

ENDÜSTRİDE VE TİCARİ YAPILARDA DOĞAL SOĞUTMA (FREE COOLING) SİSTEMLERİNİN UYGULANMASI

Mustafa BİLGE

ÖZET

Bu çalışmada gerek endüstriyel proseslerde gerek ticari yapılarda geçiş dönemlerinde ve kışın soğutma ihtiyacı olduğu durumlarda düşük sıcaklıkta ki havanın doğal soğutma yapabilme yeteneğinden faydalanarak nasıl soğutma yapılacağı hakkında bilgi verilecektir. Özellikle dış hava sıcaklığının uygun sıcaklıklarda olması durumunda soğutma grubunu çalıştırmadan doğal soğutma ile gerek ticari gerek endüstriyel tesisler de gerçekleştirilen uygulamalar anlatılacaktır.

Gerek enerji gerek çevre ile ilgili sorunlar dikkate alındığında enerji tasarrufu anlamında yapılan bu gibi çalışmaların gelecekte ön plana çıkacağı aşikardır.

1. GİRİŞ

Kapalı mahallerde yaşayan insanlara iç hava kalitesini ve konfor şartlarını yükseltirken enerji tüketimi azaltmak paradoks gibi gözükse de dış hava sıcaklığı bina iç hava sıcaklığının oldukça altında olması durumunda soğutma gruplarının çalışması da ayrı bir paradokstur. Yaşadığımız şehirlerdeki binalarda dışarıda kar yağarken çalışan soğutma grupları veya split klimalar buna çok güzel örnek teşkil eder. Doğal soğutmalı (free cooling) sistemlerin avantajı dış hava sıcaklığı uygun şartlara geldiğinde binadaki iç ısı yüklerini soğutma gruplarını çalıştırmadan dış havayı kullanarak karşılamaktır, bu sistemler sayesinde iç ısı yüklerinin 20 -60 % doğal soğutma ile karşılamak mümkündür.

2. KONFOR KLİMASINDA FREE COOLING UYGULAMALARI

Konfor klimasında doğal soğutma uygulamaları hava ve su tarafı olmak üzere iki ana grupta incelenecektir.

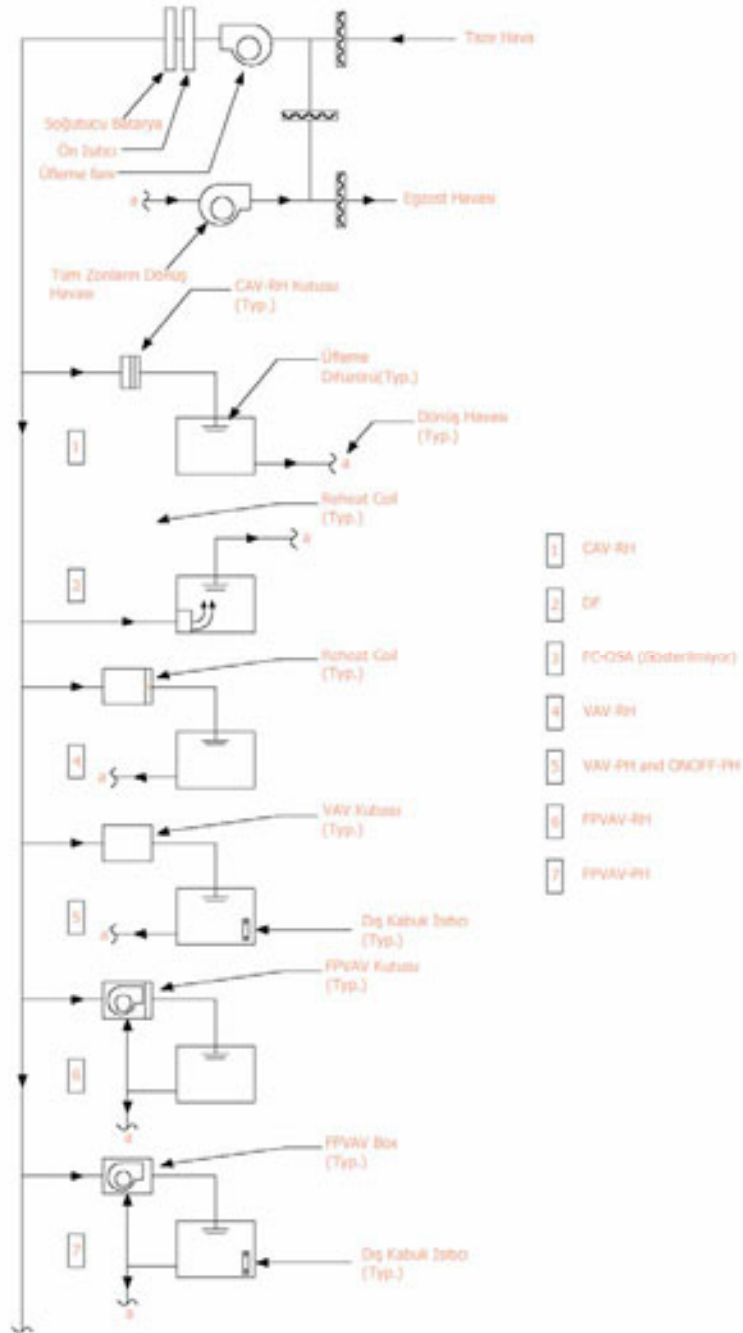
2.1 Hava Tarafı Klima Uygulamaları

Klimada hava tarafı sistemlerini iki grupta toplamak mümkündür, sabit debili sistemler (CAV) bu sistemde klima santralı hava debisi pik yüke göre seçilir ve santral sürekli bu sabit debide çalıştırılır. Değişken debili sistemlerde(VAV) yine santral debisi pik yüke göre seçilir ancak hava debisi, kısmi yüklerde konfor şartlarını bozmadan azaltılır santralden çıkan havanın sıcaklığı sabit tutulur.

Klima sistemleri hava tarafı esas alındığında aşağıdaki gibi sınıflandırılabilir.

3. Sabit Debili ve zon ısıtıcılı (CAV- RH)
4. Yer değiştirmeli sistemler, DF (Displacement Flow)
5. Fan coil ve Taze Havalı Sistemler FC-OSA
6. Değişken Debili ve zon ısıtıcılı (VAV-RH)
7. Değişken Debili dış kabuk ısıtılmalı (VAV-PH)
8. Fanlı değişken Debili ve zon ısıtıcılı (FPVAV-RH)
9. Fanlı Değişken Debili ve dış kabuk ısıtılmalı (FPVAV-PH)
10. Değişken Debili ve Fan Coilli Taze Havalı Sistemler (VAV; FC-OSA)

Bu sistemlerin bazıları Şekil 1 de şematik olarak gösterilmiştir.



Şekil 1. Sabit debili ve değişken debili klima sistemleri

Sabit debili sistemlerden CAV- RH sistem ile tek bir kima santrali ile birden fazla zonun ısıtılıp soğutulması sağlanır. Klasik sabit debili sistemden farkı her zona bağımsız olarak giren hava kanalı üzerinde kanal tipi ısıtıcı kullanılmasıdır. Kış çalışmasında klima santrali mahallere ortam sıcaklığına yakın sıcaklıkta hava göndermekte (16-20°C) zonlardaki sıcaklık kontrolü ise zon ısıtıcılar sayesinde yapılmaktadır.

Çok yaygın olarak kullanılan Fan Coil li sistemde binanın ısıtma soğutma yükü FClerle karşılanırken insanların temiz hava ihtiyacı ayrı bir klima santrali ile temin edilir.

VAV kategorisindeki sistemler Şekil 1 de tanımlanmışlardır, VAV-RH ve FPVAV – RH sistemler genellikle dış kabuğa yakın monte edilen VAV larda uygulanır, ancak bu uygulamada üfleme difüzörleri genellikle soğutma yüküne göre ve düşük hızda seçildiklerinden daha düşük debilerdeki kış çalışmasında difüzörden çıkan düşük hızlı sıcak hava iç hava ile karışmamakta ve efektif bir ısıtma sağlanamamaktadır. Dış kabuğu radyatör veya konvektör tipi ısıtıcılar ile ısıtılan değişken debili sistemler VAV-PH olarak tanımlanır ısıtmanın doğal konveksiyon ve radyasyon ile yapılması nedeniyle zonlarda daha homojen sıcaklık dağılımı elde edilir. Yaz çalışmasında mahal sıcaklığı set değerinin üzerinde ise VAV damperi tamamen açık konumundadır set değerinin altında olması durumunda ve özellikle KIŞ PERİYODUNDA minimum açıklıkta çalışır.

Değişken debili sistem ile FC- Temiz Havalı Sistemin birlikte kullanılması dış kabuk ve iç zonun farklı istemler ile çözülmesi durumunda geçerlidir

2.2 Hava Tarafı Doğal Soğutma Uygulamaları

Konfor klimasında doğal soğutmadan faydalanabilmek için ticari yapının herhangi bir bölgesinin soğutma ihtiyacı olduğunda dış hava sıcaklığının (daha doğrusu entalpisinin) set edilen sıcaklık değerinin altında olması gerekir. Örnekleme gerekirse dış hava sıcaklığı 22°C ve mahal sıcaklığı set değeri 24°C olduğunda Şekil 1 de gösterilen klima santrali %100 dış hava ile çalıştırılarak kısmi olarak doğal soğutmadan faydalanılır, dış hava sıcaklığı 16°C nin altına düştüğünde yapının o bölgesinde iç yükler nedeniyle hala soğutma ihtiyacı duyuluyorsa o bölgenin tüm soğutma ihtiyacı herhangi mekanik soğutmalı bir sisteme gerek duyulmadan doğrudan dış havadan sağlanabilir.

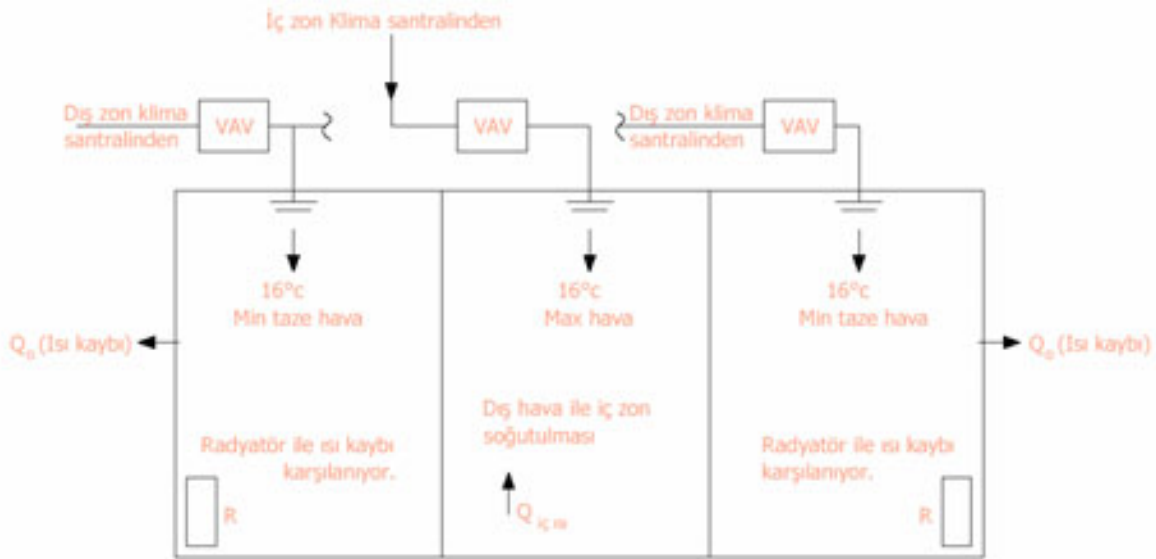
Ticari yüksek katlı bir yapıdaki zonlama Şekil 2 de gösterildiği gibi yapıldığında iç zonun diğer dört yöne bakan dış kabuk zonlarından farklı davranacağı anlaşılmaktadır. Geçiş dönemleri haricinde dış kabuk zonlarında kışın ısıtma yazın soğutma ihtiyacı ortaya çıkarken, iç kabuk zonunda herhangi bir ısı kaybı olmadığından yaz ve kış periyodlarında sadece soğutma ihtiyacı ortaya çıkmaktadır.



Şekil 2. Ticari bir binadaki zonlama

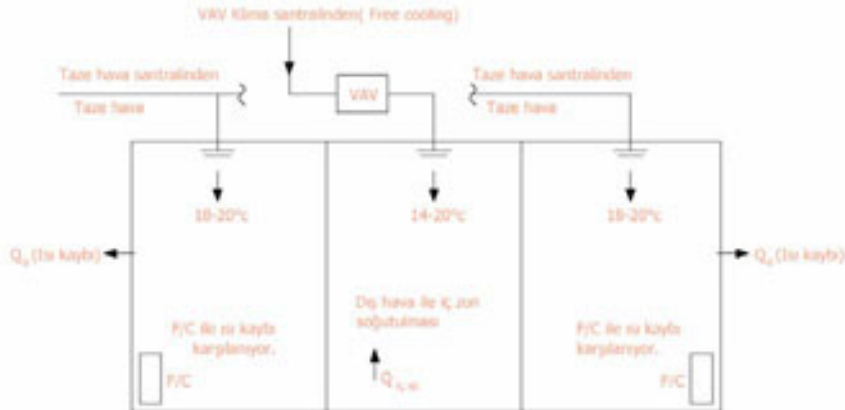
Bu bölümde, hiç ısı kaybı olmayan bir iç zondaki ısı kazancının (yaklaşık olarak 60 W /2M) doğal soğutma ile nasıl karşılanacağı irdelenecektir. Fan Coilli sistemlerde doğrudan havayı kullanarak doğal soğutmadan faydalanmak mümkün değildir.

Değişken debili sistemlerde doğal soğutmadan faydalanmak ancak zonlama sisteminin doğru yapılması koşulu ile mümkündür. Şekil 3 de görüldüğü gibi VAV-PH isteminde iç zonda doğal soğutmadan faydalanabilmek için iç zon ve dış zon klima santralleri zorunlu olarak ayrıştırılmıştır. Özellikle kış çalışmasında dış kabuk santrali minimumda ve %100 dış hava ile çalışırken yani dış kabuktaki insanların temiz hava ihtiyacını temin ederken (ısı kaybı radyatörler ile karşılanıyor) iç zondaki klima santrali ise iç ısı yüklerine bağlı olarak maksimuma yakın bir debide ve soğutma amaçlı çalışacaktır. Bu zonlama mantığına göre çalışan sistem Şekil 3 de gösterilmiştir. İç zonda kışın soğutma amaçlı çalışması gerektiğinde VAV santralının (şekil 1) basit bir otomasyon yöntemi ile dış havanın soğukluğundan faydalanması çok basit şekilde gerçekleştirilecektir. VAV ılı uygulamalarda iç ve dış zon için aynı klima santralının seçilmesi durumunda bu olasılığın gerek işletme mantığı gerek iç ve dış zonun farklı davranışı nedeniyle oldukça azalacağı unutulmamalıdır.



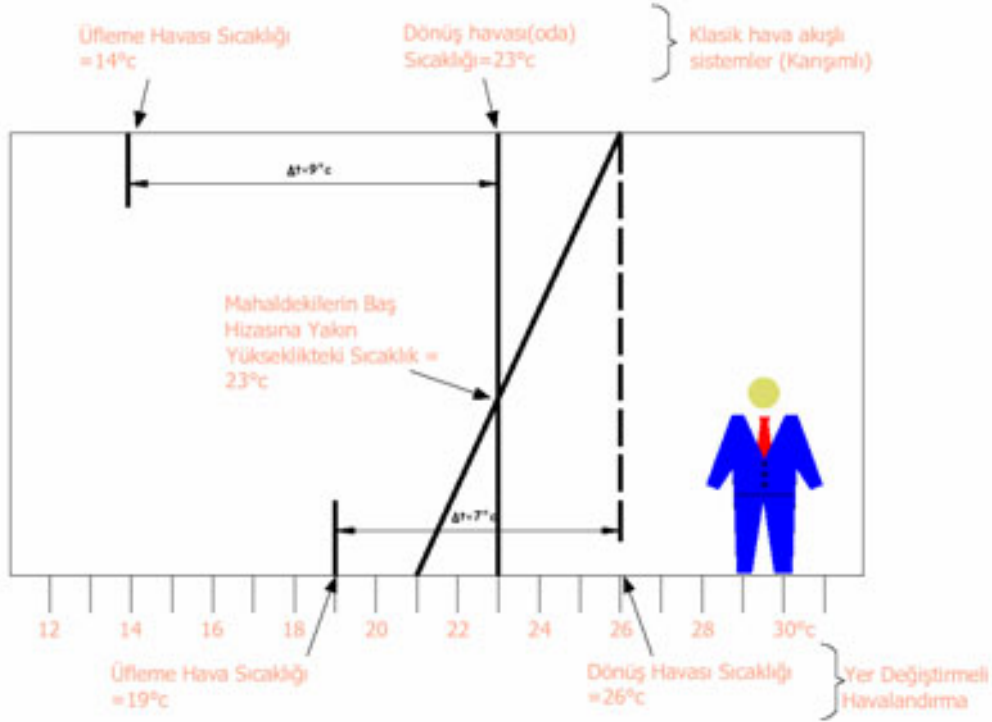
Şekil 3. VAV-PH sisteminde doğal soğutma uygulaması

Doğal soğutmanın sorunsuz olarak uygulandığı diğer bir sistem ise VAV; FC-OSA sistemidir, (Şekil 4) bu sistemde dış kabuk fan coiller ile ısıtılıp soğutulurken insanların taze hava ihtiyacı sabit debide çalışan ayrı bir temiz hava santrali ile sağlanmaktadır. İç zon ise VAV sistemi ile kontrol edilmektedir, geçiş dönemlerinde ve kış işletmesinde iç zon klima santrali doğal soğutmadan maksimum kapasitede faydalanmaktadır.



Şekil 4. VAV; FC- OSA Sisteminde doğal soğutma uygulaması

Yer Değiştirmeli (Displacement) ventilasyon sistemlerinde, bilindiği gibi şartlandırılmış hava mahale döşeme seviyesine yakın ve düşük hızda bırakılır, şartlandırılmış havanın sıcaklığı ise Şekil 5 de görüldüğü gibi 19 °C de gönderilir, bu sıcaklık baş yüksekliğinde 23 °C, tavan seviyesinde ise 26°C civarındadır. Üfleme havası ile dönüş havası arasındaki sıcaklık farkı 7 °C gibidir diğer tüm havalı sistemlerde bu fark 9-10 °C civarındadır. Üfleme havası tasarım değerinin yüksek olması nedeniyle bu sistemlerde geçiş dönemlerinde doğal soğutma (free cooling) opsiyonunun dan daha verimli şekilde faydalanmak mümkündür.



Şekil 5. Yer Değiştirmeli (Displacement) ventilasyon

Doğal soğutmanın bir başka uygulaması gece soğutma prosesidir, gündüz gece arasındaki sıcaklık farkının bölgelere göre 10-15 °C arasında olduğu göz önüne alınır, sabaha karşı dış hava sıcaklığının 20 °C ve altında olması durumunda klima santralini soğutma gruplarını çalıştırmadan 100% dış hava ile havalandırılarak binanın termal ısısının düşürülmesi ve iç hava kalitesinin yükseltilmesi anlamında çok önemli katkı sağlayacağı aşikardır.

2.3 Su Tarafı Doğal Soğutma Uygulamaları

Bu sistemler dış hava ile soğutma grubu su devresi arasında ısı transferi esasına göre çalışırlar, yani dış hava sıcaklığı uygun koşullara geldiğinde ve yapının bazı bölgelerinde hala soğutma ihtiyacı hissedildiğinde soğutma grubunu çalıştırmadan veya kısmi yükte çalıştırarak soğutma devresi suyunu soğutmaktır.

Soğutma grubu suyunu doğal soğutma ile soğutmak için kuru soğutucuları(dry cooler), yağ tip soğutucuları (wet cooler), kapalı ve açık tip soğutma kuleleri kullanan sistemlerin yanı sıra doğrudan hava soğutmalı soğutma gruplarına ilave edilen soğutucular ile paket olarak hizmete sunulan sistemler de mevcuttur.

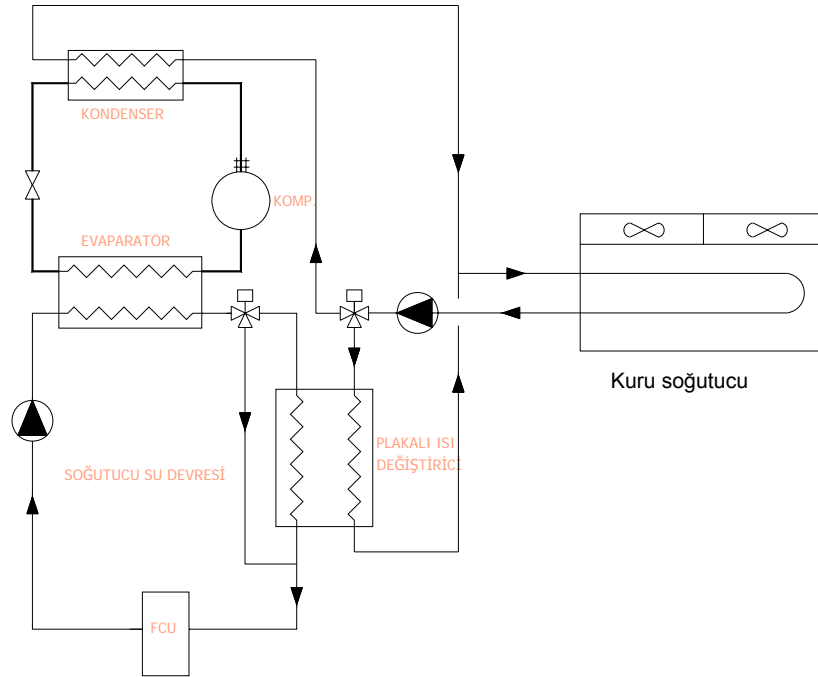
Bu sistemler ile genellikle fan coillerin veya 100 % dış hava ile çalışma imkanı olmayan minimum sabit dış hava ile çalışan klima santrallerinin soğutucu bataryalarının soğuk su ihtiyacı karşılanır.

Şekil 5 de Moskova da uygulaması yapılan bir alışveriş ve iş merkezi projesinde kullanılan doğal soğutma sisteminin şematik resmi gösterilmiştir.

Doğal soğutma sisteminde dry cooler kullanılmıştır dry cooler yaz alışmasında kondenserdeki soğutucu akışkanı yoğuşturmak amacı ile kullanılırken ara mevsimlerde ve kışın doğal soğutma amaçlı kullanılmıştır.

Yapıdaki klima sisteminde dış kabukda ki ısı kaybı radyatörler ile karşılanırken iç ve dış zondaki soğutma yükü yüksek basınçlı fan coiller ile karşılanmıştır bu nedenle özellikle alışveriş merkezlerinde fan coillerin ihtiyacı olan soğuk su ara mevsimlerde ve kışın soğutma gruplarını çalıştırmadan doğal soğutma ile elde edilmiştir.

Dış hava sıcaklığının $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ lere ulaşması nedeniyle dry cooler tarafında ciddi bir anti freze yüklemesi yapılmıştır.



Şekil 6. Doğal Soğutmalı Çevrimi

Benzer uygulamalarda kuru soğutucu (dry cooler) yerine yaş soğutucu(wet cooler) veya kapalı tip soğutma kulesi kullanmak mümkündür. Eğer sistemde açık tip soğutucu kullanılacaksa dış hava sıcaklığının $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ nin altında olması durumuna kulede suyun donmasına karşı gerekli önlemler alınmalıdır.

Su tarafı doğal soğutmanın diğer bir avantajı da mevcut soğutma sistemine adaptasyonunun çok kısa zamanda ve düşük maliyetle yapılabilmesidir.

3. ENDÜSTRİDE DOĞAL SOĞUTMA (FREE COOLING) UYGULAMALARI

Endüstride doğal soğutmanın kullanılması tıpkı konfor klimasında olduğu gibi dış havanın soğukluğundan faydalanma prensibine dayanır. Plastik baskı makinelerinde, baskı makinelerinde doğal soğutma uygulamaları sıkça kullanılmaktadır.

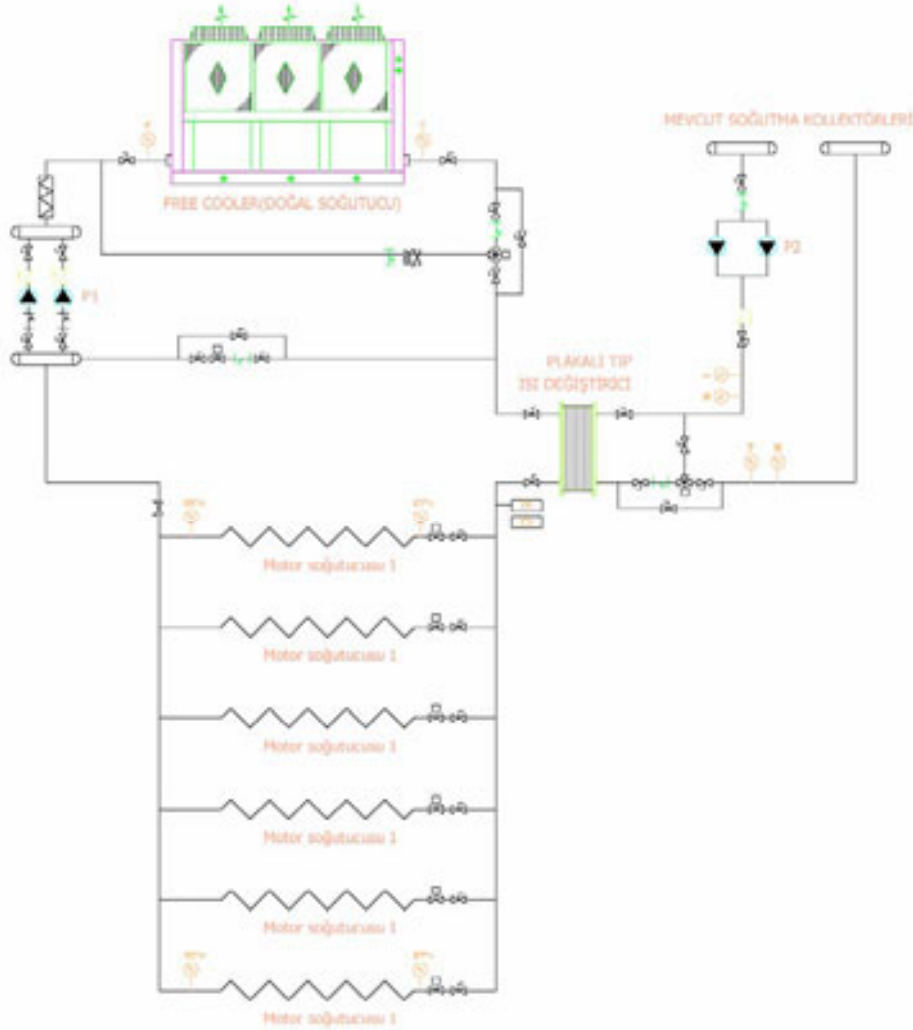
Bu bölümde İstanbul da bir baskı tesisinde baskı makineleri motorlarının soğutulması için kullanılan doğal soğutma (free cooling) sistemi hakkında bilgi verilecektir.

3.1 Tasarım Kriterleri

Baskı makinesi imalatçı firmanın su soğutmalı motorlar için istediği kriterler aşağıda açıklanmıştır.

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

Yukarıdaki kriterler özellikle baskı makinelerinin gece çalışacağı göz önünde tutularak geliştirilen soğutma sistemi Şekil 7 da gösterilmiştir. Baskı makineleri motor soğutucusundan çıkan su P1 pompası yardımıyla dry cooler a gönderilir, soğutucuda soğuk hava ile soğutulan su (27 °C) daha sonra plakalı tip ısı değiştiricisine gönderilir. Dış hava kuru termometre sıcaklığına bağlı olarak çalışan dry cooler da soğutulan suyun sıcaklığı 27 °C nin üzerine çıkması durumunda 6/12 °C su rejiminde çalışan plakalı ısı değiştiricisinde ikincil bir soğutmaya tabi tutulur.



Şekil 7. Motor Suyu Soğutma sistemi

Kış çalışmasında dış hava sıcaklığının 0 °C nin altına düşmesi olasılığı göz önünde tutularak su devresinde anti freze kullanılmıştır. Dry cooler cihazı dış hava sıcaklığının 22 °C olması durumunda proses suyu sıcaklığını 35°C den 27°C ye düşürecek şekilde tasarlanmıştır.

3.2 Enerji Analizi

Kuru soğutucuda 13 m³/h lik suyun sıcaklığını 35 °C den 27 °C ye düşürmek yani 121 kW lık ısı yükünü karşılamak için 2 kW lık 3 adet aksiyel fan kullanılmıştır. Fanların çektiği güç ise toplam 3,9 Kw olarak ölçülmüştür. Sistemin COP değeri 30 civarındadır.

Bu ısı yükünün tümü hava soğutmalı soğutma grubu tarafından karşılanması durumunda, soğutma grubu 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 (ref..)

SONUÇ

Ülkemizde klima veya ısıtma sistemlerinde enerji tasarrufu diyince genellikle ilk akla gelenler ısı geri kazanım sistemleri, hız kontrollü cihazlar ve yalıtım akla gelmektedir. Bu çalışmada binada konfor şartlarını yükseltirken enerji tasarrufunun da yapılabilineceğini bunun için sistem seçiminin ve zonlamanın ne kadar önemli olduğu anlatılmaya çalışılmıştır. Yatırımcılar enerji tasarrufu konusunda sadece işletme maliyeti anlamında değil çevre duyarlılığı anlamında da bilgilendirilmelidir.

Geceleyin ışık saçan binalar yerine çevreyle uyumlu binaların ön plana çıkarılması için yatırımcılar ve işletmeciler üzerinde gerek mevzuatlar, gerek ilgili sivil toplum kuruluşları ile baskı kurulmalıdır.

Her ne kadar bu çalışmanın konusu olmasa da sistem seçiminde özellikle su kaynaklı ısıtma sistemleri de(özellikle yapıda aynı anda zonlar arasında ısıtma ve soğutma ihtiyacı olması durumunda) unutulmamalıdır.

KAYNAKLAR

- [1] MORTEZA, M. "Evaluation of HVAC System Operational Strategies For Commercial Buildings" Energy Convers. Mgmt. Vol.38. No. 3 1997
- [2] MORTEZA, M. " Evaluation of Variable Volume And Temperature HVAC system For Commercial and Residential Buildings" Energy Convers. Mgmt. Ol. 37 No. 9 1996
- [3] HARD, M. " A Practical Guide to Free Cooling, Alternative Cooling, Night Cooling and Low Energy Systems" Alternative Cooling and Low Energy Systems- Ambthair Feature 2002
- [4] BUTLER, D. " Air Conditioning Using Displacement Ventilation Free Cooling" BRE Environmental Engineering Centre 2003
- [5] BİLGE, M. " Endüstride Free Cooling (doğal Soğutma) Uygulaması" Termodinamik Dergisi Temmuz 2001

ÖZGEÇMİŞ

Mustafa BİLGE

1979 Yılında Sakarya Üniversitesinden Makine Mühendisi olarak mezun olmuştur. 1981 yılında Yıldız Teknik Üniversitesinden Yüksek Mühendis 1988 yılında Doktor ünvanı almıştır. Halen kurucusu olduğu Mecon firmasında Şirket Müdürü olarak çalışmakta ve Yıldız Teknik Üniversitesinde Lisans Üstü seviyesinde ders vermektedir.