

İNDİREK / DİREK EVAPORATİF SOĞUTMA SİSTEMLERİ KOMBİNASYONU

Dürriye BİLGE
Mustafa BİLGE

ÖZET

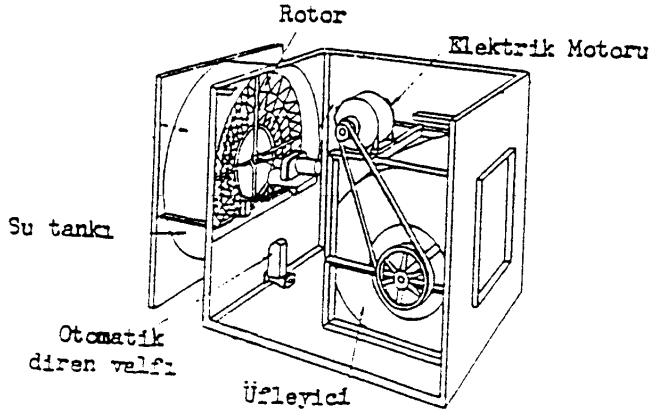
Bu çalışmada havanın, indirek ve direk olmak üzere iki aşamada evaporatif olarak soğutulduğu bir sistem tanımlanmıştır. İklimlendirme sistemlerinde kullanılan klasik soğutma sistemleri ile bu sistem enerji tüketimleri açısından karşılaştırılmış ve uygun dış hava koşullarında önerilen sistemin çok daha ekonomik olduğu sonucuna varılmıştır.

GİRİŞ

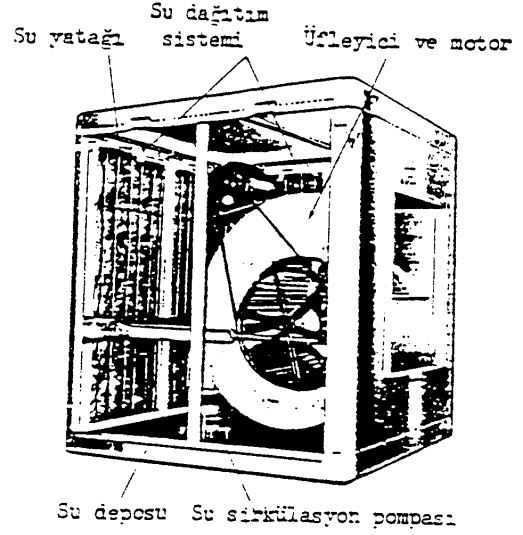
Dünyada ve ülkemizde giderek artan enerji maliyeti her alanda tasarruf önlemleri alınmasını zorunlu kılmaktadır. İklimlendirme uygulamalarında, gerek konfor gerekse endüstriyel amaçlı olsun en büyük enerji tüketimi soğutma sisteminde olmaktadır. Klasik soğutma sistemlerinin verimliliğini arttırmak için çeşitli yöntemler uygulansa da (ısı geri kazanımı, atık ısı bulunan sistemlerde absorpsiyonlu sistem kullanılması gibi) bunlar, ilk yatırım masraflarını artırması nedeniyle yaygın olarak kullanılmamaktadırlar. Uygun dış hava koşullarında alternatif olarak önerilen “evaporatif” hava soğutma yöntemini “direk” ve “indirek” olmak üzere iki ana grupta incelemek mümkündür.

1. DİREK EVAPORATİF HAVA SOĞUTUCULARI

Bu sistemde hava, sürekli sirküle eden su ile doğrudan temas ederek soğutulmaktadır. Proses yaşı termometre sıcaklığı doğrusu boyunca gerçekleşir, teorik olarak “adyabatik doyma” şeklinde tanımlansa da pratikte “Evaporatif soğutma” olarak adlandırılmaktadır. Yaş termometre sıcaklığı boyunca hareket eden havanın kuru termometre sıcaklığı düşerken, duyulur ısı azalmakta, diğer taraftan mutlak nemi yükselirken gizli ısı artmaktadır. Bu şekilde gelişen süreçte havanın duyulur ısı kaybı ile gizli ısı kazancı aynı olduğundan entalpisi sabit kalmaktadır. Bu tip hava soğutucularının: Pulverizatörlü yıkayıcılar (spray-washer)-Şekil-1. Döner soğutucular (rotary cooler) ıslatılmış yataklı (Wetted pad)-Şekil-2, Rijit ıslak ortamlı (rijit media)-Şekil-3- gibi tipleri mevcuttur. Bunlardan pulverizatörlü yıkayıcılar iklimlendirme santrallerinde nemlendirici olarak da yaygın olarak kullanılmaktadır.



Şekil 1. Tipik bir "döner tip" soğutucu

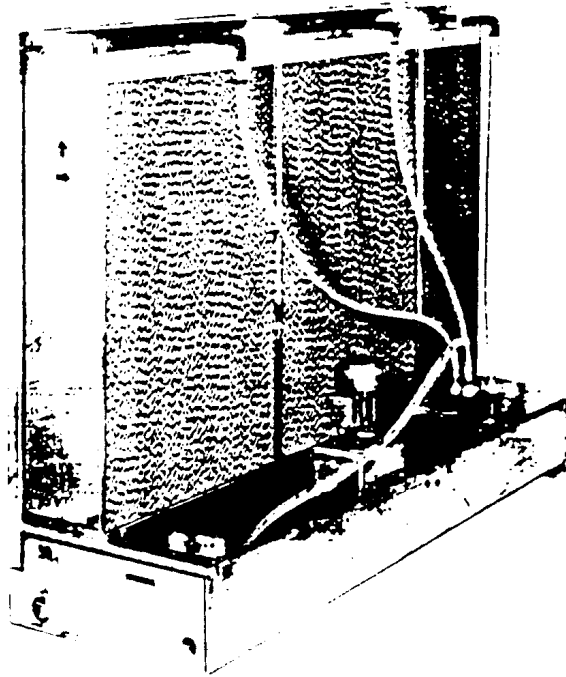


Şekil 2. Islatılmış yataklı evaporatif soğutucu

Bir evaporatif soğutucunun verimliliği klasik olarak aşağıdaki eşitlikle tanımlanır.

$$e_c = \frac{t_1 - t_2}{t_1 - t_s} \quad (1)$$

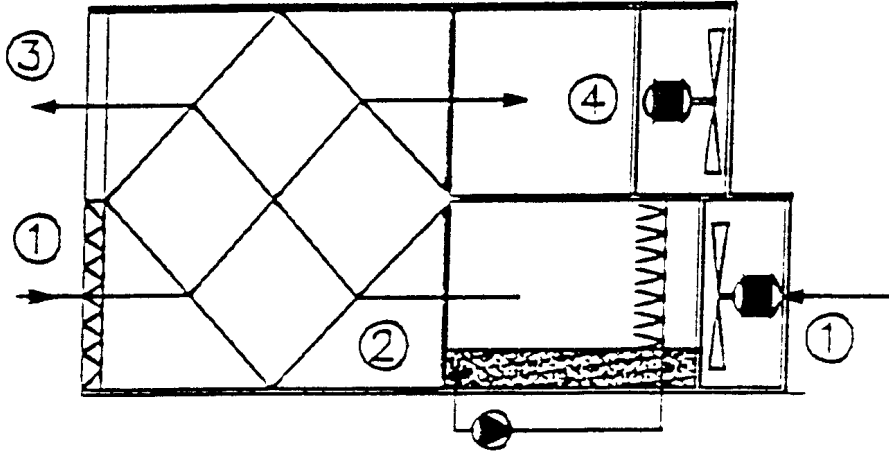
Soğutucuyu terk eden havanın sıcaklığı yaş termometre sıcaklığına yaklaştıkça soğutucunun verimliliği de artmaktadır. Son zamanlarda kullanılan yüksek basınçlı pistonlu pompalar ile nemlendirme hücrelerinde su ; özel nozzle' larda püskürtülerek sis bölgesi elde edilmekte, böylece nemlendiriciye %100 doymun bir hava elde etmek mümkün olmaktadır. Nemlendiriciye gönderilen suyu %100' ü buharlaştığı için sisteme sürekli taze su verilmektedir. Böylece klasik nemlendiricilerde görülen lozyener bakterisinin üremesinin de önüne geçilmiştir.



Şekil 3. Rijit ıslak ortamli evaporatif soğutucu

2. İNDİREK EVAPORATİF TİP HAVA SOĞUTUCULARI

Bu çalışmada ele alınan indirek evaporatif soğutma prosesi ; havadan havaya plate tip ısı değıştiricisi ve nemlendirici kullanılarak gerçekleştirilmektedir. (Şekil-4).

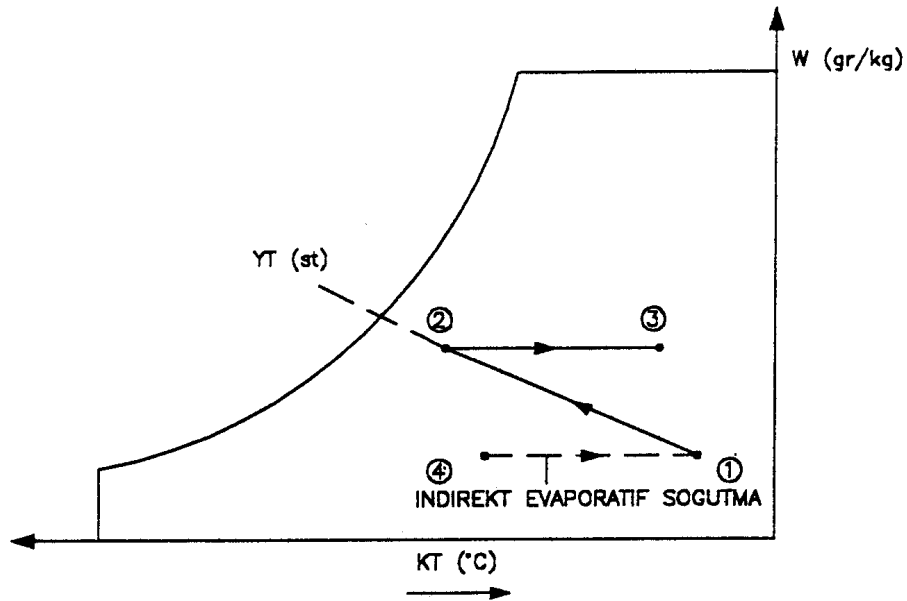


Şekil 4. İndirek Evaporatif Soğutma Sistemi

(1).Şartlarında nemlendiriciye giren dış hava nemlendiriciyi (2) şartlarında terk etmektedir.(YT=st) Adyabatik nemlendiricide havanın sıcaklığı düşerken özgül nemi (w) artmaktadır. Soğutulan hava plate tip ısı geri kazanım ünitesine gönderilir. Yaklaşık olarak dış havanın yaş termometre sıcaklığına kadar soğutan hava yardımı ile plate eşanjörde soğuk bir yüzey elde edilir, dışarıdan alınan hava soğutulmuş plate yüzeyi ile indirekt olarak temas ederek soğumaya başlar, soğuma prosesi sabit özgül nem doğrusu boyunca devam eder.(14).

İndirek olarak soğutulan havanın eşanjörden çıkış sıcaklığı plate tip eşanjörün verimliliğine bağlıdır. Eşanjör verimliliği eşitlik (2)' de belirtilmiştir.

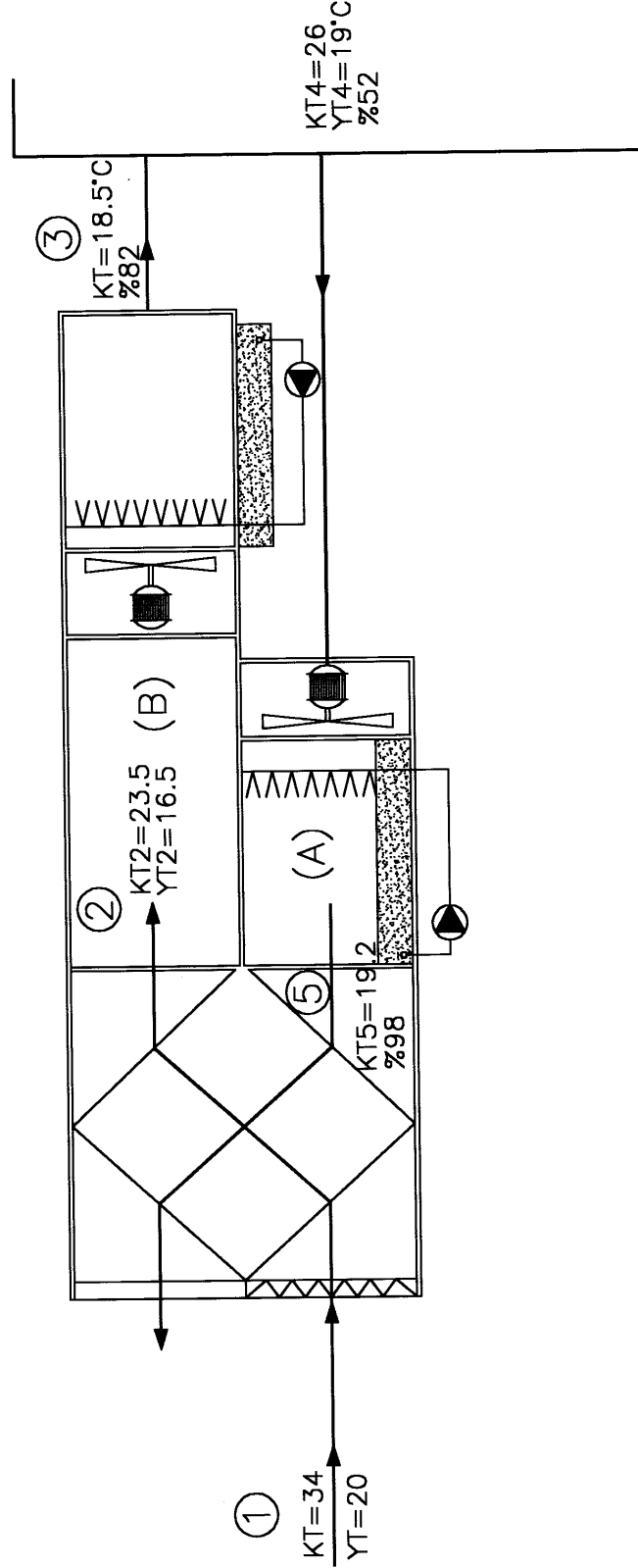
$$\eta_{PE} = \frac{KT_1 - KT_4}{KT_1 - KT_2} \quad (2)$$



Şekil 5. İndirek evaporatif soğutmanın psikrometride incelenmesi

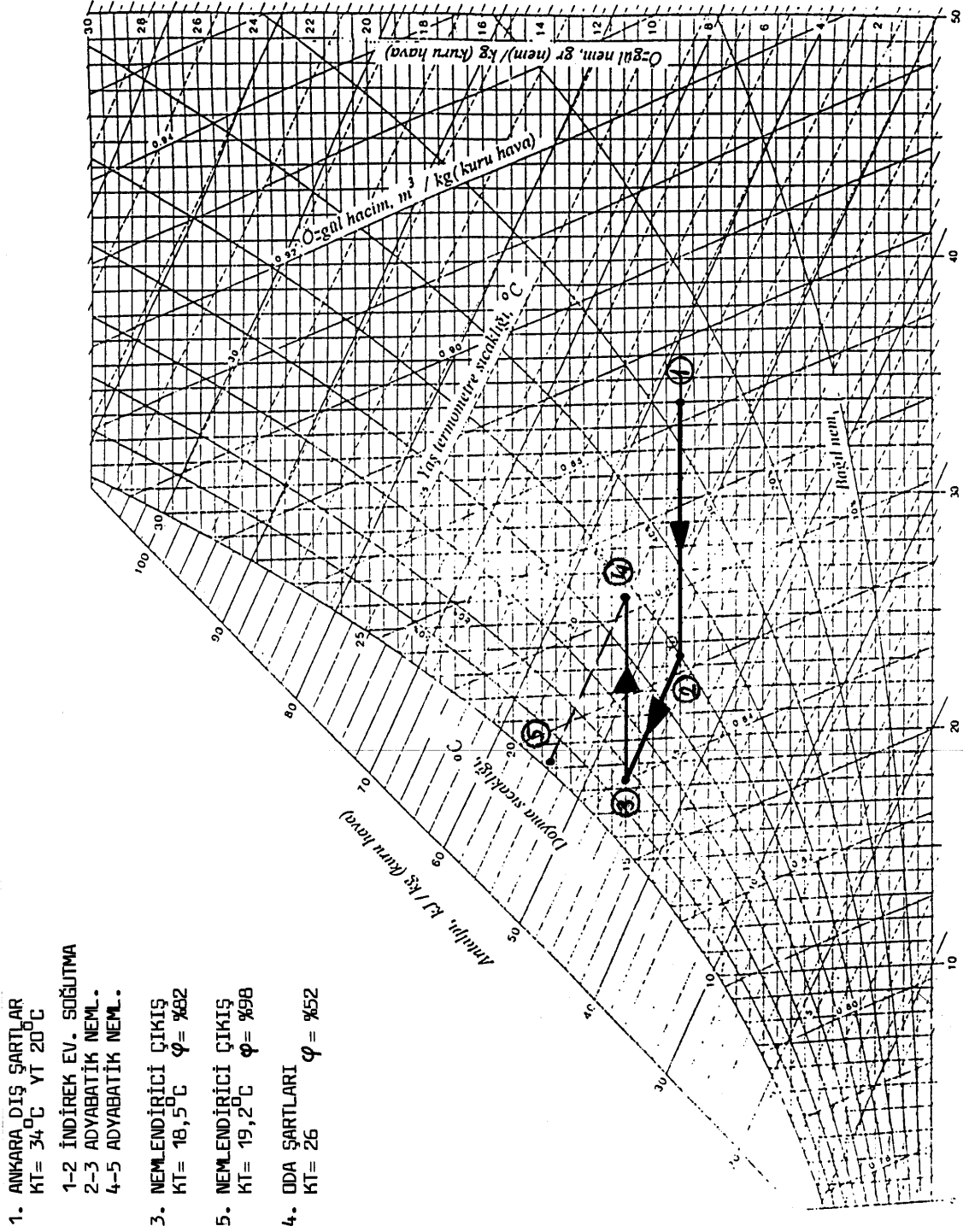
3. İNDİREK/DİREK EVAPORATİF SİSTEMLER

İndirek ve direk evaporatif soğutma sisteminin bir mahalın iklimlendirilmesi prosesinde kullanılması Şekil-6' da, proses psikrometride Şekil-7' de gösterilmiştir.



Şekil 6. Direk / İndirek Evaporatif Soğutma Projesi

Psikrometri



Şekil 7. İndirek / direk evaporatif soğutma

Plate eşanjöre 1 şartlarında (KT=34, YT=20°C) giren hava indirekt olarak (2) şartlarına kadar sabit özgül nem de soğutulur. (2) noktasının sıcaklığı (2) no'lu eşitlikten faydalanarak bulunur. Eşitlikte eşanjör verimi $\eta_{PE}=0.70$ kabul edilmiştir.

$$t_2 = 34 - (34 - 19.2) \times 0.7$$

$$t_2 \sim 23.5^\circ\text{C} \text{ bulunur.}$$

Plate eşanjörü (2) noktasında terkeden soğutulmuş hava adyabatik nemlendirici (B)'de nemlendirilerek tekrar soğutulur. Nemlendiriciyi (3) şartlarında terk eden havanın şartları; KT=18.5, $\eta=\%82$ bulunur. Mahale (3) şartlarında gönderilen şartlandırılmış dış hava odada üreyen duyulur ısı yükünü karşılayarak oda şartlarına (KT5=26°C, $\eta=\%52$) erişir.

Odaya gönderilen hava egzost fanı yardımıyla mahalde emilerek (A) nemlendiricisi ve plate eşanjörden geçerek doğrudan dışarı atılır.

Direk ve indirek evaporatif soğutma sisteminde kullanılan iki adet nemlendirici pompanın enerji tüketimi aşağıdaki eşitlikten faydalanarak hesaplanmıştır.

$$P = \frac{V_w \times \Delta_p}{1000 \times \eta} \quad (3)$$

P : Motor gücü, w

Δp : Pompa basma yüksekliği, Pa.

η : Pompa verimi

V_w : Su debisi (l/s)

Nemlendirici pompa debisi ile nemlendiriciden geçen hava debisi arasındaki ilişki (Ref 2) faydalanarak (1000 l/s hava debisi için 0.5 l/s su debisi kabul edilir.)

Sirkülasyon pompası debisi (V_w) : $16.62 \times 0.5 = 8.31$ l/s bulunur. Pompa basma yüksekliği 400 kpa ve pompa verimi 0.60 kabul edildiğinde pompa gücü eşitlik 3'den

$$P = \frac{8,31 \times 400 \times 10^3}{1000 \times 0,7}$$

P : 4748 watt bulunur.

4. KLASİK SOĞUTMA SİSTEMİ İLE DİREK/İNDİREK EVAPORATİF SOĞUTMA SİSTEMİNİN KARŞILAŞTIRILMASI.

Kombinasyonlu evaporatif soğutma sistemi ile klasik soğutma sistemlerinin enerji tüketimleri açısından karşılaştırılması için ANKARA'da kurulacak bir tesis ele alınacaktır. Örnek tesisin duyulur ısı yükü ihtiyacı 150.000 w mahal şartları KT =26°C ve $\eta= \%52$ 'dir. Dış hava şartları ise KT=34°C ve YT=20°C'dir. Duyulur ısı yükünün direk ve indirek evaporatif soğutma sistemi ile karşılandığı durumda mahale gönderilecek hava miktarı aşağıdaki formül ile hesaplanır.

$$Q_c = 1.23 \cdot V_a (KT_{oda} - KT_{üf.}) \quad (4)$$

Burada;

Q_c : Mahal duyulur ısı, w

V_a : Mahale gönderilecek hava miktarı, L/S

KT_{oda} : Mahal sıcaklığı, °C

$KT_{üf.}$: Mahale gönderilen havanın sıcaklığı, °C

Şekil 7.'deki psikrometrideki KT_{oda} , $KT_{üf}$ sıcaklık değerleri eşitlik (4)'de yerine konduğunda,

$$150.000 = 1.23 V_a (2.6 - 18.5)$$

$$V_a = 16.620 \text{ l/s bulunur.}$$

Ankara'da tesis edilecek direk/indirek soğutma sistemi ile ilgili veriler Tablo-1'de verilmiştir. Tablo incelendiğinde sistemin COP (soğutma etkinliği) değerinin 15.78, klasik soğutma sisteminin COP değerinin ise 3.5 olduğu anlaşılmaktadır, yani klasik soğutma sistemi önerilen sistemden $(15.78/3.5)=4.5$ kez daha fazla enerji tüketmektedir. Bu oran Ref 5'de 4.8 olarak verilmiştir.

Tablo 1. Ankara'da tesis edilecek direk / indirek soğutma sisteminin verileri

KURU TERMOMETRE SICAKLIĞI °C	34
YAŞ TERMOMETRE SICAKLIĞI °C	20
İNDİREK SOĞUTMA Δt °C	10.5
DİREK SOĞUTMA Δt °C	5
SİSTEM DUYULUR ISI YÜKÜ KW	150
ÜFLEME HAVASI MİKTARI L/S	16.620
NEMLENDİRİCİ POMPASI GÜCÜ (A) KW	4.75
NEMLENDİRİCİ POMPA GÜCÜ (B) KW	4.75
DİREK/İNDİREK EVAPORATİF SİSTEMDE TÜKETİLEN TOPLAM GÜÇ KW	9.5
DİREK/İNDİREK SİSTEM COP DEĞERİ	15.78
KLASİK SOĞUTMA SİSTEMİ COP DEĞERİ	3.5
*KLASİK SOĞUTMA SİSTEMİ GÜÇ TÜKETİMİ KW	42.85
ENERJİ TASARRUFU KW	33.35
SİSTEMİN TAHMİNİ ÇALIŞMA SÜRESİ h	400
TOPLAM ENERJİ TASARRUFU KWh	13.340

* Bu değer ASHRAE Fundamentals bölüm 28'den alınmıştır, su soğutmalı bir chillerin sistem COP değeridir. (Kondenser pompası, chiller pompası ve kule fanı güç tüketimi göz önüne alınmıştır.)

SONUÇ

Klasik soğutma sistemi ile önerilen sistemin COP değerleri incelendiğinde, bu sistemin enerji tasarrufunda sağladığı olanakların küçümsenmeyecek ölçekte olduğu aşikardır.

Ayrıca sistemin %100 taze hava ile çalışması ve ilk yatırım yatırım maliyetinin çok düşük olması nedeniyle bu kanun ülkemizdeki projeci firmaların ve ilgili imalatçı firmaların mutlaka gündeminde kalması gerekmektedir.

Sistem seçimi ve analizi yapılırken dikkat edilmesi gereken en önemli parametre dış hava yaş termometre sıcaklığıdır. Bu değer yükseldikçe evaporatif soğutma sisteminin tüketeceği enerji miktarı artmaktadır. Azalan yaş termometre sıcaklığıyla sistemin soğutma etkisinin artacağı açıktır. Bu nedenle önerilen soğutma sistemi Ankara gibi kara ikliminin tesirindeki bölgelerde ekonomik olarak kullanılabilir olanağına sahiptir. Yaş termometre sıcaklığının yüksek olduğu yerlerde ise sistem seçiminin enerji analizleri mutlaka yapılmalıdır.

KULLANILAN SEMBOLLER

KT	: Kuru termometre sıcaklığı (°C)
P	: Güç (W)
ΔP	: Pompa Basma yüksekliği (Pa)
COP	: Soğutma etkinliği
Q_T	: Mahalin duyulur ısı kazancı (W)
RH	: Bağıl nem (%)
t_1	: Giriş havası kuru termometre sıcaklığı (°C)
t_2	: Çıkış havası kuru termometre sıcaklığı (°C)
t^1	: Giriş havası yaş termometre sıcaklığı (°C)
V_a	: İndirek evaporatif soğutucu fan debisi (L/S)
V_T	: Toplam hava debisi (L/S)
V_w	: Su debisi (L/S)
Y_T	: Yaş termometre sıcaklığı (°C)
η	: Pompa verimi (%)

KAYNAKÇA

- [1] Bilge. D , Bilge. M., “İndirek/Direk Evaporatif Soğutma Sistemleri”, Tesisat Müh. Dergisi, Nisan 1993
- [2] ASHRAE Handbook, 1983 Equipment, Chapter 36.
- [3] ASHRAE Handbook, 1984 Systems, Chapter 36.
- [4] Scofield.M., Deschamps, N., “EBTR Compliance and Comfort Cooling Too” ASHRAE Journal, June 1980.
- [5] Eskra.N.,”İndirect/Direct Evaporative Cooling Systems”, ASHRAE Journal, May 1980.

ÖZGEÇMİŞ

Dürriye BİLGE

1956 yılında İstanbul’ da doğdu.1979 yılında İ.D.M.M.A. Isı proses dalından Makine Mühendisi, 1981 yılında Makine Yüksek Mühendisi olarak mezun oldu. 1982 yılında aynı Üniversitede Termodinamik Ana Bilim Dalında Asistan olarak başladığı görevine 1988 yılında doktorasını tamamladıktan sonra Yrd. Doç. Dr., 1993’ den itibaren Doç. Dr. olarak devam etmektedir.

Mustafa BİLGE

1955 yılında Sakarya’ da doğdu. 1979 yılında S.D.M.M.A.’ dan Makine Mühendisi, 1981 yılında Yıldız Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümü’ nden Makine Yüksek Mühendisi, 1988 yılında Dr. Mühendis olarak mezun oldu. 1979-1981 yılları arasında Bayındırlık Bakanlığı Yapı İşleri Bölge Müdürlüğü’ nde kontrol Mühendisi olarak, 1981-1988 Yıldız Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümünde Asistan ve Öğretim Görevlisi olarak çalışmıştır. Halen SÖNMEZ METAL A.Ş.’de Proje ve Teknik Hizmetler Koordinatörü olarak çalışmakta ve Yıldız Teknik Üniversitesinde lisan üstünde iklimlendirme dersleri vermektedir.