

GAZİ ÜNİVERSİTESİ  
MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ  
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ  
MM 422 MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ LABORATUVARI

**DENEY 8**

**SOĞUTMA KULESİNİN PERFORMANSININ BELİRLENMESİ**

**1. AMAÇ**

Soğutma kulesi performansının değişik hava kütleli debilerinde belirlenmesi

**2. GİRİŞ**

Birçok endüstri dalında, sıcaklık artışını önlemek ve atık ısıları tahliye etmek için fabrikanın belli bölümlerinden ısı transferi gereklidir. Bazen, ısı doğal veya zorlanmış taşınımıyla atmosfere aktarılır, ama çoğunlukla suyu soğutmak hem gerekli hem de ekonomiktir. Suyun bol olduğu yerlerde kaynak bir nehirden, gölden alınabilir ve yüksek sıcaklıkta tekrar geri verilir. Fakat seçilen alanda kaynak yeterli görülmediğinde, bu olay mümkün değildir. Böyle durumlarda, fabrika soğutma suyu, ısının soğutma suyundan atmosfere aktarıldığı soğutma kulelerinden geçirilerek sirküle edilir.

Soğutma kuleleri çektiği ısıyı aşağıdaki biçimlerde çevreye dağıtır:

- 1) Havaya ısı verilmesi
- 2) Dolaşım suyunun bir kısmının buharlaşması

Soğutma kuleleri, dolgu ya da paketleme denilen birbirine yakın yatay olarak yerleştirilmiş çubuk yada tirizlerin üzerinden suyu püskürten yada yağdıran sıcak su dağıtma sistemine sahiptirler. Dolgu, yerçekimi nedeniyle bir seviyeden diğer bir seviyeye su sıçrarken, dolgu boyunca akan havayı su ile eksiksiz bir biçimde karıştırır. Dışarıdaki hava kulenin kenarlarındaki açıklıklardan girer. Soğuk su, kulenin alt kısmından beton küvette toplanır. Daha sonra yoğunlaştırıcıya geri pompalanır. Diğer tarafta sıcak nemli hava kuleyi tepeden terkeder.

**3.DENEY DÜZENEGİ HAKKINDA BİLGİLER**

Hilton Bench Top Soğutma Kulesi H891, öğrencilerin modern bir buharlaştırıcı soğutucu sisteminin kurulum, tasarım ve işletim karakteristiklerini değerlendirmelerini sağlamak için özellikle tasarlanmıştır. Bu ürün ayrıca hava ve su gibi iki akışkanın aktığı ve birinden diğerine kütle transferinin olduğu açık sistemlerine iyi bir örnektir. Deney düzeneğinin şematik görünümü EK 3'de verilmiştir.

**3.1 Su Dolaşımı**

Sıcak su yükleme tankından (load tank) kontrol vanası (control valve) ve debi ölçer (flow meter) boyunca kolonun (packed column) tepesine pompalanır. Sıcaklığı(T5) ölçüldükten sonra, su en üstteki paketleme (packing) katından düzgün olarak dağıtılır. Bu dağıtım plakalara (plates) sıçratma yoluyla olur ve ince su filmi akış halindeki havayla temas ettirilir. Aşağı akışı sırasında su soğutulur ve toplam akıştan bir miktar su buharlaşır. Soğutulmuş su paketlemenin en alt kısmından (basin) küvette dökülür. Küvette sıcaklığı (T6) tekrar ölçülür sonra yükleme tankına

(load tank) gönderilir ve burada dolaşıma yendiden katılmadan önce ısıtılır. Buharlaşımadan dolayı yükleme tankındaki (load tank) su seviyesi düşme eğilimi gösterir. Bu, dubayla çalışan iğneli vananın(float valve) açılmasına neden olur ve takviye tankından (make up tank) yükleme tankına (load tank) su transferi meydana gelir.

### 3.2 Hava Dolaşımı

Atmosferden hava, fanın üzerinde bulunan kapağın açıklık miktarı ile kontrol edilen bir değerde fana girer. Fan dağıtım odasına(air distribution chamber ) açılmaktadır ve hava paketlemeye(packed column) boyunca ilerlerken girmeden önce yaş(T2 wet bulb) ve kuru(T1 dry bulb) sıcaklıkları ölçen termometrelerden geçer. Hava paketleme (packed column) boyunca ilerlerken nem miktarı artar ve su soğutulur. Hava, kolonun yukarısındaki damla önleyiciden (droplet arrester) geçerken havada bulunan su damlaları bu damla önleyicilere takılır ve paketlemeye geri döner. Hava daha sonra hava ölçüm orifisleri (orifice differential pressure), yaş(T4) ve kuru(T3) termometrelerden geçer ve dışarı atılır. Kolondaki akış kolon duvarlarının şeffaf olması nedeniyle izlenebilir.

### 3.3 Ölçüm Cihazları

- a) Sıcaklık Göstergesi : K tipi termocouple lara sahip 6 noktadan ölçüm yapan dijital göstergesi. Bu göstergeyle su sıcaklıkları, yaş ve kuru termometre hava sıcaklıkları ölçülür.
- b) Eğik Manometre 1 : 0 – 40 mm H<sub>2</sub>O skalalı, orifis basıncını ölçen bir manometre
- c) Eğik Manometre 1 : 0 – 25 mm H<sub>2</sub>O skalalı, paketleme direncini(basınç düşümünü) ölçen manometre
- d) Değişken Alanlı Debi Ölçer: 0– 50 g/s skalalı, kontrol vanalı, paketlemeye giden suyun debisini ölçen debi ölçer.

## 4. DENEYİN YAPILIŞI

Deneyde suyun kütleli debisi sabit tutulur ve 1 kW lık elektriksel ısıtıcı kullanılarak farklı hava kütleli debileri için sistem kararlı hale gelinceye kadar beklenir. Suyun sisteme giriş sıcaklığı sabitlendiğinde kararlı hale ulaşmış olur. Kararlı hal şartlarında aşağıdaki veriler okunarak veri toplama formuna yazılır. Veriler:

- a) Giren ve çıkan havanın kuru ve yaş termometre sıcaklıkları
- b) Giren ve çıkan suyun sıcaklıkları
- c) Takviye tankındaki suyun sıcaklığı
- d) Orifis basınç farkı
- e) Suyun kütleli debisi
- f) Takviye tankından kullanılan suyun miktarı
- g) Sistem boyunca olan basınç düşümü

## 5. HESAPLAMALAR

1) Eklerde verilen psikometrik diyagram kullanılarak giriş ve çıkıştaki havanın özgül entalpisini, özgül ve bağıl nemlerin, ayrıca özgül hacmini her bir kütleli debi için bulup işaretleyiniz.

2) Havanın kütleli debisini aşağıda verilen formülü kullanarak bulunuz.

$$\dot{m}_h = 0.0137 \sqrt{\frac{\Delta h_{orifis}}{(1 + w_\zeta) v_{h,\zeta}}}$$

$\Delta h_{orifis}$  orifis diferansiyeli(mm H<sub>2</sub>O)

$w_\zeta$  çıkıştaki havanın özgül nem miktarı(kg/kg)

$v_{h,\zeta}$  çıkıştaki havanın özgül hacmi(m<sup>3</sup>/kg)

3) Manometreden okunan basınç değerindeki belirsizlik 0.5 mm H<sub>2</sub>O,  $w_\zeta$  deki belirsizliği 0.00005 kg/kg ve  $v_{h,\zeta}$  deki belirsizliğin 0.005 m<sup>3</sup> /kg olduğunu kabul ederek havanın kütleli debisindeki belirsizliğin analizini yapınız ve hata yüzdesini belirleyiniz.

4) Takviye tankında kullanılan suyun kütleli debisini deney esnasında aldığınız tankta kullanılan su miktarı değeri ve zaman aralığını kullanarak bulunuz ve hata payını hesaplayınız. Ayrıca termodinamik tablolardan suyun özgül entalpi değerini yazınız.

$$\dot{m}_{t,s} = \frac{m_{t,s}}{\Delta t}$$

$\dot{m}_{t,s}$  takviye suyunun kütleli debisi(kg/s)

$\Delta t$  ölçüm zaman aralığı(s)

5) Deney sırasında buharlaşan su miktarını kütle dengesini yazarak aşağıdaki formülden hesaplayınız.

$$\dot{m}_{t,s} = \dot{m}_h(w_\zeta - w_g)$$

$w_g$  girişteki havanın özgül nem miktarı(kg/kg)

$w_\zeta$  çıkıştaki havanın özgül nem miktarı(kg/kg)

6) Kararlı hal için bir enerji dengesi yazarak giriş ve çıkış entalpileri arasındaki farkı aşağıdaki formülden hesaplayınız.

$$\Delta \dot{H} = \dot{H}_{çıkış} - \dot{H}_{giriş} = \dot{m}_h(h_\zeta - h_g) - \dot{m}_{b,s} h_{b,s}$$

$\dot{m}_{b,s}$  buharlaşan suyun miktarı(kg/kg)

$h_{b,s}$  buharlaşan suyun entalpisi(kj/kg)

7) Sistemin basınç düşümü ve buharlaşan su miktarını havanın kütleli debisine bağlı olarak iki ayrı grafik üzerinde gösteriniz.

## 6.TARTIŞMA SORULARI

- 1) Hesaplamalarda 4 ve 5 te elde edilen sonuçların farklı olmasının olası sebeplerini yazınız.
- 2) Yukarıda elde ettiğimiz giriş ve çıkış entalpileri arasındaki farkı sisteme teorik olarak verdiğimiz 1 kW lık elektriksel ısıtma ve 0.1 kW pompa gücü toplamıyla karşılaştırınız. Arasındaki farkın olası sebeblerini yazınız.
- 3) Deney esnasında havanın çıkış noktasına yakın yerlerde cam kolon üzerindeki yoğuşmanın sebebi ne olabilir? Yorum yapınız.
- 4) Deneyde basınç ölçümünde kullandığımız manometreleri dikey değilde yatayla küçük bir açı yapacak şekilde yerleştirilmesinin sebebi ne olabilir? Yorum yapınız.
- 5) Böyle bir sistemde suyun soğutulabileceği en düşük sıcaklık ve havanın ısınabileceği maksimum sıcaklık ve maksimum ısı transferi ne olabilir? Açıklayınız.
- 6) Kuru ve yaş termometre sıcaklıkları arasındaki fark havanın hangi özelliğinin bir göstergesidir. Soruyu giriş ve çıkıştaki havanın durumunu düşünerek cevaplayınız.
- 7) 1000 mbar yerine 900 mbar için yapılmış psikometrik diyagramın kullanılma sebebi nedir?

## 7. SEMBOLLER VE BİRİMLER

$\Delta h_{orifis}$	orifis diferansiyeli	(mm H <sub>2</sub> O)
$w_g$	girişteki havanın özgül nem miktarı	(kg/kg)
$w_{\zeta}$	çıkıştaki havanın özgül nem miktarı	(kg/kg)
$v_{h,\zeta}$	çıkıştaki havanın özgül hacmi	(m <sup>3</sup> /kg)
$h_{b,s}$	buharlaşan suyun entalpisi	(kJ/kg)
$m_{b,s}$	buharlaşan suyun kütleli debisi	(kg/s)
$\Delta t$	ölçüm zaman aralığı	(s)
$h_g$	girişteki havanın entalpisi	(kJ/kg)
$h_{\zeta}$	çıkıştaki havanın entalpisi	(kJ/kg)

## SOĞUTMA KULESİ VERİ TOPLAMA FORMU

Tarih:

Atmosfer Basıncı=900 mbar

Test	1	2	3	4	5	6
Paketleme Tipi						
Paketleme Yoğunluğu (1/m)						
Hava Giriş Kuru Termometre Sıcaklığı(°C)						
Hava Giriş Yaş Termometre Sıcaklığı(°C)						
Hava Çıkış Kuru Termometre Sıcaklığı(°C)						
Hava Çıkış Yaş Termometre Sıcaklığı(°C)						
Su Giriş Sıcaklığı(°C)						
Su Çıkış Sıcaklığı(°C)						
Beslenme Tankı Su Sıcaklığı(°C)						
Orifis Basıncı(mm H <sub>2</sub> O)						
Suyun Debisi(g/s)						
Soğutma Yüğü(kW)						
Besleme Suyu Miktarı(kg)						
Zaman Aralığı(s)						
Kolon Boyunca Basınç Düşümü(mm H <sub>2</sub> O)						

# H891 Bench Top Cooling Tower – Basic Unit

