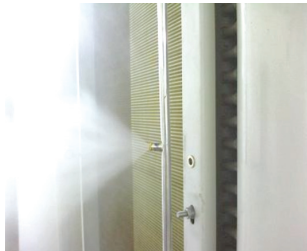


Şekil 2.23 Doğrudan su spreyleme sistemli ıslak/kuru soğutucu (Kaynak: Friterm)

Giriş havasının neme doyurulabilmesi amacıyla harcanacak su miktarı, kullanılan püskürtücüye ve püskürtme basıncına göre değişiklik gösterir. Seçim, ortam havasının bağıl nemine bağlıdır; bağıl nemi % 100'e mümkün olduğunca yaklaştırmak için yeterli miktarda ve kalitede su püskürtüldüğünden emin olunmalıdır. Bu nedenle tamamen buharlaşacak miktardan bir miktar daha fazla su püskürtülür ve artan su ortamda sıvı olarak kalır. Bu önlem, püskürtme sisteminin performansında zamanla oluşabilecek kayıplara karşı da emniyet sağlar.

2.3.5.2 Sisleme (Fogging) Sistemli Islak/Kuru Soğutucular

Doğrudan su spreyleme sistemlerine benzer bu uygulamada yüksek basınçta (7000 kPa) nozullardan 35 mikronun altında püskürtülen su zerrecikleri giriş havasını neme doyurmakta ve ortam yaşı termometre sıcaklığına yaklaştırmaktadır. Bu sistemde de spreyleme sisteminde olduğu gibi kullanılan suyun sertliği alınmış ve filtrelenmiş olması gerekir.



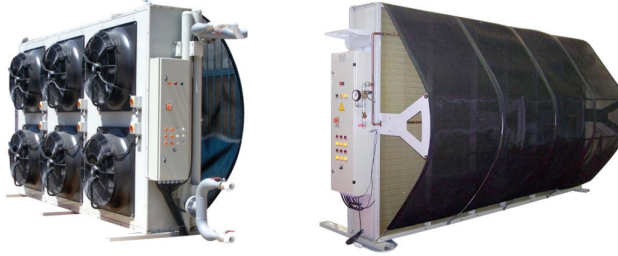
Şekil 2.24 Sisleme sistemli ıslak/kuru soğutucu (Kaynak: Friterm)

2.3.5.3 Ağ Üzeri (Ecomesh) Su Spreyleme Sistemli Islak/Kuru Soğutucular

Ağ üzeri (Ecomesh) su spreyleme sistemi, kuru soğutucuların ön kısmına yerleştirilmiş geniş ve sık gözlü ağ yapılı malzemenin üzerine belirli mesafelerde bulunan nozullardan aralıklı olarak sistemin ihtiyacı kadar su spreyleme esasına dayanmaktadır. Püskürtülen suyun adyabatik olarak buharlaşması sonucu ısı değiştirgeci yüzeyine temas eden giriş havası sıcaklığının düşürülerek, soğutmada verimin artırılması amaçlanmaktadır.

Daha önce de açıklandığı üzere su spreyleme, giriş havasında adyabatik soğutma etkisi meydana getirir. Belirlenmiş set değerlerinin aşılması ile kontrol sistemi ısı değiştiricisine giren hava sıcaklığını düşürmek için su spreyleme işlemini başlatır. Çok kuru iklim şartlarında su spreyleme sistemi, giriş havası için 15 °C ile 20 °C arası değerlere varan adyabatik soğutma sağlayabilir.

Su spreyleme sisteminin çalışma süresi ve frekans ayarı, sistem performansının optimizasyonu ve su tüketiminin en aza indirilmesi amacı ile sürekli olarak kontrol cihazı tarafından belirlenir. Su, ısı değiştirici yüzeyine doğrudan püskürtülmediği, ağ yüzeyine püskürtüldüğü için lamellerin üzerinde kireç tabakası oluşmaz. Böylelikle ısı transfer verimliliğinin düşmesi engellenir. Bu sistemde su yumuşatma işlemine gerek kalmamaktadır.



*Şekil 2.25a, 2.25b Ağ Üzeri Su spreyleme sistemli ıslak/kuru soğutucu
(Kaynak: Friterm)*

Tablo 2.11.'de Ecomesh çalışma prensibi verilmiştir. Örneğin, operatör $H=35^{\circ}\text{C}$ bir üst ayar sıcaklığı tanımlamış ise, bu sıcaklığın altında spreyleme süresini 1. durumun 1. ayarında 30 saniye ve iki spreyleme arası durma süresini 1. durumun 2. ayarında 30 saniye ayarlayabilir. Ortam sıcaklığı 35°C üzerine çıktığı zamanlar da ise spreyleme süresini 2. durumun 3. ayarında 60 saniye ve iki spreyleme arası durma süresini 2. durumun 4. ayarında 15 saniye ayarlayarak spreyleme yoğunluğunu değiştirebilir. 5 ve 6 no'lu ayarlar ile bağımsız kontrol senaryosu da mevcuttur.

Tablo 2.11 Ağ Üzeri (Ecomesh) Spreyleme Kontrol Cihazı Çalışma Prensibi

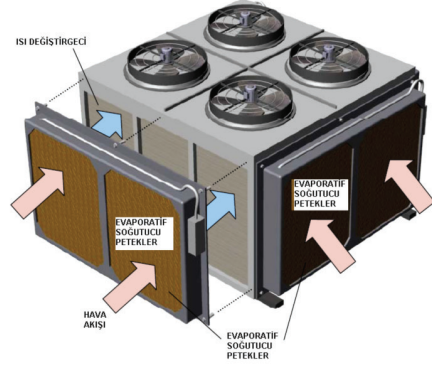
1.Durum: "t" ortam sıcaklığının L (Alt Sınır Ayar Sıcaklığı) ve H (Üst Sınır Ayar Sıcaklığı) arasında olması durumu		2.Durum: "t" ortam sıcaklığının H'nin (Üst Sınır Ayar Sıcaklığı) üzerinde olması durumu	
L < t < H		t > H	
1	Ortam sıcaklığının (t), belirlenen alt sınır set sıcaklığı (L) ile üst sınır set sıcaklığı (H) arasında bir değerde olması durumunda spreyleme yapılma süresi (Saniye)	3	Ortam sıcaklığının (t), belirlenen üst sınır set sıcaklığı (H) üzerinde bir değerde olması durumunda spreyleme yapılma süresi (Saniye)
2	Ortam sıcaklığının (t), belirlenen alt sınır set sıcaklığı (L) ile üst sınır set sıcaklığı (H) arasında bir değerde olması durumunda iki spreyleme arası zaman (Değer x 60 saniye)	4	Ortam sıcaklığının (t), belirlenen üst sınır set sıcaklığı (H) üzerinde bir değerde olması durumunda iki spreyleme arası zaman (Değer x 60 saniye)
3. Durum: Sıcaklık değerlerinden bağımsız olarak çalışma			
5	Sıcaklık değerlerinden bağımsız olarak çalışma durumunda spreyleme yapılma süresi (Saniye)		
6	Sıcaklık değerlerinden bağımsız olarak çalışma durumunda iki spreyleme arası zaman (Değer x 60 saniye)		

2.3.5.4 Evaporatif Ön Soğutuculu Kuru Soğutucular

Evaporatif ön soğutuculu kuru soğutucuların çalışmasındaki temel mantık da ortam sıcaklığını yaşı termometre sıcaklığına yaklaştırmaktır. Isı değiştiricilerinin ön kısmına yerleştirilen evaporatif peteklerin üzerinden şebeke basıncındaki suyun akıtılarak peteklerin ıslatılması vasıtası ile havanın evaporatif ön soğutması sağlanır. Ön soğutucuların tasarımları imalatçı firmalara göre farklılık göstermekle birlikte kasetleme malzemesi genellikle paslanmaz çeliktir. Petekler farklı kalınlıklarda imal edilebilir. Su, ünitenin yukarısında yer alan dağıtım borusundan püskürtülür ve ünitenin altında toplanarak sirküle ettirilir. İlave su ise, şebekeden sağlanır.



Şekil 2.26a *Evaporatif ön soğutuculu
kuru soğutucu*
(Kaynak: Baltimore Aircoil)

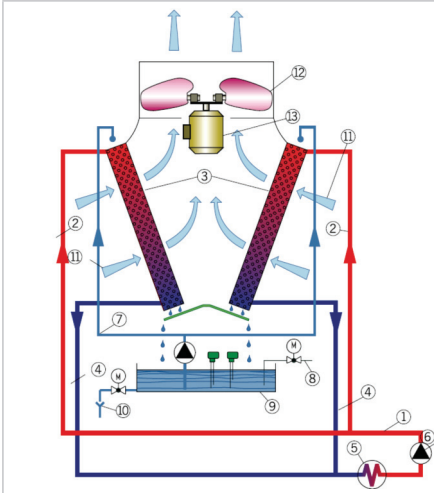


Şekil 2.26b *Evaporatif Ön soğutuculu
kuru soğutucu şematik*
(Kaynak: Baltimore Aircoil)

Ön soğutma performansı hava şartlarına ve ünite verimliliğine doğrudan bağlı olmasına karşın, BSRIA (Building Services Research and Information Association) hesapları bize Londra gibi bir yerde enerji tasarrufunun % 10-12 olabileceğini göstermektedir. Evaporatif soğutucu peteklerin, uygulanacakları ünitenin giriş havası basınç kaybını yükselteceği ve buna uygun fan ve motor seçimi yapmak gerekliliği unutulmamalıdır. Evaporatif ön soğutucu sistemin en büyük dezavantajı, havadan gelen toz ve kirin peteklerde toplanmasıdır. İyi bir temizlik ve bakım işlemi yapılmadığı sürece legionella vb. bakterilerin su haznesinde oluşması engellenemez. Dolayısıyla mutlaka sık periyotlarda bakım gerektirmektedir. Evaporatif soğutuculu sistemlerin işletme maliyetleri son derece düşüktür. Kış aylarında adyabatik ön soğutma gerekmediğinden, petekler kolayca sökölüp depolanabilir.

2.3.5.5 Hibrid Kuru Soğutucular

Spreyleme sistemli bir diğer ıslak/kuru soğutucu tip “*Hibrid Kuru Soğutucu*” olarak adlandırılan sistemdir. Temel olarak diğer adyabatik soğutucular ile aynı mantıkta çalışır. Bir su haznesinden sağlanan su doğrudan lameller üzerine verilmekte ve bu şekilde sirküle ettirilmektedir (Şekil 2.27a, b, c). Bu sistemlerde suyun sertliği alınmış olması veya belirli zamanlarda hızla blöf edilmesi gerekir.



Şekil 2.27a

Hibrid Kuru Soğutucu

1. Proses Soğutma Dönüş Hattı
2. Proses Soğutma Hattı Giriş Borusu
3. Kanatlı Borulu Bataryalar
4. Proses Soğutma Gidiş Hattı
5. Proses Isı Kaynağı
6. Soğutma Devresi Pompası
7. Nemlendirme - Islatma Suyu Çevrimi
8. Besleme Suyu
9. Su toplama Haznesi
10. Atık Su Çıkışı
11. Giriş Havaşı
12. Aksiyal Fan
13. Aksiyal Fan Motoru



Şekil 2.27b



Şekil 2.27c

2.3.6 Kuru ve Islak Kuru Soğutucuların Tasarım ve Performans Kriterleri

2.3.6.1 Temel Tasarım Verileri

Bir kuru soğutucunun ihtiyaç duyulan performansı gösterebilmesi için dikkat edilmesi gereken tasarım kriterleri vardır. Diğer bir deyişle, bazı noktalar belirlenmeden verilen soğutma kapasitesi bilgisi anlamlı değildir.

Doğal soğutma sistemlerinde kullanılan kuru soğutucuların tasarım ve seçimi için gerekli veriler; ünitenin boyutları, ortam giriş havaşı kuru ve yaş termometre sıcaklıkları, proses su giriş ve çıkış sıcaklıkları, su debisi, su tarafı basınç kaybı, glikol oranı ve istenen soğutma kapasitesi değerleridir.

Üretici firmalar, yukarıda belirtilen tasarım verileri ve istenen ek özelliklerin bilinmesi sureti ile kendi üretim tekniklerine uygun olarak kuru soğutucu tasarımı ve imalatı yapabilir. Üretici firmanın performans onaylı tasarım yazılımının olması ve bataryaların bu yazılım/program yardımı ile tasarlanması sonradan ortaya çıkabilecek telafisi zor olumsuz durumları önlemede çok önemlidir.

2.3.6.2 Akışkan Özellikleri

Sistemin soğutma suyu ihtiyacında % 100 su kullanılabileceği gibi, sıfırın altındaki dış ortam sıcaklığında çalışan sistemlerde donmayı önlemek için glikol-su karışımı (salamuralı) suyun kullanılması gerekmektedir. Örneğin, hacmen % 20 etilen-glikollü bir karışım yaklaşık -8°C , % 30 etilen-glikollü bir karışım ise yaklaşık -16°C 'a kadar koruma sağlar (Tablo 2.12).

Kuru Soğutucularda Donma

Kış aylarında kuru soğutucularda donma riskine karşı önlem alınmalıdır. Aksi takdirde, akışkanın donması sonucu borularda oluşacak tahribatın onarılması neredeyse imkansızdır (onarım yapılabilse bile, getireceği ek maliyetin yanında, kuru soğutucunun performansının düşmesi de söz konusudur). Ülkemizde, donma sonucu kullanılamaz hale gelmiş kuru soğutucuların tamamen yenilenmek zorunda kaldığı örneklere sıklıkla rastlanmaktadır. Şekil 27'de donma sonucu bir kuru soğutucunun borularında meydana gelmiş tipik hasar gösterilmektedir.



*Şekil 2.28 Donma sonucu kuru soğutucu borularında meydana gelen tipik bir hasar
(Kaynak: Friterm)*

Donma riskine karşı genel olarak uygulanan önlem, sistemin kullanım dışı bırakıldığı soğuk havalarda kuru soğutucu içindeki suyun boşaltılmasıdır. Bununla birlikte,

borulama yapısından dolayı kuru soğutucu içindeki suyun tam olarak boşaltılması mümkün olmadığından, soğutma suyuna yeterli oranda antifriz (etilen-glikol) katılması gereklidir. Bu işlem ülkemizde sıklıkla meydana gelen plansız elektrik kesintilerinden dolayı yaşanabilecek donma olaylarını önlemek için de gerekli bir durumdur.

Tablo 2.12’de antifriz oranına göre karışımların donma noktası verilmiştir. Burada dikkat edilmesi gereken nokta glikol oranının % 60’ının üstüne çıkması durumunda donma sıcaklıklarının yükselmeye başlamasıdır.

Tablo 2.12 Antifriz Oranına Göre Karışımın Donma Noktası

Hacimsel Karışım Oranı	Donma Sıcaklığı
% 100 Su	0 °C
% 90 Su + % 10 Glikol Karışımı Durumunda	-3 °C
% 80 Su + % 20 Glikol Karışımı Durumunda	-8 °C
% 70 Su + % 30 Glikol Karışımı Durumunda	-16 °C
% 60 Su + % 40 Glikol Karışımı Durumunda	-25 °C
% 50 Su + % 50 Glikol Karışımı Durumunda	-37 °C
% 40 Su + % 60 Glikol Karışımı Durumunda	-50 °C
% 30 Su + % 70 Glikol Karışımı Durumunda	<-50 °C
% 20 Su + % 80 Glikol Karışımı Durumunda	-45 °C
% 10 Su + % 90 Glikol Karışımı Durumunda	-28 °C

Kuru soğutucu tasarımında ve seçiminde soğutma suyuna eklenecek glikol oranının da hesaba katılması gerekir. Aksi takdirde, suya eklenecek glikolun soğutma kapasitesinde yol açacağı düşüş, kuru soğutucudan beklenen performansın alınamamasına yol açacaktır. Dolayısıyla, kuru soğutucunun soğutma kapasitesi, tasarım şartları ve glikol oranı bilgisi verilmezse bir anlam taşımaz.

% 100 Sulu Kendinden Boşalmalı (Self-drain) Kuru Soğutucular (Düşük Sıcaklıklarda Glikol Kullanmaksızın % 100 Su ile Doğal Soğutma)

Glikol-su karışımlı sistemin kullanımı durumunda, soğutucu bataryada donmayı önlemek için kullanılan glikol-su karışımının kapasitesinin % 100 su kullanılan sistemlere göre çok daha düşük olduğu ve bu nedenle de daha büyük ısı transfer alanına, dolayısıyla daha büyük (maliyeti daha yüksek) bir chillere gereksinim olduğudur. İkinci nokta ise kalıplarda glikol-su karışımının kullanılmasının sakıncalı olmasıdır ki, bu durumda glikol-su sistemine göre dizayn edilmiş soğuk sulu ünite ile soğuk su

devresi arasına ek bir plakalı ısı değiştirgecine ve ek sirkülasyon pompasına gereksinim duyulur. Bu durum tasarımcı ve kullanıcılar için genellikle tercih edilmez ve % 100 su kullanan sistemler tercih edilir. Tasarım öncesi uygulama yeri ve sıcaklıklarına göre bu durumlar muhakkak dikkate alınmalıdır.



Şekil 2.29 Kendinden boşalmalı (self-drain) kuru soğutucu
(Kaynak: Jaeggi)

Glikol kullanılmayan kuru soğutuculu sistemlerde donmanın olmaması yukarıda açıklanan nedenler ile önemlidir. Bu sistemlerde, suyun sirküle etmediği durumlarda kendiliğinden drenaj edileceği sistemler geliştirilmiştir. “Kendiliğinden drenaj sistemli kuru soğutucular” olarak da adlandırılan bu üniteler kullanımda avantajlar sağlamaktadır.

2.3.6.3 Kuru Soğutucularda Standart Kapasite ve Enerji Sınıflandırması

Kuru soğutucularda standart kapasiteler TS EN 1048 (*Isı Değiştiriciler-Hava Soğutmalı Sıvı Soğutucular "Kuru Soğutucular" - Performansın Belirlenmesi İçin Deney Metotları*) standardına göre hacmen % 34 etilen glikol oranı için tanımlanmaktadır.

Ürünlerde enerji verimliliği *Eurovent Rating Standard for Condensers and Dry Coolers - RS 7/C/005 - 2012* standardına göre aşağıdaki tabloda verilen değer aralıkları için hesaplanabilir (Tablo 2.13).

Tablo 2.13 Kondenser ve Kuru Soğutucular İçin Enerji Sınıfları (Eurovent RS 7/C/005-2012)

Sınıf	Enerji Sarfıyatı	$R_{\text{kondenser, kuru soğutucu}}$ $\frac{\text{Kapasite@DT1 15K}}{\text{Fan gücü}}$
A++	Olağanüstü düşük	$R \geq 240$
A+	Son derece düşük	$160 \leq R \leq 240$
A	Çok düşük	$110 \leq R \leq 160$
B	Düşük	$70 \leq R \leq 110$
C	Orta	$45 \leq R \leq 70$
D	Yüksek	$30 \leq R \leq 45$
E	Çok yüksek	$R < 30$

2.3.7 Kuru ve Islak Kuru Soğutucuların Malzeme ve Konstrüktif Özellikleri

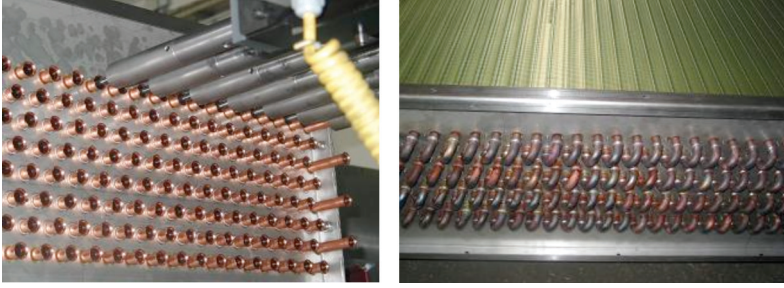
Soğutma ünitesinin ekonomik ömrü, kullanım şartlarına uygun malzeme seçimine bağlıdır ve özellikle ünite içerisindeki soğutucu batarya, endüstriyel şartlara uygun olarak üretilmiş olmalıdır.

1. Soğutucu Batarya Özellikleri

Soğutucu bataryalar, 2014/68/EU (Basıncılı Ekipmanlar Direktifi) altında tanımlanan SEP (Sound Engineering Practice) kapsamına uygun üretilmelidir. EUROVENT (Eurovent 7/C/005-2016 Rating Standard for forced circulation air cooling and air heating coils) veya muadili bağımsız kuruluşların ölçüm standartlarının şartlarını sağlamalı; kapasite, hava tarafı basınç kaybı ve akışkan tarafı basınç kaybı değerleri açıkça tarif edilmiş test sonuçlarına dayanmalıdır. Aksi takdirde soğutucu ünitenin enerji verimliliği düşük olacak ve bu tüm sistem verimine olumsuz yansıtacaktır.

2. Borular

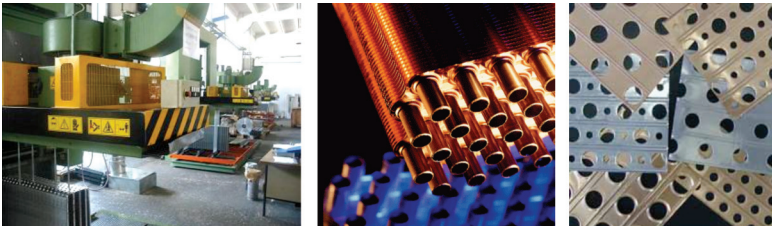
Soğutucu bataryalar için performans ve ekonomiklik göz önüne alındığında en uygun boru malzemesi bakırdır. Borularda kullanılan bakırın kalitesi, kuru soğutucunun ömrünü belirleyen en önemli özelliklerden biridir. Zayıf malzeme kullanılması durumunda özellikle büküm ve lehim yerlerinde sorunla karşılaşılır. Bu nedenle kullanılan bakır borular uluslararası standartlarda üretilmiş olmalıdır. Ürün üzerinden ölçümü mümkün olmadığı için, kuru soğutucu seçilirken mutlaka üreticiden boru et kalınlığı bilgisi alınmalıdır. Boruların ayna saclarına teması engellenmeli ve borularda kaçaksız uzun çalışma ömrü garanti edilmelidir.



Şekil 2.30 Boru Şişirme makinesi ile bakır boruların şişirme işlemi ve dirseklerin (kurveler) görünümü (Kaynak: Friterm)

3. Lameller (Kanatlar)

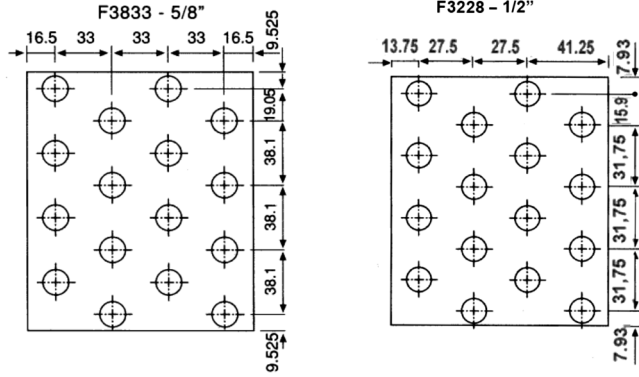
Kuru soğutucularda yaygın olarak kullanılan lamel malzemesi alüminyumdur. Genel uygulamalarda, kuru soğutucunun ekonomik ömrünün uzun olması için epoksi kaplı alüminyum tercih edilir. Epoksi kaplama, ortamın aşındırıcı etkisine karşı lamel dayanımını önemli ölçüde artırır. Özellikle deniz yakınlarında ve enerji tesislerinde epoksi kaplı lamel uygulaması gereklidir. Epoksi kaplamanın yetersiz kalabileceği çok korozyif ortamlarda, epoksi ve poliüretan kaplama uygulaması tavsiye edilir.



Şekil 2.31 Lamel pres hatları ve lameller (Kaynak: Friterm)

4. Lamel Geometrisi

Kuru soğutucu tasarımında boru çapı ve borular arasındaki mesafeleri tanımlayan lamel geometrisi, kapasite ve basınç kayıpları üzerinde etkilidir. Lamel geometrisi, tasarım şartlarında ihtiyaç duyulan soğutma kapasitesinin uygun basınç kayıpları dahilinde sağlanacağı şekilde üretici tarafından kendi standartları arasından seçilir. Yoğun borulu geometrilerin daha avantajlı kapasite/fiyat değeri verdikleri söylenebilir; fakat bu durumda basınç kayıpları da artacağı için optimizasyona gidilmesi gerekmektedir.



Şekil 2.32 Farklı lamel geometrileri (Kaynak: Friterm)

Pratik olarak, aynı ısı transfer yüzeyine sahip, fakat farklı lamel geometrisi kullanılmış kuru soğutucuların, aynı şartlarda farklı soğutma kapasitesi ve farklı basınç kayıpları vereceğine dikkat edilmesi önemlidir.

5. Kasetleme

Kuru soğutucular taşıyıcı bir konstrüksiyona sahip olmalı ve monte edileceği zemine ilave bir konstrüksiyona ihtiyaç duymadan yerleştirilebilmelidir.



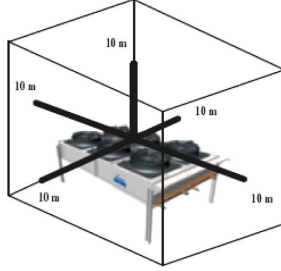
Şekil 2.33 Kuru soğutucu ünite uygulaması (Kaynak: Friterm)

Kuru soğutucularda kaset malzemesi, ortam şartlarına göre seçilir. Genel uygulamalarda kasetleme malzemesi olarak elektrostatik toz boya kaplı galvanizli çelik kullanılır. Daha dayanıklı malzemenin gerektiği yerlerde, paslanmaz çelik kasetleme tercih edilebilir, ancak bu durum oldukça maliyetli olacaktır.

Her fan bölmesi diğerinden sac levhalarla ayrılmalı, duran fanların ters dönüş etkisi önlenmelidir. Üniteler üzerinde müdahale kapaklarının olması tavsiye edilir.

6. Ses Seviyesi ve Fanlar

Özellikle yerleşim yerlerine yakın uygulamalarda kuru soğutucuların çalışma sırasında fazla gürültülü olmaması önemli bir kriter haline gelir. Temel olarak fan motorundan ve fan kanatlarının yapısından kaynaklanan ses seviyesi, üretici verileri değerlendirilerek belirlenir ve uygun sınırlar arasında kalıp kalmadığı kontrol edilir. Gerekirse motor devri düşürülerek ses seviyesi azaltılabilir; bu durumda gerekli soğutma kapasitesinin sağlanması için ısı değiştiricisinin ısı transfer yüzeyi artırılmalıdır.



Şekil 2.34 Ses seviyesi hesabı için çevreleyici yüzey (Ses basınç seviyesi, EN 13487'ye göre "Çevreleyici Yüzey Metodu" kullanılarak örneğin 10 m mesafe için hesaplanır. Ortamın ses izolasyon ve akustiğine göre değişebilir). (Kaynak: Friterm)

Kuru ve ıslak/kuru soğutucu seçiminde dikkat edilmesi gereken diğer bir nokta da, tasarımın ortam sıcaklığının yüksek olduğu zamanlarda ihtiyaç duyulan soğutma kapasitesini sağlayacak şekilde yapılması gerekliliğidir. Ancak, hava sıcaklığının daha düşük olduğu zamanlarda, istenen kapasitenin elde edilmesi için fanların hepsinin tam devirde çalışması gereksiz ve masraflı olur. Soğutma suyu çıkış sıcaklığı üzerinden kontrol edilen sistemlerde, fanların düşük devirle çalıştırılması veya devreden çıkarılması ile sistem için uygun debide hava sağlanır. Otomatik kontrol ile birlikte çift devirli fanların, hız kontrol cihazlarının ve elektronik kontrollü (EC-Electronically Commutated) fanların kullanılması enerji verimliliğini artıracaktır.

7. Çift Devirli Fanlar

Değişken debide hava sağlanması için en pratik yol, çift devirli fan kullanımıdır. En yüksek çalışma devrinin 3/4'ü gibi bir ikinci hızda da çalışabilen bu fanlar sayesinde, hava giriş sıcaklığının tasarım sıcaklığının çok altına düştüğü zamanlarda önemli oranda enerji tasarrufu sağlanabilmektedir.

Örneğin, 870 kW'lık 4 fanlı bir kuru soğutucu, ortam sıcaklığı 33 °C'tan 20 °C'a düştüğünde fan devri düşürülerek çalıştırılabilir. Bu durumda fan başına 0,75 kW az güç harcanır ki, bu da % 40'a yakın tasarruf demektir. Bu örnek 4 fan içindir;

çoğu tesiste çok daha fazla fanlı sistemler kullanılmaktadır.

Örnekte kullanılan 800 mm çaplı fanın daha düşük devirlerde harcadığı güce ilişkin veriler Tablo 2.14'tedir.

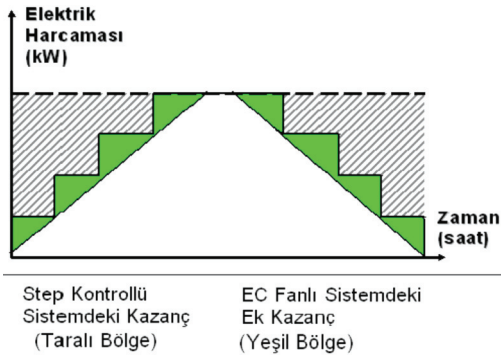
Tablo 2.14 800 mm Çaplı Fanın Hıza Bağlı Harcadığı Güç

880 d/d	2,00 kW
660 d/d	1,25 kW
440 d/d	0,37 kW
330 d/d	0,20 kW

8. Fan Hız Kontrol Üniteleri

Tek devirli ve çift devirli fanlarda kullanılabilen kontrol üniteleri ile hava debileri ihtiyaca göre değiştirilebilir. Fan devirleri üzerinde hassas kontrol gerekmeyen yerlerde, fanların sırayla devreye girdiği ve devreden çıktığı step kontrol sistemleri uygulanır. Fanların hangi sırayla çalışacakları kullanıcı tarafından tarflenebilmektedir; fan çalışma sürelerinin dengeli dağıtıldığı alternatifler de vardır. Step kontrol üniteleri fanın sadece açık ya da kapalı olması esasına göre çalıştığı için, fan devrinin kontrol edildiği sistemlerden daha ucuza mal edilebilmektedir. Bu nedenle, çok sayıda fanın bulunduğu ve hassas kontrol gerektirmeyen sistemlerde genellikle bu yöntem tercih edilir.

Şekil 2.35'de, 4 fanlı bir kuru soğutucunun step kontrollü çalışmada elektrik harcamasındaki tasarruf görülmektedir. Günün sıcak saatlerinde 4 fanın da çalıştığı, en serin saatlerde ise tek fanın yeterli olduğu kabul edilmiştir.



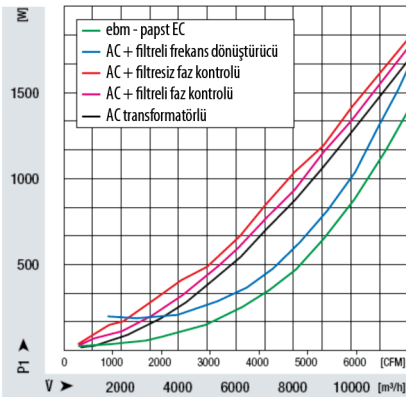
Şekil 2.35 Fanların step kontrol uygulanarak ihtiyaca göre devreye alındığı bir kuru soğutucuda bir günlük periyotta fanların elektrik harcaması (Taralı alan, tüm fanların sürekli kullanılmaması sayesinde tasarruf edilen elektrik miktarını kWh olarak göstermektedir).

Soğutma suyu dönüş sıcaklığının fazla değişmemesi istenen ve kullanılan fan adedinin az olduğu yerlerde step kontrol ile yeterli sonuç alınamaz. Böyle yerlerde fan devirlerinin kontrol edildiği ve dolayısıyla hava debisi üzerinde çok daha hassas kontrol sağlayan sistemler (frekans invertörleri/konvertörleri) kullanılır. Frekans invertörleri/konvertörleri ilk yatırım maliyeti açısından step kontrol ünitelerinden daha pahalıdır; bu nedenle genellikle tüm fanların ayrı frekans invertörleri/konvertörleri ile kontrol edildiği sistemler yerine, fanların gruplar halinde kontrol edildiği ve step kontrol üniteleri ile frekans invertörleri/konvertörlerinin birlikte kullanıldığı sistemler tercih edilmektedir.

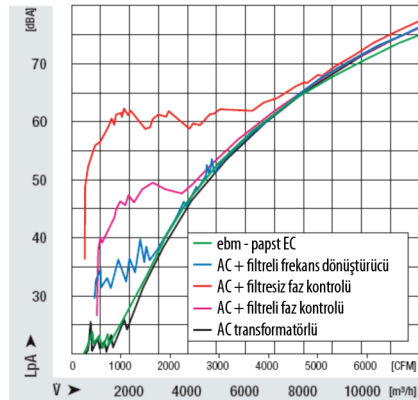
9. EC Fanlar

Farklı devir aralıklarındaki motor seçeneklerinin yanı sıra son yıllarda kullanım alanları hızla artan EC motor teknolojisi kuru soğutma uygulamalarında da kullanılmaktadır. EC fanlar kutup sayılarından bağımsız olarak fan motorunun tüm hızlarda kontrol edilebilmesini sağlamaktadır. Şekil 2.36a'da verildiği üzere EC motor sistemleri, frekans invertörü-step kontrol-trafo, vb. konvansiyonel hız kontrol sistemleri ile karşılaştırıldığında nominal hızlarda ortalama % 10 enerji tasarrufu sağlamaktadır.

EC motorların akustik avantajlı tasarımı sayesinde ne frekans konvertörlü sistemlerin istenmeyen rezonansları ne de faz kontrollü sistemlerin uğultuları, EC motorlarda söz konusu olmaz. Bu sayede EC motor sistemlerinde daha düşük ses seviyeleri sağlanır. Şekil 2.36b'de görüldüğü üzere EC motor sistemleri faz kontrollü ve frekans konvertörlü sistemlere nazaran asgari 4 dBA avantaj sağlamakla birlikte, özellikle düşük fan hızları ve hava debilerine inildiğinde bu fark 15~30 dBA civarına çıkmaktadır.



Şekil 2.36a EC-Motor Güç Tüketimi



Şekil 2.36b EC Motor Ses Seviyesi

BÖLÜM 3

Plastik Sektöründe Kalıp ve Yağ Soğutma Uygulamaları

Üçüncü ve son bölümde, kalıp ve yağ soğutma amaçlı farklı uygulama örnekleri, teknik ve maliyet yönleri ile detaylı incelenmektedir.

3.1 Uygulama Örneği - Kuru Soğutucu ve Hava Soğutmalı Chillerin Birlikte Çalışma Senaryosunda Verimliliğin İncelenmesi

Kuru soğutucu ve hava soğutmalı chiller grubunun birlikte çalışması ile verimliliğin incelenmesi için, aşağıda kurgusu yazılmış bir senaryo ile elde edilebilecek enerji kazancı hesaplanmıştır. Hesaplamadaki tüm kabul ve yaklaşımlar aşağıdaki gibidir;

1. Soğutma gereksinimi olan tesis, $T_{\text{soğutma suyu gidiş}} = 11\text{ }^{\circ}\text{C}$, $T_{\text{soğutma suyu dönüş}} = 16\text{ }^{\circ}\text{C}$ şarta sahip bir proses suyu soğutma sistemi olarak kabul edilmiştir.
2. Sistemde günlük 20 saat / 365 gün boyunca soğutma istenmektedir.
3. Sistemdeki toplam soğutma yükü, 130 kW kabul edilmiştir.
4. Hesaplamalar chiller ve kuru soğutucunun birlikte kullanımı ile enerji verimliliğinin ne miktarda olduğunu belirlemeye yönelik olduğu için, karşılaştırmaya ve hesaplamaya konu olan dış hava sıcaklık aralığı $-6\text{ }^{\circ}\text{C}/18\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'dir.
5. Chiller ve kuru soğutucunun birlikte kullanımı ile enerji verimliliği incelemesi ilk olarak İstanbul için yapılmış, sonrasında aynı yöntem kullanılarak İzmir için doğal soğutma ile enerji verimliliği hesaplanmıştır. İllerimize ait 1989-2012 yılları arasındaki meteorolojik verilerden derlenen bin değerleri kullanılmıştır (Pusat, Ş. ve arkadaşları).
6. Çalışma bölgeleri ve çalışma senaryoları kabulü şu şekilde yapılmıştır (Tablo 3.2).
 - **% 100 Mekanik Soğutma Aralığı:** Ortam havası sıcaklığı, soğutma suyu dönüş sıcaklığının üzerinde olduğu zamanlar % 100 chiller çalışması gereklidir. $T_{\text{ortam}} > 14\text{ }^{\circ}\text{C}$ olduğu zaman mekanik soğutma bölgesine girilir. Kondenser fanları ve kompresör % 100 yükte çalışmaktadır. Kuru soğutucu çalışmamaktadır.
 - **Yük Paylaşımı Aralığı:** $14\text{ }^{\circ}\text{C} \geq T_{\text{ortam}} \geq 6\text{ }^{\circ}\text{C}$, chiller ve kuru soğutucunun yük paylaşımı olarak çalıştıkları bölge olarak kabul edilmiştir. Ortam havası sıcaklığı dönüş suyu sıcaklığının en az $2\text{ }^{\circ}\text{C}$ altına düşmesi ile birlikte ($T_{\text{ortam}} = 16\text{ }^{\circ}\text{C} - 2\text{ }^{\circ}\text{C} = 14\text{ }^{\circ}\text{C}$) kuru soğutucu, ön soğutucu olarak, çalışmaya başlamaktadır. Chillere gönderilen dönüş suyu sıcaklığının düşmesi nedeni ile kompresör yükü de oransal olarak düşmektedir. Çalışmada, chiller kompresörünün oransal olarak kapasite kontrollüne sahip olduğu varsayılmış ve buna uygun kompresör seçimi yapılmıştır. Ancak, hesaplamada kolaylık açısından belirli sıcaklıklar ve bu sıcaklıklara karşılık gelen oranlar kullanılmıştır. Oransal kontrol ile hesaplanan kazancın bir miktar daha fazla olacağı hesaba katılmalıdır. Ayrıca, kuru soğutucu ve kondenser fanlarının adım (step) kontrollü olarak çalıştığı kabul edilmiştir.
 - **% 100 Kuru Soğutucu Çalışma Aralığı:** Doğal soğutma bölgesi ortam havası sıcaklığı soğutma suyu gidiş sıcaklığının en az $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ altında ve daha düşük sıcaklıklarda ($T_{\text{ortam}} \leq 5\text{ }^{\circ}\text{C}$) tamamen kuru soğutucu çalışır. Chiller çalışmaz. Bu örnekte hava sıcaklığı,

$T_{\text{soğutma suyu gidiş}} (11\text{ }^{\circ}\text{C}) - 5\text{ }^{\circ}\text{C} = 6\text{ }^{\circ}\text{C}$ ve altındaki sıcaklık değerlerinde olduğunda sistem % 100 kuru soğutucu (doğal soğutma) ile çalışmaktadır.

7. Karşılaştırmada kuru soğutucu olarak (enerji verimliliği sınıflarının verimlilik, maliyet ve geri dönüş sürelerine etkisinin de açıklıkla görülmesi için) A sınıfı, C sınıfı ve E sınıfı olmak üzere üç farklı enerji sınıfından ürün seçilmiştir.
8. A, C ve E sınıfı ürünler için fan sayıları ve adım kontrollü olarak fanların devreye girip çıkması için değişim sıcaklıkları farklıdır. A, C ve E sınıfı ürünlere ait detaylı hesaplama değerleri Tablo 3.2’de birlikte görülmektedir.

Kuru soğutucu ve soğutma grubunun kapasite, güç ve yük paylaşım değerleri belirli sıcaklık derecelerine bağlı olarak Tablo 3.3’te verilmektedir. Tablo 3.3 için gerekli açıklamalar aşağıdadır.

Tablo 3.3 için Notlar

1. Karşılaştırmada kuru soğutucu olarak, A , C ve E sınıfı üç farklı enerji sınıfından ürün seçilmiştir.
2. A sınıfı ürün FDH 2E 80 23 E352 2 QY (2x3=6 fanlı-toplam fan gücü 1,08 KW), C sınıfı ürün FDH 2E 91 23 E221 2 QY (2x3=6 fanlı-toplam fan gücü 3,84 KW), E sınıfı ürün FDH 2E 91 15 E121 2 LY (1x5=5 fanlı- toplam fan gücü 7,85 KW) modelleri 130 kW soğutma kapasitesi için seçilmiştir.
3. Soğutma kompresörü olarak; 30 KW gücünde % 33 ile % 100 arasında kademesiz kapasite kontrol imkanı sunan, RC2-140B vidalı kompresör seçilmiştir.
4. Chiller kondenseri olarak; soğutucu akışkan olarak R134a kullanan B enerji sınıfı hava soğutmalı FCW 3E 91 22 E111 3 ED (2x2=4 fanlı) seçilmiştir. Toplam fan gücü 1,64 KW’dır.
5. Tablo 3.3 sadece A sınıfı kuru soğutucu içindir.
6. Tablo 3.3’de bazı kapasite değerleri, üç yollu vananın dönüş ve gidiş suyunu karıştırılması ile regüle edilmektedir. Diğer türlü kapasite yükselmekte, gidiş suyu sıcaklığı 10 °C’nin altına düşmektedir.
7. Kuru soğutucuların farklı giriş sıcaklıklarındaki kapasite hesabı sabit akışkan debisi ile yapılmıştır.
8. Hesap aralığı -4/-6 ve +18/+16 °C olarak kabul edilmiştir.
9. Pompalama güçleri karşılaştırma hesabına katılmamıştır.
10. Yukarıdaki değerler üretici firmaların ürün seçim programları kullanılarak bulunmuştur.

Tablo 3.1 İstanbul İçin Bin Değerleri (Pusat, Ş. ve Arkadaşları, 2015)

		Zaman Aralıkları (t, h)											
		0≤t<2	2≤t<4	4≤t<6	6≤t<8	8≤t<10	10≤t<12	12≤t<14	14≤t<16	16≤t<18	18≤t<20	20≤t<22	22≤t<24
Sıcaklık Aralıkları (t _c °C)	-4 > t ≥ -6	2	2	4	3	1	0	0	0	1	2	0	2
	-2 > t ≥ -4	10	9	7	11	6	4	4	4	3	3	6	9
	-0 > t ≥ -2	11	14	14	14	12	11	8	13	21	19	17	13
	2 > t ≥ 0	47	45	47	43	35	28	31	22	24	28	34	41
	4 > t ≥ 2	43	54	58	45	35	33	19	28	39	44	45	40
	6 > t ≥ 4	73	69	61	64	54	46	56	61	60	74	79	76
	8 > t ≥ 6	55	60	69	56	59	53	54	51	56	49	40	52
	10 > t ≥ 8	69	62	53	62	55	59	50	51	50	51	64	70
	12 > t ≥ 10	56	53	66	59	62	50	47	41	52	60	59	54
	14 > t ≥ 12	82	100	85	47	48	55	56	68	56	59	66	67
	16 > t ≥ 14	47	39	40	58	48	48	50	47	51	60	57	64
	18 > t ≥ 16	56	51	57	53	47	50	48	43	44	45	42	41
	20 > t ≥ 18	63	76	72	56	61	61	54	49	50	50	60	61
	22 > t ≥ 20	78	72	68	46	43	42	42	46	56	63	64	81
	24 > t ≥ 22	36	24	29	70	51	37	49	47	38	65	85	55
	26 > t ≥ 24	2	0	0	39	70	63	38	47	56	52	10	2
	28 > t ≥ 26	0	0	0	4	37	63	69	66	65	4	0	2
	30 > t ≥ 28	0	0	0	0	6	25	47	43	6	1	2	0
32 > t ≥ 30	0	0	0	0	0	1	8	2	2	1	0	0	
34 > t ≥ 32	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	

Tablo 3.1’de chiller ve kuru soğutucuların birlikte ve bağımsız çalışma senaryolarına esas teşkil eden İstanbul için bin değerleri yer almaktadır.

Tablo 3.2 Kuru Soğutucu ve Soğutma Grubu Birlikte Çalışma Senaryosu (İstanbul)

Sıcaklık Tekrar Sıklığı (saat/Yıl)	17	76	167	425	483	644	654	696	659	789	609	577	-
Günlük 20 saat çalışma (saat/Yıl)	14,2	63,3	139,2	354,2	402,5	536,7	545,0	580,0	549,2	657,5	507,5	480,8	-
Sıcaklık Aralığı (°C)	-4/-6	-4/-2	-2/0	0/2	2/4	4/6	6/8	8/10	10/12	12/14	14/16	16/18	33
Çalışma Aralığı	% 100 Doğal Soğutma (1 Fan)	% 100 Doğal Soğutma (2 Fan)	% 100 Doğal Soğutma (3 Fan)	% 100 Doğal Soğutma (4 Fan)	% 100 Doğal Soğutma (5 Fan)	% 100 Doğal Soğutma (6 Fan)	% 33 Mekanik Soğutma (2 Fan)	% 45 Mekanik Soğutma (2 Fan)	% 55 Mekanik Soğutma (3 Fan)	% 65 Mekanik Soğutma (3 Fan)	% 100 Mekanik Soğutma (3 Fan)	% 100 Mekanik Soğutma (3 Fan)	% 100 Mekanik Soğutma (4 Fan)
							% 67 Doğal Soğutma (4 Fan)	% 55 Doğal Soğutma (4 Fan)	% 45 Doğal Soğutma (5 Fan)	% 35 Doğal Soğutma (6 Fan)			
	% 100 Doğal Soğutma Bölgesi						Kısmi Soğutma Bölgesi				% 100 Mekanik Soğutma		
Çalışma Senaryosu İçin Güç Hesapları													
Sıcaklık Aralığı (°C)	-4/-6	-4/-2	-2/0	0/2	2/4	4/6	6/8	8/10	10/12	12/14	14/16	16/18	33
% 100 Mekanik Soğutma Senaryosu İçinde Chiller Güç Hesabı													
Chiller Gücü (KW)*	21,00	21,00	21,00	21,00	21,00	23,00	23,00	23,00	26,00	26,00	29,23	29,23	33,64
Kısmi Soğutma Çalışması Senaryosu İçinde Chiller Güç Hesabı													
Chiller Gücü (KW)*	0,00						11,82	15,82	21,23	23,23	29,23	29,23	33,64
Kısmi ve % 100 Doğal Soğutma Senaryosu İçin "A Sınıfı" Kuru Soğutucu Güç Hesabı													
Fan Gücü (KW)**	0,18	0,36	0,54	0,72	0,90	1,08	0,72	0,90	1,08	1,08	—		
Kısmi Soğutma Senaryosu "A Sınıfı" Kuru Soğutucu İle Chiller Toplam Güç Hesabı													
Toplam Güç (KW)	0,18	0,36	0,54	0,72	0,90	1,08	12,54	16,54	22,13	24,31	—		
Kısmi ve % 100 Doğal Soğutma Senaryosu İçin "C Sınıfı" Kuru Soğutucu Güç Hesabı													
Fan Gücü (KW)**	0,64	1,28	1,92	2,56	3,20	3,84	2,56	2,56	3,20	3,84	—		
Kısmi Soğutma Senaryosu "C Sınıfı" Kuru Soğutucu ile Chiller Toplam Güç Hesabı													
Toplam Güç (KW)	0,64	1,28	1,92	2,56	3,20	3,84	14,38	18,38	24,43	27,07	—		
Kısmi ve % 100 Doğal Soğutma Senaryosu İçin "E Sınıfı" Kuru Soğutucu Güç Hesabı													
Fan Gücü (KW)**	1,31	2,62	3,93	5,24	6,55	7,85	5,24	5,24	6,55	7,85	—		
Kısmi Soğutma Senaryosu "E Sınıfı" Kuru Soğutucu ile Chiller Toplam Güç Hesabı													
Toplam Güç (KW)	1,31	2,62	3,93	5,24	6,55	7,85	17,06	21,06	27,78	31,08	—		
* Chiller gücü; kompresör gücü ve kondenser fan güçleri toplamını ifade etmektedir. Kondensere giren havanın sıcaklığının düşmesiyle, yoğunlaşma basıncı düşmekte ve bu düşüşü karşılamak fanlar adım (step) kontrollü olarak devreden çıkmaktadır. Bu nedenle, toplamdaki fan gücü azalmaktadır. Aynı zamanda, chiller kompresörünün çektiği akım ve dolayısıyla güç de azalmaktadır.													
** Dış hava sıcaklığının düşmesiyle kuru soğutucu fanları adım (step) kontrollü olarak devreden çıkmakta ve fan güçleri azalmaktadır. Fanların devreye girip-çıkma sıcaklıkları yukarıdaki sıcaklık aralıklarından (bin) biraz farklılık göstermesine rağmen, hesap kolaylığı açısından aynı kabul edilmiştir.													

Tablo 3.2'de, İstanbul için A, C ve E sınıfı kuru soğutucularla chillerin beraber çalışma senaryosuna göre güç tüketimleri bin değerlerine bağlı olarak elde edilmiştir.

Tablo 3.3 Kuru Soğutucu ve Chiller Kapasite, Güç ve Yük Paylaşım Oranları (A Sınıfı)

Çalışma Bölgesi	Hava Giriş Sıcaklığı (°C)	Kuru Soğutucu Kapasitesi (kW)	Kuru Soğutucu Gücü (KW)	Kuru Soğutucu Yüğü (%)	Kompresör Kapasitesi (kW)	Kompresör Gücü (KW)	Kompresör Kapasitesi / Gücü Oranı	Kompresör Yüğü (%)	Kondenser Fanları Gücü (kW)	Toplam Soğutma Grubu Gücü (KW)	Kuru Soğ.-Soğutma grubu Gücü (KW)	Sistem Soğutma Kapasitesi (kW)
% 100 Mekanik Soğutma Bölgesi	33 °C	0	0	% 0	130	32	3,8	% 100	1,64	33,64	33,64	130
% 100 Mekanik Soğutma Bölgesi	16/18 °C	0	0	% 0	130	28	4,64	% 100	1,23	29,23	29,23	130
	14/16 °C	0	0	% 0	130	28	4,64	% 100	1,23	29,23	29,23	130
Kısmi Soğutma	12/14 °C	45,5	1,08	% 35	85	22	3,86	% 65	1,23	23,23	24,31	130,5
	10/12 °C	58,5	0,9	% 45	72	20	3,60	% 55	1,23	21,23	22,13	130,5
	8/10 °C	71,5	0,72	% 55	59	15	3,93	% 45	0,82	15,82	16,54	130,5
	6/8 °C	87,1	0,72	% 67	43	11	3,91	% 33	0,82	11,82	12,54	130,1
% 100 Doğal Soğutma	4/6 °C	130	1,08	% 100	0	0	-	% 0	0	0	1,08	130
	2/4 °C	130	0,9	% 100	0	0	-	% 0	0	0	0,9	130
	0/2 °C	130	0,72	% 100	0	0	-	% 0	0	0	0,72	130
	-2 / 0 °C	130	0,54	% 100	0	0	-	% 0	0	0	0,54	130
	-4 / -2 °C	130	0,36	% 100	0	0	-	% 0	0	0	0,36	130
	-6 / -4 °C	130	0,18	% 100	0	0	-	% 0	0	0	0,18	130

Farklı senaryolarda kullanılan soğutma grubu ve A, C ve E sınıfı kuru soğutucuların güç değerlerinin hesabı ve enerji tüketimlerine bağlı olarak yatırımın geri dönüş süresi, bin değerlerine bağlı olarak İstanbul ve İzmir için sırasıyla Tablo 3.4 ve Tablo 3.6'da verilmektedir. Tablo 3.3, Tablo 3.4 ve Tablo 3.6 için güç değeri hesap tablosudur.

Kuru soğutucu kullanım ömrünün ortalama 15 yıl olduğu kabulüyle söz konusu süre sonunda; A sınıfı kuru soğutucu ile 66.255 Euro, B sınıfı ile 53.557 Euro ve E sınıfı ile de 35.088 Euro tasarruf edilmiş olacaktır.

Tablo 3.4 İstanbul İçin Kuru Soğutucu-Chiller Birlikte Çalışma Senaryosunda Enerji ve Geri Ödeme Süresi Hesapları

Sıcaklık Tekrar Sıklığı (saat/Yıl)	17	76	167	425	483	644	654	696	659	789	609	577
Günlük 20 saat çalışma (saat/Yıl)	14,2	63,3	139,2	354,2	402,5	536,7	545,0	580,0	549,2	657,5	507,5	480,8
Sıcaklık Aralığı (°C)	-4/-6	-4/-2	-2/0	0/2	2/4	4/6	6/8	8/10	10/12	12/14	14/16	16/18
Çalışma Aralığı	% 100 Doğal Soğutma (1 Fan)	% 100 Doğal Soğutma (2 Fan)	% 100 Doğal Soğutma (3 Fan)	% 100 Doğal Soğutma (4 Fan)	% 100 Doğal Soğutma (5 Fan)	% 100 Doğal Soğutma (6 Fan)	% 33 Mekanik Soğutma	% 45 Mekanik Soğutma (2 Fan)	% 55 Mekanik Soğutma (3 Fan)	% 65 Mekanik Soğutma (3 Fan)	% 100 Mekanik Soğutma (3 Fan)	% 100 Mekanik Soğutma (3 Fan)
							% 67 Doğal Soğutma (4 Fan)	% 55 Doğal Soğutma (4 Fan)	% 45 Doğal Soğutma (5 Fan)			
	% 100 Doğal Soğutma Bölgesi						Kısmi Soğutma Bölgesi				% 100 Mekanik Soğutma	
Çalışma Senaryosu İçin Güç Hesapları												
Sıcaklık Aralığı (°C)	-4/-6	-4/-2	-2/0	0/2	2/4	4/6	6/8	8/10	10/12	12/14	14/16	16/18
% 100 Mekanik Soğutma Senaryosunda Chiller												
Harcanan Enerji (kW/h)	21,0	21,0	21,0	21,0	21,0	23,0	23,0	23,0	26,0	26,0	29,2	29,2
Toplam Enerji (kW)	297,50	1330,0	2922,5	7437,5	8452,5	12343,3	12535,0	13340,0	14278,3	17095,0	—	—
Saatlik Enerji Bedeli (€)	0,10											
Enerji Bedeli (€)	29,75	133,0	292,3	743,8	845,3	1234,3	1253,5	1334,0	1427,8	1709,5	—	—
Toplam Enerji Bedeli (€)	9003											
"A Sınıfı" Kuru Soğutucu ile Kısmi Soğutma Senaryosu												
Harcanan Enerji (kW/h)	0,18	0,36	0,54	0,72	0,90	1,08	12,54	16,54	22,13	24,31	29,23	29,23
Toplam Enerji (kW)	2,55	22,8	75,2	255,0	362,3	579,6	6834,3	9593,2	12153,1	15983,8	—	—
Saatlik Enerji Bedeli (€)	0,10											
Enerji Bedeli (€)	0,26	2,3	7,5	25,5	36,2	58,0	683,4	959,3	1215,3	1598,4	—	—
Toplam Enerji Bedeli (€)	4586											
Hesaplamalar	Yıllık Kazanç (€)						Enerji Kazancı				Yatırım Geri Dönüş (Yıl)	
	4417						0,49				3,16	
"C Sınıfı" Kuru Soğutucu ile Kısmi Soğutma Senaryosu												
Harcanan Enerji (kW/h)	0,64	1,28	1,92	2,56	3,20	3,84	14,38	18,38	24,43	27,07	29,23	29,23
Toplam Enerji (kW)	10,88	81,1	267,2	906,7	1288,0	2060,8	7837,1	10660,4	13416,1	17798,5	—	—
Saatlik Enerji Bedeli (€)	0,10											
Enerji Bedeli (€)	1,09	8,11	26,72	90,67	128,80	206,08	783,71	1066,04	1341,61	1779,85	—	—
Toplam Enerji Bedeli (€)	5433											
Hesaplamalar	Yıllık Kazanç (€)						Enerji Kazancı				Yatırım Geri Dönüş (Yıl)	
	3570						0,40				3,22	
"E Sınıfı" Kuru Soğutucu ile Kısmi Soğutma Senaryosu												
Harcanan Enerji (kW/h)	1,31	2,62	3,93	5,24	6,55	7,85	17,06	21,06	27,78	31,08	29,23	29,23
Toplam Enerji (kW)	18,56	165,9	546,9	1855,8	2636,4	4212,8	9297,7	12214,8	15255,9	20435,1	—	—
Saatlik Enerji Bedeli (€)	0,10											
Enerji Bedeli (€)	1,86	16,6	54,7	185,6	263,6	421,3	929,8	1221,5	1525,6	2043,5	—	—
Toplam Enerji Bedeli (€)	6664											
Hesaplamalar	Yıllık Kazanç (€)						Enerji Kazancı				Yatırım Geri Dönüş (Yıl)	
	2339						0,26				3,30	

Tablo 3.5’de İzmir için bin değerleri ve Tablo 3.6’da ise İzmir için kuru soğutucu ve soğutma grubu birlikte çalışma senaryosunda enerji kazancı ve geri ödeme süresi hesabına yer verilmektedir.

Tablo 3.5 İzmir İçin Bin Değerleri (Pusat, Ş. ve Arkadaşları, 2015)

		Zaman Aralıkları (t, h)											
		0≤t<2	2≤t<4	4≤t<6	6≤t<8	8≤t<10	10≤t<12	12≤t<14	14≤t<16	16≤t<18	18≤t<20	20≤t<22	22≤t<24
Sıcaklık Aralıkları (t, °C)	-2 > t ≥ -4	2	3	4	2	0	0	0	0	0	0	0	0
	-0 > t ≥ -2	9	9	8	6	5	0	0	0	3	5	6	6
	2 > t ≥ 0	12	14	20	20	11	5	4	4	1	8	10	13
	4 > t ≥ 2	25	37	41	33	14	9	3	3	14	12	15	20
	6 > t ≥ 4	58	57	61	67	17	13	13	20	21	27	34	44
	8 > t ≥ 6	64	67	65	62	73	37	29	25	39	56	61	70
	10 > t ≥ 8	82	75	69	74	73	53	40	37	49	71	81	80
	12 > t ≥ 10	59	56	59	55	68	72	61	74	71	75	68	59
	14 > t ≥ 12	35	42	30	32	53	65	66	60	75	58	62	49
	16 > t ≥ 14	48	49	56	44	35	68	70	72	60	43	29	39
	18 > t ≥ 16	68	69	68	57	35	31	51	53	35	31	42	62
	20 > t ≥ 18	44	34	44	41	33	33	38	30	27	43	64	56
	22 > t ≥ 20	49	65	62	49	44	34	30	30	45	57	45	38
	24 > t ≥ 22	53	59	74	54	44	37	34	40	51	50	42	54
	26 > t ≥ 24	78	76	59	73	56	50	49	38	41	40	50	49
	28 > t ≥ 26	38	17	10	54	63	43	43	48	43	54	55	63
	30 > t ≥ 28	5	1	0	16	68	51	47	47	46	50	52	24
32 > t ≥ 30	1	0	0	1	32	70	53	57	59	39	13	4	
34 > t ≥ 32	0	0	0	0	6	40	55	56	38	10	1	0	
36 > t ≥ 34	0	0	0	0	0	17	32	28	10	1	0	0	
38 > t ≥ 36	0	0	0	0	0	2	12	8	2	0	0	0	

Kuru soğutucu kullanım ömrünün ortalama 15 yıl olduğu kabulüyle söz konusu süre sonunda İzmir’de; A sınıfı kuru soğutucu ile 41.9625 Euro, B sınıfı ile 31.774 Euro ve E sınıfı ile de 16.948 Euro tasarruf edilmiş olacaktır.

Yatırımın geri dönüş süresi hesabında esas alınan ürün bedelleri, benzeşim oluşturmak üzere üretici firma yazılımlarından elde edilmiştir. Kendi işletme şartlarınıza uygun daha gerçekçi değerlendirmeler yapmak üzere üreticilerin teknik satış birimleri ile iş birliği yapmakta yarar vardır.

Tablo 3.6 İzmir İçin Kuru Soğutucu-Chiller Birlikte Çalışma Senaryosunda Enerji ve Geri Ödeme Süresi Hesapları

Sıcaklık Tekrar Sıklığı (saat/Yıl)	0	11	57	122	226	422	648	784	777	627	613	602
Günlük 20 saat çalışma (saat/Yıl)	0,0	9,2	47,5	101,7	188,3	351,7	540,0	653,3	647,5	522,5	510,8	501,7
Sıcaklık Aralığı (°C)	-4/-6	-4/-2	-2/0	0/2	2/4	4/6	6/8	8/10	10/12	12/14	14/16	16/18
Çalışma Aralığı	% 100 Doğal Soğutma (1 Fan)	% 100 Doğal Soğutma (2 Fan)	% 100 Doğal Soğutma (3 Fan)	% 100 Doğal Soğutma (4 Fan)	% 100 Doğal Soğutma (5 Fan)	% 100 Doğal Soğutma (6 Fan)	% 33 Mekanik Soğutma % 67 Doğal Soğutma (4 Fan)	% 45 Mekanik Soğutma (2 Fan) % 55 Doğal Soğutma (4 Fan)	% 55 Mekanik Soğutma (3 Fan) % 45 Doğal Soğutma (4 Fan)	% 65 Mekanik Soğutma (3 Fan) % 35 Doğal Soğutma (6 Fan)	% 100 Mekanik Soğutma (3 Fan)	% 100 Mekanik Soğutma (3 Fan)
	% 100 Doğal Soğutma Bölgesi						Kısmi Soğutma Bölgesi				% 100 Mekanik Soğutma	
Çalışma Senaryosu İçin Güç Hesapları												
Sıcaklık Aralığı (°C)	-4/-6	-4/-2	-2/0	0/2	2/4	4/6	6/8	8/10	10/12	12/14	14/16	16/18
% 100 Mekanik Soğutma Senaryosunda Chiller												
Harcanan Enerji (kW/h)	21,0	21,0	21,0	21,0	21,0	23,0	23,0	23,0	26,0	26,0	29,2	29,2
Toplam Enerji (kW)	0,00	192,5	997,5	2135,0	3955,0	8088,3	12420,0	15026,7	16835,0	13585,0	—	—
Saatlik Enerji Bedeli (€)	0,10											
Enerji Bedeli (€)	0,00	19,3	99,8	213,5	395,5	808,8	1242,0	1502,7	1683,5	1358,5	—	—
Toplam Enerji Bedeli (€)	7324											
"A Sınıfı" Kuru Soğutucu ile Kısmi Soğutma Senaryosu												
Harcanan Enerji (kW/h)	0,18	0,36	0,54	0,72	0,90	1,08	12,54	16,54	22,13	24,31	29,23	29,23
Toplam Enerji (kW)	0,00	3,3	25,7	73,2	169,5	379,8	6771,6	10806,1	14329,2	12702,0	—	—
Saatlik Enerji Bedeli (€)	0,10											
Enerji Bedeli (€)	0,00	0,3	2,6	7,3	17,0	38,0	677,2	1080,6	1432,9	1270,2	—	—
Toplam Enerji Bedeli (€)	4526											
Hesaplamalar	Yıllık Kazanç (€)						Enerji Kazancı				Yatırım Geri Dönüş (Yıl)	
	2797						0,38				4,99	
"C Sınıfı" Kuru Soğutucu ile Kısmi Soğutma Senaryosu												
Harcanan Enerji (kW/h)	0,64	1,28	1,92	2,56	3,20	3,84	14,38	18,38	24,43	27,07	29,23	29,23
Toplam Enerji (kW)	0,00	11,7	91,2	260,3	602,7	1350,4	7765,2	12008,3	15818,4	14144,1	—	—
Saatlik Enerji Bedeli (€)	0,10											
Enerji Bedeli (€)	0,00	1,17	9,12	26,03	60,27	135,04	776,52	1200,83	1581,84	1414,41	—	—
Toplam Enerji Bedeli (€)	5205											
Hesaplamalar	Yıllık Kazanç (€)						Enerji Kazancı				Yatırım Geri Dönüş (Yıl)	
	2118						0,29				4,44	
"E Sınıfı" Kuru Soğutucu ile Kısmi Soğutma Senaryosu												
Harcanan Enerji (kW/h)	1,31	2,62	3,93	5,24	6,55	7,85	17,06	21,06	27,78	31,08	29,23	29,23
Toplam Enerji (kW)	0,00	24,0	186,7	532,7	1233,6	2760,6	9212,4	13759,2	17987,6	16239,3	—	—
Saatlik Enerji Bedeli (€)	0,10											
Enerji Bedeli (€)	0,00	2,4	18,7	53,3	123,4	276,1	921,2	1375,9	1798,8	1623,9	—	—
Toplam Enerji Bedeli (€)	6194											
Hesaplamalar	Yıllık Kazanç (€)						Enerji Kazancı				Yatırım Geri Dönüş (Yıl)	
	1130						0,15				6,83	

Benzer hesaplamalar, güncel bin değerleri mevcut olan tüm illerimiz için yapılabilir. Ülkemizdeki meteorolojik koşullar zaman içinde değişiklikler gösterdiğinden, bu verilere bağlı olarak derlenen bin değerleri de farklılaşmaktadır. Bu nedenle; yıllık kazanç, enerji kazancı ve yatırım geri dönüş yılı gibi değerlerin geçerliliklerini yitirebileceği düşüncesiyle sadece iki ilimize ait değerlendirmelere yer verilmiştir.

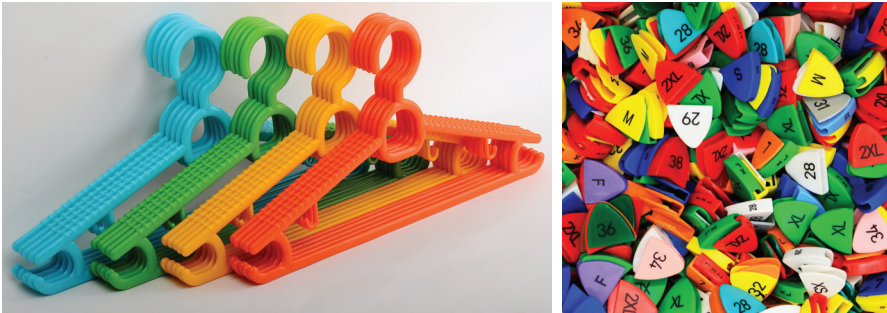
İstanbul'a nazaran daha yüksek dış ortam sıcaklıklarına ve bin değerlerine sahip İzmir'de enerji kazancı değerleri göreceli daha düşük gerçekleşmiştir. Türkiye plastik sektöründe faaliyet gösteren üretici firmaların başlıca şehirler bazında dağılımında İstanbul, İzmir ve Konya'nın toplamda % 70 payla ön sırada gelmeleri, hesaplarımızda bu şehirlere öncelik vermemizin altında yatan yegane sebeplerden biridir.

3.2 Uygulama Örneği - Entegre Doğal Soğutma Bataryalı Chiller Uygulaması

Şekil 3.2'de verilen prensip şeması, plastik sektörüne yönelik olarak geçmiş yıllarda İstanbul'da yapılmış bir uygulamaya aittir. Sistemde mevsimsel dış hava sıcaklıklarına bağlı olarak chiller devreden çıkarılmakta, kalıp ve yağ soğutma için doğal soğutma kullanılmaktadır. Böylelikle sistemde enerji verimliliği sağlanmaktadır. İşletme otomatik kontrol sistemi ile kumanda edilmektedir.

Doğal soğutma bataryası hava soğutmalı chillerin kondenseri ile entegre olarak aynı kaset içerisinde yer almaktadır. Böylelikle ünitenin kompakt bir yapıda olması da sağlanmıştır.

Soğutma sisteminin kurulu olduğu fabrika, plastik sektöründe faaliyet göstermekte ve giyim askıları imalatı yapmaktadır (Şekil 3.1). Fabrika 12 ay, 6 gün/24 saat üretim yapmaktadır. Toplam 7 adet enjeksiyon makinesi prensip şeması verilen entegre doğal soğutma bataryalı hava soğutmalı chillere bağlı çalışmaktadır.



Şekil 3.1 Üretilen farklı giyim askıları örnekleri

Sistem yaz konumunda 4 ay (Haziran - Eylül); kış konumunda 8 ay (Ekim - Mayıs) çalışmaktadır.

Yaz Konumunda (Haziran - Eylül)

Kalıpları Soğutmak İçin

Chiller çalıştırılmaktadır. Soğutma suyu çalışma sıcaklık aralığı alt sınır değeri; 24,5 °C, üst sınır değeri 26 °C'dir. Sistemde chiller grubu saatte toplam 30 dakika beklemekte, 30 dakika çalışmaktadır.

Üretilen giyim askılarının malzemesi polistren ve polipropilendir. Üreticinin yaptığı çeşitli denemeler sonrasında kalıpların daha düşük sıcaklıklarda soğutulmasının bu ürünün üretim hızını çok fazla etkilemediği, ihmal edilebilir düzeyde olduğu görülmüştür. Bu nedenle de görece yüksek sıcaklıkta kalıp soğutması yapılmaktadır. Ürün için farklı bir malzeme kullanılması veya ürün kalınlıklarının artması durumunda daha düşük sıcaklıkta kalıp soğutma suyuna ihtiyaç duyulabilir ve düşük sıcaklıkta su kullanımı ile üretim hızı artırılabilir.

Enjeksiyon Makineleri Hidrolik Yağı Soğutulması İçin

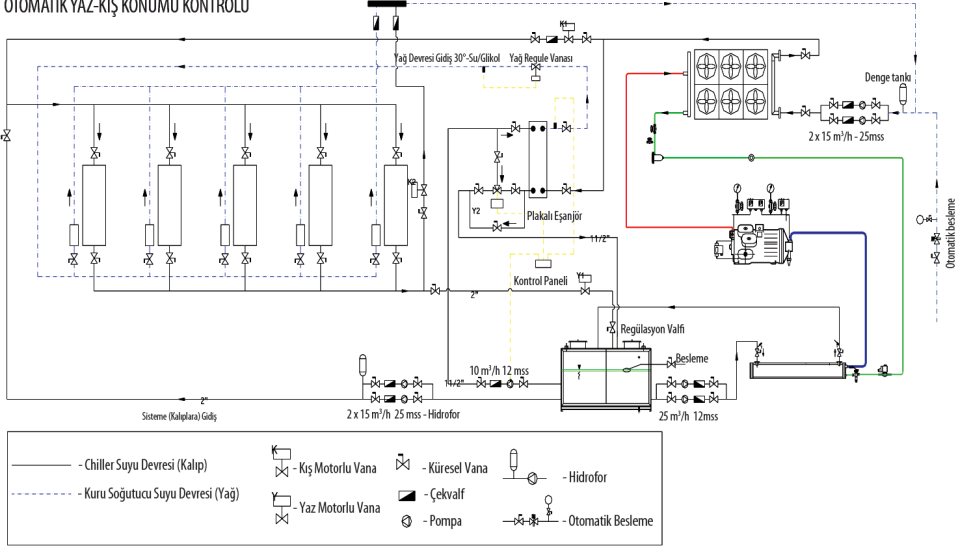
Entegre doğal soğutma bataryası (entegre kuru soğutucu ünite) kullanılmaktadır. Yağ soğutma için soğutma suyu çalışma sıcaklık aralığı alt sınır değeri 30 °C, üst sınır değeri 36 °C'dir. Mevsim normallerinin üzerindeki aşırı hava sıcaklıklarında plakalı eşanjör devreye girmektedir.

Kış Konumunda (Ekim - Mayıs)

Kalıpları Soğutmak İçin

Entegre doğal soğutma bataryası (entegre kuru soğutucu ünitesi) kullanılmaktadır. Chiller kapalıdır. Soğutma suyu çalışma sıcaklık aralığı alt sınır değeri 24,5 °C, üst sınır değeri 26 °C'dir. Altı fandan oluşan ünitenin ikisi sürekli çalışmakta, diğer fanlar termostat kontrolü ile devreye girmektedir (bunun yanı sıra Ocak ve Şubat aylarında bazı günlerde lodos estiği zaman oluşan hava akımı fanları kendisi çevirmekte, böyle durumlarda fanlar günde sadece 5 saat çalışmakta, ek bir enerji kazancı sağlamaktadır. Bu durumun oluşma zamanları belirsiz olduğundan dolayı analizde dikkate alınmamıştır).

BATARYALI SOĞUTMA GRUBU UYGULAMASI PRENSİP ŞEMASI
OTOMATİK YAZ-KIŞ KONUMU KONTROLÜ



***Şekil 3.2** Entegre doğal soğutma bataryalı hava soğutmalı chiller uygulamasına yönelik prensip şeması*

Enjeksiyon Makineleri Hidrolik Yağı Soğutulması İçin

Entegre doğal soğutma bataryası (entegre kuru soğutucu ünitesi) kullanılmaktadır. Yağ soğutma için soğutma suyu çalışma sıcaklık aralığı alt sınır değeri 24,5 °C, üst sınır değeri 26 °C'dir. Yağ sıcaklığı kışın düşük kaldığından makinelere giden hattaki su debisi ayarlanarak yağ sıcaklığı istenilen değerde tutulmaktadır.

Tablo 3.7 Mevcut Sisteminin Çalışma Durumu ve Doğal Soğutma Olmaması Senaryosundaki Durum

Soğutma İşlemi	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
Mevcut Durum												
Kalıp Soğutma	Kuru Soğutucu					Soğutma Grubu(Chiller)			Kuru Soğutucu			
Yağ Soğutma						Kuru Soğutucu						
Doğal Soğutma Uygulanmaması Durumu												
Kalıp Soğutma	Soğutma Grubu (Chiller) 1											
Yağ Soğutma	Soğutma Grubu (Chiller) 2											

Doğal soğutma ile ortaya çıkan kazancın bulunması için yapılan hesaplamada, sistemin mevcut durumu ile doğal soğutmanın yapılmaması durumu (chiller kullanılması) karşılaştırılmıştır.

Sistemde gerekli olan soğutma kapasitesi ihtiyacı 180 kW'dır. Mevcut durumda kalıp soğutma için 60 kW ve yağ soğutma için 120 kW kapasite gerekmektedir. Su soğutma grubu daha sonra yapılacak yatırımlar içerisinde ortaya çıkacak kapasite gereksinimlerini karşılaması için olması gereken kapasiteden daha büyük seçilmiş, bu nedenle de saatte toplam 30 dk. beklemekte, 30 dk. çalışmaktadır. Doğal soğutma bataryası hava soğutmalı chillerin kondenseri ile entegre olarak aynı ünite içerisinde yer almaktadır. Üniteye 6 adet yüksek devirli Ø630 mm fan mevcuttur.

Doğal soğutma uygulanmaması durumundaki senaryoda ise, sistemdeki yağ ve kalıp soğutma prosesleri için gerekli toplam 180 kW soğutma kapasitesini karşılamak için iki adet 120 kW chiller kullanımı öngörülmüştür. Sistemde ihtiyaç duyulan 180 kW soğutma yüküne karşılık toplam 240 kW kapasiteli chillerlerin 18'er saat çalışması yeterlidir. Analizde, elektrik birim fiyatının KDV ve benzeri eklentiler dahil 0,1 €/kWh olduğu kabul edilmiştir. Doğal soğutma uygulamalı ve doğal soğutma uygulanmaksızın yaz ve kış aylarında yapılan proses soğutma esnasında harcanacak enerji bedelleri dönemlere bağlı olarak yıllık toplamda aşağıdaki tabloda verilmiş, ekonomik kazanç gösterilmiştir. Ele alınan uygulamada yıllık 15.998,73 € (% 63,72) kazanç sağlanmaktadır.

Tablo 3.8 Doğal Soğutma ile Ortaya Çıkan Kazanç Hesap Tablosu

Var Olan Durum (Chiller + Doğal Soğutma Bataryası Uygulaması)		
Kalıp Soğutma ve Yağ Soğutma	4 Aylık Yaz Dönemi	5.612,52 €
	8 Aylık Kış Dönemi	3.498,08 €
	Yıllık Tüketim Bedeli	9.110,60 €
Chiller + Chiller Senaryosu (Doğal Soğutma Yok)		
Kalıp Soğutma ve Yağ Soğutma	4 Aylık Yaz Dönemi	10.761,14 €
	8 Aylık Kış Dönemi	14.348,19 €
	Yıllık Tüketim Bedeli	25.109,33 €
Ekonomik Kazanç (Euro/Yıl)		15.998,73 €
Ekonomik Kazanç (%)		% 63,72

Yapılan hesaplamalara göre kuru soğutucu kullanımı ile yıllık % 33 oranında bir enerji tasarrufu sağlanmaktadır. Bu tasarruf sayesinde sistem yaklaşık üç yıl içerisinde kendini amorti etmektedir. Aşağıdaki tablolarda doğal soğutma ile ortaya çıkan kazanç gösterilmiştir.

Tablo 3.9 Karşılaştırmalı Olarak Doğal Soğutma ile Ortaya Çıkan Kazançlar

	Chiller ile Soğutma (% 100 Mekanik)	Kışın Doğal Soğutma		Chiller ile Soğutma (% 100 Mekanik)	Kışın Doğal Soğutma
Birim	kWh/a	KWh/a	Birim	€/a	€/a
Mekanik Soğutma	1.306	806	Kompresör Soğutması	% 103	% 64
Doğal Soğutma		500	Doğal Soğutma		% 6
Toplam	1.306	1.306	Toplam	% 103	% 70
Yıllık Tasarruf: % 33					

3.4 Uygulama Örneği - Endüstriyel Proses Soğutma için Kuru Soğutucu Uygulaması - 2

Kuru soğutucuların endüstriyel proses su soğutma sistemlerinde doğal soğutucular olarak kullanılmalarının yanı sıra iklimlendirme sistemlerinde de aynı amaçla kullanılır. Bilgisayar odaları, veri ve telekomünikasyon merkezleri, elektronik eşya satan mağazalar, alışveriş merkezleri, konferans salonları vb. yerlerde soğutma ihtiyacı tüm yıl boyunca hissedilmektedir. Kış ve bahar mevsimlerinde kuru soğutucular ile soğutma yapılarak enerji tasarrufu sağlanabilmektedir.

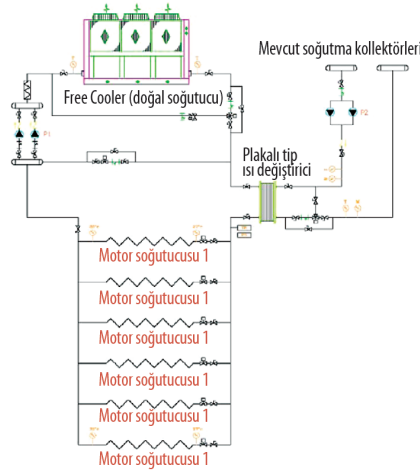
Aşağıda, (plastik sektörünün dışında farklı bir alanda yapılmış) proses soğutma sisteminde kuru soğutucu kullanımına yönelik örnek verilmiştir. Örnekte, İstanbul'daki bir baskı tesisinde baskı makineleri motorlarının soğutulması için kullanılan doğal soğutma sistemi uygulaması hakkında bilgi verilmektedir.

Baskı makinesi imalatçısı firmanın su soğutmalı motorlar için verdiği şartlar şunlardır:

- Motor soğutma suyu giriş/çıkış sıcaklığı : 27 °C / 35 °C
- Motorlara giden suyun debisi : 13 m³/h
- Günlük çalışma saatleri : 20:00-04:00 (365 gün)
- Toplam soğutma kapasitesi : 120 kW

Yukarıda belirtilen şartları sağlamak için baskı makinelerinin gece çalışacağı göz önünde tutularak geliştirilen soğutma sisteminin prensip şeması Şekil 3.6'da veril-

miştir. Baskı makineleri motor soğutucusundan çıkan su pompa yardımıyla ilk önce kuru soğutucuya gönderilmekte, kuru soğutucuda soğuk hava ile soğutulan su daha sonra da plakalı tip ısı değıştiricisine gönderilmektedir. Dış hava kuru termometre sıcaklığına bağı olarak çalışan kuru soğutucuda soğutulan suyun sıcaklığı 27 °C'nin üzerine çıkması durumunda, 6/12 °C su rejiminde çalışan plakalı ısı değıştiricisinde ikincil bir soğutmaya tabi tutulmaktadır.



Şekil 3.6 Motor suyu soğutma sistemi

Kış çalışmasında dış hava sıcaklığının 0 °C'nin altına düşmesi olasılığı göz önünde tutularak su devresinde glikol kullanılmıştır. Kuru soğutucuda 13 m³/h debideki suyun sıcaklığını 35 °C'den 27 °C'ye düşürmek, yani 121 kW'lık ısı yükünü karşılamak için 2 kW gücünde 3 adet aksiyal fan kullanılmıştır. Fanların çektiği güç ise toplam 3,9 KW olarak ölçülmüştür. Sistemin COP'si ~ 3'dür. Bu ısı yükünün tamamının hava soğutmalı chiller tarafından karşılanması durumunda, chillerin COP'si 3 civarında olduğu kabul edilirse, tüketilen enerji 121/3 = 40 kW civarında olur. Sonuç olarak kurulan doğal soğutma sistemi ile % 90 oranında enerji tasarrufu sağlanmış ve sistem kendini 5 ayda amorti etmiştir.

3.5 Uygulama Örneği - Plastik Sektöründe Yağ Soğutma Sistemlerinde Kullanılan Soğutma Uygulamalarının Karşılaştırılması

Aynı ihtiyacı karşılayacak açık ve kapalı devre su kuleleri ile ıslak/kuru soğutucu sistemin ekonomik açıdan karşılaştırılması amacıyla hazırlanan analiz sonuçları aşağıda verilmiştir. Bir soğutma cihazının kondenserinden 630 kW'lık ısı alınması söz konusudur. % 70 - % 30 su/glikol karışımının soğutucuya giriş sıcaklığı

30 °C, soğutucudan çıkış sıcaklığı ise 26 °C'tır. Hava sıcaklığı 32 °C, bağıl nem % 38 alınmıştır. Analizde; KDV ve benzeri eklentiler dahil su birim fiyatının 1,98 €/m³, elektrik birim fiyatının ise 0,1 €/kWh olduğu kabul edilmiştir. Sermaye masraflarının hesaplanmasında Euro'ya uygulanan yıllık faiz oranı % 10 alınmış, her üç sistemin de 15 yıl kullanılacağı varsayılmıştır (hesaplamalarda böyle alınmakla birlikte kulenin korozif gazlara dayanıksızlığı ve diğer etkenlerle ekonomik ömrünün galvaniz kaplı olanlarda bile 5 ile 10 yıl arasında olduğunu belirtmekte yarar vardır).

Tablo 3.10 Su kuleleri ile Islak/Kuru Soğutucu Sistemin Ekonomik Açıdan Karşılaştırılması

Sistem Masraf	Açık Devre Su Kulesi	Kapalı Devre Su Kulesi	Islak/Kuru Soğutucu
İlk Yatırım Maliyeti (€)	4.350	9.500	23.500
Su Giderleri (€/yıl)	31.300	31.300	4.600
Elektrik Giderleri (€/yıl)	5.900	7.020	11.260
Muhafaza Etme Masrafları (€/yıl)	510	640	510
Faiz Giderleri (€/yıl)	570	1.250	3.090
Yıllık Toplam İşletme Masrafı (€/yıl)	38.280	40.210	19.460

Yıllık toplam işletme masrafları; su, elektrik ve faiz giderleri ile muhafaza etme masraflarının toplamından oluşmaktadır. Tablo 3.10'a göre ıslak/kuru sistem, açık devre su kulesi ile arasındaki ilk yatırım maliyeti farkını bir yılda, kapalı devre su kulesi ile arasındaki ilk yatırım maliyeti farkını ise bir yıldan kısa sürede karşılamaktadır. Bu süreler sonunda ıslak/kuru soğutucu sistem diğer sistemlere göre ekonomik olarak daha avantajlı duruma geçer. Masraflar hesaplanırken kullanılan değerler tesisin bulunduğu yere ve kullanıldığı zamana göre değişeceği için, yukarıdaki tablo genel bir kıyaslama amacıyla kullanılmalıdır.

Suyun çok bol ve ucuz olduğu yerlerde ilk yatırım maliyeti su harcamalarından daha önemli bir kriter olabilir. Suyun az bulunduğu ve pahalı olduğu koşullarda ise soğutma suyu açısından en fazla tasarrufu sağlayacak sistemin seçilmesi avantajlı olacaktır.

Aşağıdaki tabloda ise, 560 kW'lık soğutma ihtiyacını karşılayacak bir chiller ile, aynı ihtiyacı karşılayacak bir ıslak/kuru soğutucu sistem, aylık (30 gün çalışma) enerji harcaması açısından karşılaştırılmaktadır. Soğutucudan geçen akışkanın 35 °C sıcaklıktan 31 °C sıcaklığa soğutulması istenmektedir. Hava sıcaklığı 33 °C, bağıl nem

% 48 alınmıştır. Her iki sistemin de 16 saat/gün çalıştığı kabul edilmiştir. Elektrik birim fiyatı KDV ve benzeri eklentiler dâhil 0,1 €/kWh alınmıştır.

Tablo 3.11 Chiller ile Islak/Kuru Soğutucu Sistemin Ekonomik Açıdan Karşılaştırılması

Chiller Ünitesi		Islak/Kuru Soğutucu Sistem
Kompresör gücü: 136 kW	16 fanın çektiği güç: 32 kW	10 fanın çektiği güç: 20 kW
Toplam güç: 168 kW		Toplam güç: 20 kW
Aylık enerji harcaması: 80640 kWh		Aylık enerji harcaması: 9600 kWh
Aylık masraf: 7.258 Euro		Aylık masraf: 864 Euro

Yukarıdaki tabloya göre, ıslak/kuru soğutucu sistem kullanılması durumunda aylık kazanç 6.395 Euro olarak hesaplanabilir. Su tesisatı ve benzeri yatırımlar hariç tutularak sadece soğutucular ele alındığında, kullanılan chillerin yatırım maliyetinin yaklaşık olarak 61.355 Euro olduğu, ıslak/kuru soğutucunun ise 27.600 Euro gibi bir yatırımla elde edilebileceği konusu da dikkate alınmalıdır. Sonuç olarak, ıslak/kuru soğutucu sistem hem ilk yatırım maliyeti açısından, hem de işletme masrafları açısından chillerden daha avantajlı durumdadır.

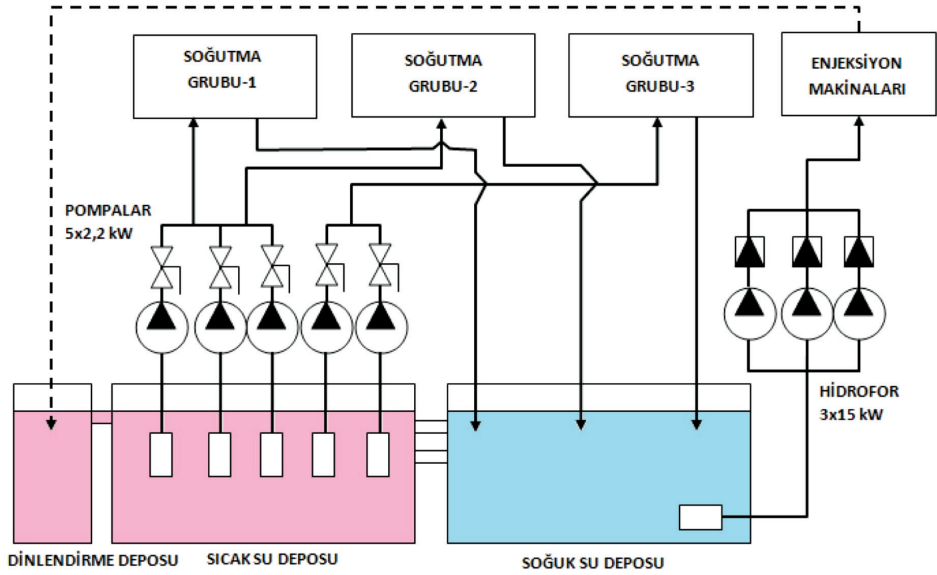
3.6 Uygulama Örneği - PVC Profil Üretim Fabrikasının Plastik Enjeksiyon Kalıplarının Enerji Analizi

Çalışma, Balıkesir’de faaliyet gösteren bir PVC profil üretim fabrikasının plastik enjeksiyon kalıplarının soğutma sistemi üzerinde yapılmıştır. Tablo 3.12’de chillerin kapasiteleri verilmiştir.

Tablo 3.12 Chiller kapasiteleri

Chiller	Soğutma Kapasitesi	Kompresör Gücü
WRAT/HT 0802	189 kW	62 kWh
WRAT/BO 0505	117 kW	40 kWh
NECS-ST/HT 0802	209 kW	68 kWh
Toplam	515 kW	170 kWh

Firmadan alınan çalışma süreleri ve cihazların tüketim değerleri doğrultusunda sistemin toplam tüketimi 979.200 kWh bulunmuş ve yıllık maliyetler hesaplanmıştır.



Şekil 3.7 Fabrikadaki eski su soğutma tesisatı

Yıllık Maliyet; (979.200 kWh) x (0,3 TL/kWh) = 293.760 TL olarak hesaplamıştır.

Tablo 3.13 Kuru Soğutucuların Teknik Özellikleri

Teknik Özellikler		
Isı Transfer Alanı	m ²	1290
Sıvı Debisi	m ³ /h	69,4
Hava Debisi	m ³ /h	136258
Hava Giriş Sıcaklığı	°C	0
Sıvı Giriş Sıcaklığı	°C	18
Geometrik Özellikler		
Adet	Ad.	1
Uzunluk (Dıştan)	mm	5000
Genişlik (Dıştan)	mm	2440
Yükseklik (Dıştan)	mm	1700
Fan Çapı	mm	800
Fan Adedi	adet	8
Sistem Özellikleri		
Sistemin Kurulu Gücü	kW	17,6 (16 adet fan için)

Sistemin Çalışma Senaryosu

1. Kalıpların ihtiyaç duyduğu 10-12 °C aralığındaki soğutma suyunun karşılanabilmesi için chiller ve kuru soğutucular arasına konulan motorlu vanalar ve PLC yazılımı sayesinde, hava sıcaklığının 10 °C'den az olduğu günlerde chillerlerin durdurulup, kuru soğutucuların çalışması soğutma ihtiyacı karşılanacaktır.
2. Hava sıcaklığı eşik değeri olan 10 °C'ye ulaştığında, sistem 10 dakika kadar en son çalışma konumunda bekletilerek sıcaklığın rejime girmesi, sıcaklıktaki ani dalgalanmalar karşısında kuru soğutucuların ve chillerlerin sistemden kopmaması amaçlanmıştır.
3. 16 adet 1,2 KW fan gücüne sahip kuru soğutucular besleme suyu sıcaklığının durumuna göre sıra ile devreye girecek ve aynı şekilde devreden çıkartılacaktır.
4. Chillerlerin besleme suyu sıcaklığını 10-12 °C'de sabit tutabilmesi için kapasite ayarlaması otomatik olarak yapılacak olup, yeterli olması durumunda da chillerlerden bir veya ikisi devreden çıkacaktır.

Sistemin Çalışması

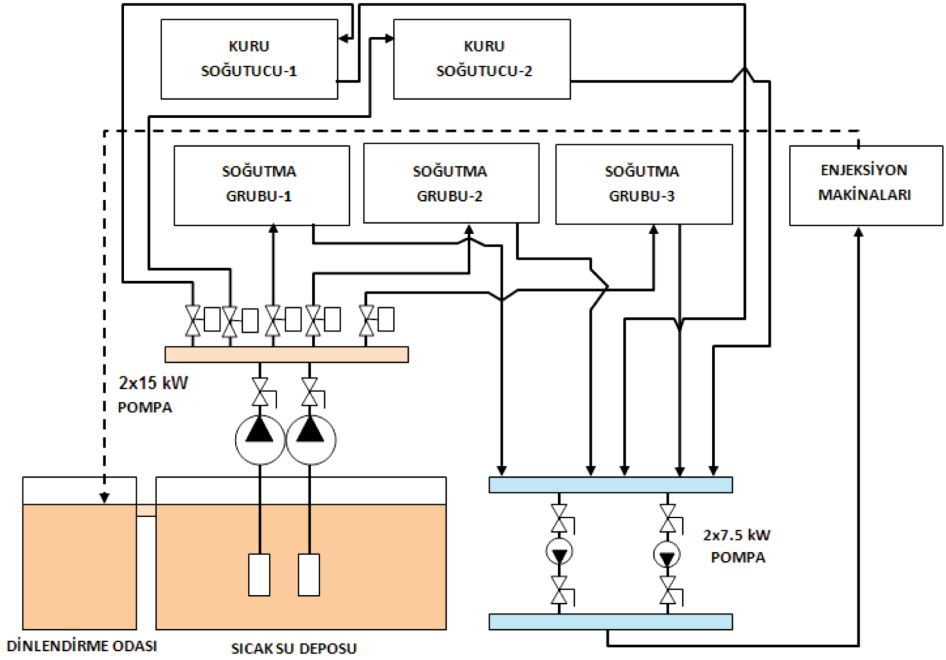
Sistemin çalışma senaryosunda da belirtilen PLC yazılım sayesinde hava sıcaklığına bağlı olarak otomatik kontrol vanalarının açılıp kapanması ile kuru soğutucuların devreye girip çıkması hedeflenmiştir. Yazılımda meydana gelebilecek arıza gibi durumlarda da yine ekranda görülen start-stop tuşları ile sistem kapatılabilir veya mevcut sistemin yükü karşılamaması durumunda fan sayıları artırılabilir.

Güç analizör cihazı, chiller ve kuru soğutucuların çalıştığı zaman aralıklarını kaydedip, çektiği güç miktarlarını ölçmektedir. Akım trafoları ile anlık tüketimler hesaplanmaktadır. Bu veriler ile dış hava sıcaklıkları karşılaştırılmış ve sistemin istenilen ortam sıcaklıklarında düzgün çalışıp çalışmadığı saptanmaya çalışılmış, su dönüş sıcaklıklarına bağlı olarak chillerlerin kapasite ayarlaması izlenmiştir.

Şekil 3.8'de dış etkenlerden korumak amacı ile chiller içerisine yerleştirilen güç analizörü bağlantısı gösterilmiştir. Kullanılan üç adet 200 amperlik akım trafoları iki chiller ve kuru soğutuculara bağlanmıştır. Üçüncü chillerin devre dışı bırakılması planlandığından, bu cihazın ölçümüne gerek duyulmamıştır.



Şekil 3.8 Güç analizörü bağlantısı ve akım trafosu



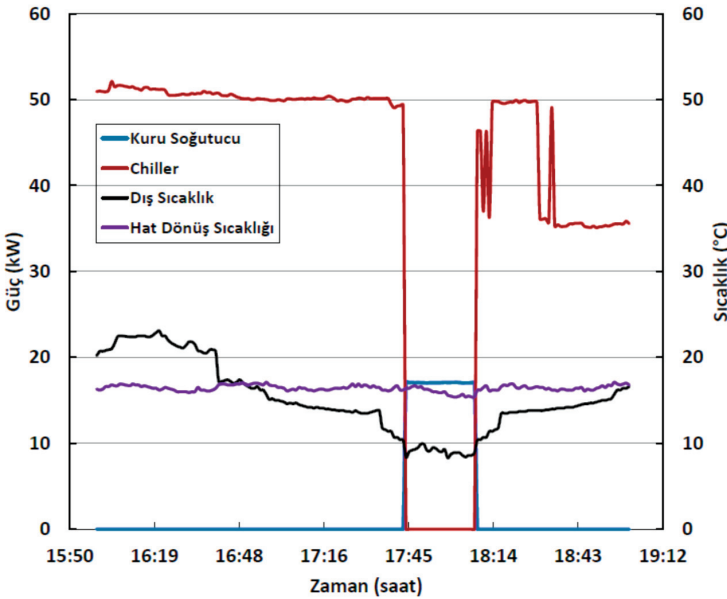
Şekil 3.9 Revize edilmiş su soğutma sistemi

Sistem Ölçüm Sonuçları

Yapılan ölçümler doğrultusunda geçiş dönemlerinde kuru soğutucuların ve chillerlerin aynı gün içerisinde elektrik tüketim miktarları belirlenmiş olup, bu bilgiler ışığında yıl içerisindeki tasarruf miktarı ortaya konulmuştur. Yapılan ölçümler Şekil 3.10'da verilmiştir.

Kuru soğutucu fanları için verilmiş olan 19,2 kW (toplam 16 adet fan) değerinin gerçek ölçümlerde, 17 kW civarında olduğu görülmüştür. Aynı zamanda sistemde chiller için yaz dönemlerinde tahmin edilen 100 kW'lık tüketim miktarı, kış ve bahar dönemlerinde 50 kW seviyesinde ölçülmüştür.

Hat dönüş sıcaklığının 15-20 °C aralığında olduğu dönemde 7 enjeksiyon kalıbı bulunan işletmede 3 kalıp çalışmakta, bundan dolayı yine bu dönemde chillerler tam kapasitede işletilmemektedir.



Şekil 3.10 27-31 Mart 2014 dönemi sistemin çalışma görünümü

Yeni Su Soğutma Sistemi

- Su besleme sıcaklığı : 12 °C
- Su dönüş sıcaklığı : 16 °C
- Kurulu soğutma yükü : 515 kW
- Kompresör güçleri : 170 kW
- Kuru soğutucu tüketimi : 17,6 kW
- Kuru soğutuculardan elde edilen tasarruf : $(50-17) 24.111 = 87.912 \text{ kWh}$
- Toplam tasarruf miktarı : $87.912 \text{ kWh} \cdot 0,3 \text{ TL/kWh} = 26.373 \text{ TL}$
- Yenileme masrafları : 80.000 TL
- Tahmini geri ödeme süresi : $80.000/26.373 = 3,03 \text{ yıl}$

Değerlendirme

Çalışmada soğutma grubu tesisatı yenilenmiş ve sisteme kuru soğutucular eklenmiş ve enerji ölçümleri yapılmıştır. Sadece kuru soğutuculardan elde edilen tasarruf miktarı göz önüne alındığında sistemin geri ödeme süresinin 1,33 yıl olması, orta ölçekli bir KOBİ için çok önemli anlamlar içermektedir.

4 - SONUÇ

“Plastik Endüstrisinde Soğutma Sistemleri ve Uygulamaları” başlığıyla yayınladığımız bu kitap, plastik endüstrisinde kullanılan soğutma sistemleri ve uygulamalarına vurgu yapmaktadır. Plastik sektörü içerisinde faaliyette bulunan mühendislerin, işletme sahiplerinin, yatırımcıların ve konu ile ilişkili olabilecek tüm profesyonellerin, sektörde kullanılan soğutma sistemleri hakkında bilgi sahibi olmalarını amaçlamaktadır. Kullanılan soğutma sistemlerinin karşılaştırmalı avantajlarının ve dezavantajlarının anlaşılması; enerji verimliliği yüksek uygulamaların öneminin kavranması, soğutma ünitelerinin malzeme, performans ve konstrüktif özelliklerinin bilinmesi ve düşük ömürlü, arıza riski görece olarak yüksek uygulamalardan kaçınılması oldukça büyük önem taşımaktadır.

Friterm A.Ş. olarak, *“Plastik Endüstrisinde Soğutma Sistemleri ve Uygulamaları”* kitabının plastik sektörü içerisindeki meslektaşlarımıza faydalı olacağı inancındayız.

5 - KAYNAKÇA

- [1] Acül, H., “Soğuk Sulu İklimlendirme ve Proses Soğutma Uygulamalarında Enerji Tasarruflu Doğal Soğutma Sistemleri”, VIII. TESKON Kongresi, MMO İzmir, 2007
- [2] Kılıç, A., Plastiklerin Yangın Güvenliği, İ.T.Ü. Makine Fakültesi, 2017.
- [3] <http://tr.wikipedia.org/wiki/Plastik> (Mart 2017’de erişildi).
- [5] Hastek Teknik Katalogları, www.hastek.com.tr, (Mart 2017’de erişildi).
- [6] http://tr.wikipedia.org/wiki/Plastik_enjeksiyon (Mart 2017’de erişildi).
- [7] www.kenplas.com/project/pet/petblow.aspx, (Mart 2017’de erişildi).
- [8] Koçak M., Abalı B.E., “Plastik Enjeksiyon Kalıbı Tasarımı”, İTÜ Makine Mühendisliği Bölümü Bitirme Tasarım Projesi”, 2005.
- [9] Bütaş Klima Ltd., “Kalıp-Yağ Soğutmasının İşletme Maliyetlerine Etkileri, www.kalipdunyasi.com.tr, (Mart 2017’de erişildi)
- [10] Erişkin, Y.,Uzun, İ., “Hacim Kalıpcılığı”, MEB Basımevi, 1984
- [12] Çınar, Y., “Plastik Enjeksiyon Kalıpcılığında Verimlilik ve Maliyet”, www.turkcadcam.net/rapor/pek-maliyet, (Mart 2017’de erişildi).
- [17] Ekren, O., “Plastik Enjeksiyon Kalıplarında Soğutma”, Soğutma Dünyası Dergisi, Sayı 39, ESSİAD, 2007.
- [18] Cundiff, S., “Fluid Power Circuits And Controls: Fundamentals and Applications ”, CRC Press, 2001
- [19] Akyüz, Ö.F., “Plastik ve Plastik Enjeksiyon Tekniklerine Giriş”, PAGEV Yayınları, 1998.
- [20] Turaçlı, H., “Enjeksiyon Kalıpları İmalatı”, PAGEV Yayınları, 2000.
- [22] Friterm A.Ş Teknik Dokümanları ve Uygulamaları, www.friterm.com, (Mart 2017’de erişildi).
- [23] ASHRAE Handbook, Systems and Equipment, Chapter 36-38, ASHRAE, 2000
- [24] De Saulles,T.,” BSRIA Guide: Free Cooling Systems”, BSRIA, 2004
- [28] Climaveneta Firması “Free Cooling” Teknik Broşürü, <http://www.climaveneta.com/EN>, (Mart 2017’de erişildi).
- [29] TPC Teknik Kataloğu, www.totalprocesscooling.co.uk, (Mart 2017’de erişildi).
- [32] EPS, Ecomesh Teknik Kataloğu, www.epsltd.co.uk, (Mart 2017’de erişildi)
- [34] Baltimore Aircoil Company Teknik Kataloğu, <http://www.baltimoreaircoil.com/english>, (Mart 2017’de erişildi).
- [35] Jaeggi/Guentner Teknik Kataloğu, www.jaeggi-hybrid.eu, (Mart 2017’de erişildi)
- [36] The Dow Chemical Company, Dowtherm 4000 Teknik Kataloğu, www.dowtherm.com, (Mart 2017’de erişildi).

- [37] TS EN 1048:2014, Isı Değiştiriciler (Eşanjörler)- Hava Soğutmalı Sıvı Soğutucular “Kuru Soğutucular” - Performansın Belirlenmesi İçin Deney İşlemleri, 30.10.2014.
- [38] EUROVENT Rating Standard on Forced Convection Air Cooled Liquid Coolers -Dry Coolers) 7/C/003 –2010.
- [39] Ziehl Abegg Teknik Kataloğ, <http://www.ziehl-abegg.com/tr/tr>, (Mart 2017’de erişildi).
- [40] EBM-PAPST GmbH, “EC Fans” Teknik Broşürü, www.ebmpapst.com, (Mart 2017’de erişildi).
- [41] Acül, H., “Kuru Soğutuculu Doğal Soğutma Uygulamaları ile İklimlendirme Sistemlerinde Enerji Verimliliğ”, IX. TESKON Kongresi, MMO İzmir, 2009.
- [43] Hanbell Teknik Kataloğ, www.hanbell.com/index_eng.html, (Mart 2017’de erişildi).
- [44] İsko Plastik Ürün Kataloğ, www.iskogrup.com, (Mart 2017’de erişildi).
- [45] Knief U., “Free Cooling is Worthwhile!” GEA -Küba Kältetechnik GmbH, Forum Küba magazine for expertise in Refrigeration Technology, Sayı:2, Ağustos 1999.
- [46] Dr. Schneider Kunststofftechnik GmbH Ürün Kataloğ, www.dr-schneider.com,
- [47] Bilge, M.,” Endüstride ve Ticari Yapılarda Doğal Soğutma (Free Cooling) Sistemlerinin Uygulanması” VIII. TESKON, MMO İzmir, 2007
- [48] Star Refrigeration, “EcoDesign Directive Minimum Energy Efficiency Standards for Refrigeration Systems”, 2015.
- [49] Commission Regulation (EU) 2015/1095, “Implementing Directive 2009/125/EC of the European Parliament and of the Council with regard to ecodesign requirements for professional refrigerated storage cabinets, blast cabinets, condensing units and process chillers, 5 May 2015.
- [50] Directive 2009/125/EC, “Establishing a framework for the setting of ecodesign requirements for energy-related products, 21 October 2009.
- [51] Directive 2012/27/EU, “Energy efficiency”, October 2012
- [52] PAGEV, Dünya ve Türkiye Sektör İzleme Raporu, 2016
- [53] Pusat, Ş., Üç Büyük Şehir Merkezi İçin Bin Data Değerlerinin Belirlenmesi, Binalarda Enerji Sempozyumu, TESKON 2015, İzmir, s.1597-1606
- [54] Güngör, Ü., Aydın, S., İsa, K., AB EkoTasarım Yönergesi Kapsamında Chiller İçin Minimum Enerji Verimliliğ Standardı, Termoklima, Şubat 2017, s.78-82.
- [55] Caner, İ., İlten, N., Bulgurcu, H., Kaya, S., Endüstriyel Soğutma Uygulamalarında Kuru Soğutucularla Enerji Tasarrufu, 2. Ulusal İklimlendirme Soğutma Eğitimi Sempozyumu ve Sergisi, s. 408-418, 23-25 Ekim 2014, Balıkesir.

Notlar:

This image shows a single sheet of white paper with horizontal ruling lines. The lines are evenly spaced and run across the width of the page. There are no margins, text, or other markings on the paper.

Start



Web sitemizi Yeniledik!

Yenilenen web sitemizde aradığınız bilgiye çok daha kolay ulaşabilir, mobil uyumlu özelliğiyle tablet ve telefonlarınızdan rahatça görüntüleyebilirsiniz.

Friterm'i daha yakından tanımak, ürün ve hizmetlerimiz konusunda detaylı bilgi almak için web sitemizi ziyaret edin.

www.friterm.com

Friterm ve sektörel ilgili son gelişmeleri sosyal medyadan da takip edebilirsiniz.



facebook.com/friterm



twitter.com/friterm



linkedin.com/company/friterm



Sürdürülebilir çevre için yenilikçi ürünler



SERTİFİKALI GEOMETRİLER	ID Numarası
M2522-3/8"	14. 06. 001
F3228-12mm	14. 04. 002
F3833-12mm	14. 04. 003
F3833-15mm	14. 04. 004
M4035-12mm	14. 04. 005
M4035-15mm	14. 04. 006

Tasarım ve uygulamalarınızda
Friterm A sınıfı ürünleri tercih ediniz.



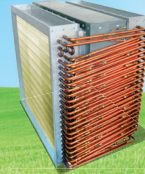
Hava Soğutmalı
Kondenser



V Tip Kuru
Soğutucu



Oda Soğutucular



Atrnalı Isı Borulu
Nem Alma Ünitesi



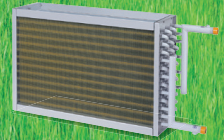
Yüksek Verimli Isı
Geri Kazanım Bataryası



Paslanmaz Borulu NH3
ve Glikol Soğutucular



Kanal Tip
Isıtma ve Soğutma
Bataryaları



Sıcak-Soğuk
Su Bataryaları



twitter.com/friterm



facebook.com/friterm



linkedin.com/company/friterm

Merkez / Fabrika:
İstanbul Deri Organize Sanayi Bölgesi Dilek Sokak
No:10 X-12 Özel Parsel Tuzla 34957 İstanbul / TÜRKİYE
Tel: +90 216 394 12 82 (pbx) Faks: +90 216 394 12 87
info@friterm.com
www.friterm.com