

## Soğutma Kulesi Dolgu Elemanlarının Oluşturduğu Basınç Kaybının Deneysel İncelenmesi

A.E. ÖZGÜR<sup>1</sup>, H.C. BAYRAKÇI<sup>2</sup>, M. KORU<sup>1</sup>

<sup>1</sup>S.D.Ü. Teknik Eğitim Fakültesi Makine Eğitimi Bölümü, ISPARTA

<sup>2</sup>S.D.Ü. Senirkent Meslek Yüksek Okulu İklimlendirme-Soğutma Bölümü, ISPARTA

e-mail: ozgur@tef.sdu.edu.tr,

**Özet:** Bu çalışmada, soğutma kulelerinde kullanılan dolgu elemanlarının basınç kaybı değerleri deneysel olarak incelenmiştir. Üç farklı soğutma kulesi dolgu elemanı deneysel çalışmalarda kullanılmıştır. Değişik hava debisi değerlerinde bu elemanların basınç kaybı değerleri ölçülmüştür. Sonuçlar grafik halinde sunulmuştur. Dolgu elemanlarının oluşturduğu basınç kaybı değerleri ile hava kütleli debisi arasındaki ilişkiler deneye dayalı ifadeler ile verilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Soğutma kuleleri, dolgu malzemeleri, basınç kaybı.

### Experimental Investigation of the Pressure Drop for Cooling Tower Fills

**Abstract:** In this study, the pressure drop values for cooling tower fills are investigated. Three various type of cooling tower fills are used for experiments. The experiments have been made various air mass flow rate for measuring the pressure drop values of these cooling tower fill designs. The results are presented graphically. Variations of the pressure drop quantity with air mass flow rate are also presented with empirical equation.

**Key Words:** Cooling towers, fill materials, pressure drop.

### Giriş

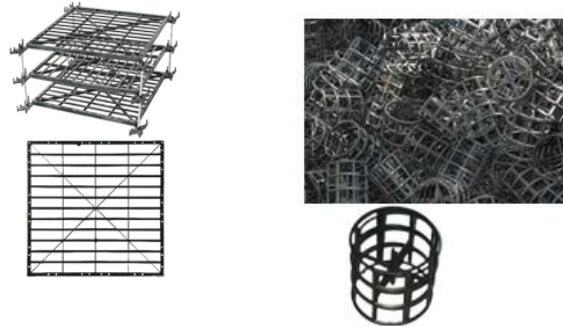
Soğutma kuleleri, bir prostenen veya sistemden uzaklaştırılması gereken ısının atmosfere verildiği ısı değiştiricileridir. Genellikle cebri hava akışlı soğutma kuleleri, karşıt akışlı ve çapraz akışlı olmak üzere iki grupta incelenir. Bu sistemlerden karşıt akışlı sistemlerin verimi çapraz akışlı sistemlere nazaran yüksektir. Bu çalışmada cebri hava akışlı ve karşıt akışlı bir soğutma kulesi kullanılmıştır.

Soğutma kulelerinde genel olarak üç farklı tipte dolgu malzemesi kullanılmaktadır. Bunlar, film akış tipi, sıçratmalı tip ve tel kafes (bigudi) tipi elemanlar olarak adlandırılabilir. Film akış tipi dolgu elemanı birden çok film tabakasının birleştirilmesinden oluşturulur. Bu elemanlarda su akışı, ince su filmi tabakaları halinde olmaktadır. Böylelikle su akışı ile hava akışı arasında maksimum ısı transferi alanı oluşturulması amaçlanır (1). Bu elemanların hava akışına karşı olan direnç değerleri düşüktür. Örnek bir dolgu elemanı şekil 1. de gösterilmiştir.

Sıçratmalı tip dolgular, su akışının çok sayıda damlaya dönüşmesini ve bu damlaların oluşturduğu ısı transferi alanı ile sudan havaya ısı taşınmasını sağlayan dolgu elemanlarıdır. Bu dolgular özellikle suyun yağlı olduğu, suyun kireçlenmeye meyilli olduğu ve ortam havasının kirli olduğu durumlarda tercih edilirler. Bu dolgu elemanları çapraz akışlı soğutma kulelerinde de yaygın olarak kullanılmaktadır. Şekil 2.a. da örnek bir sıçratmalı dolgu elemanı gösterilmiştir.



Şekil 1. Film akış tipi dolgu elemanı (1).



(a) Sıçratmalı tip dolgu elemanı.  
Şekil 2.a. Sıçratmalı tip dolgu elemanı.

Şekil 2. b. Tel kafes (Bigudi) tip dolgu elemanı.

Özellikle ülkemizde üretilen soğutma kulelerinde yaygın olarak kullanılan bir diğer dolgu elemanı tipi tel kafes tipi veya bigudi tipi dolgu elemanıdır. Diğer dolgu elemanları gibi polipropilen malzemeden üretilen bu dolgu elemanı suyun kirli ve kireçlenmeye meyilli olduğu ve ortam havasının tozlu olduğu durumlarda kullanılır. Kule giriş suyunun 60 °C den yüksek olduğu durumlarda tercih edilebilen ve temizlenmesi pratik olan bu dolgu elemanına ait bir fotoğraf şekil 2.b. de gösterilmiştir (2).

Goshayshi ve Missenden tarafından yapılan bir çalışmada değişik geometrilerdeki film tipi dolgu elemanının basınç kaybı ölçülmüştür. Fakat bu çalışmada hava debisi sabit tutulmuştur. Sadece su debisinin değişimine göre ölçüm yapılmıştır. Düz yüzeyli film tipi dolgunun basınç kaybının, dolgu üzerinden akan su debisi ile değişiminin az olduğunu belirtmişlerdir. Yüzey geometrisindeki dalgalanmalar arttıkça basınç kaybı değerlerinde su debisinin artışıyla birlikte çok daha fazla artış görülmektedir (3).

Milosavljevic ve Heikkila tarafından yapılan bir çalışmada değişik geometrilerdeki film tipi dolgu elemanının basınç kaybı ölçülmüştür. Yine bu çalışmada hava debisi sabit tutulmuştur. Değişik su debileri ile basınç kaybı değişimi ölçülmüştür (4).

Kloppers ve Kröger tarafından deneysel olarak üç farklı soğutma kulesi dolgu elemanın basınç kayıp katsayısı değerleri ölçülmüştür. Bu çalışmada su debisi de değişken olarak alınmıştır ve belirli su debilerinde oluşan hava akışının basınç kaybı değerleri, artan hava kütesel debisi değerleri ile azalma göstermiştir(5). Bu özellik beklenenin aksi bir durum olarak düşünülebilir.

## Deneyel Sistem

Değişik tip dolgu elemanlarının soğutma kulesinden geçen havanın basınç kaybına etkisini incelemek amacıyla 40 cm x 40 cm kesitinde bir soğutma kulesi

oluşturulmuştur. Bu sistemde dolgu yüksekliği 1 m. olarak sağlanmıştır. *A.E. ÖZGÜR, H.C. BAYRAKÇI, M. KORU*

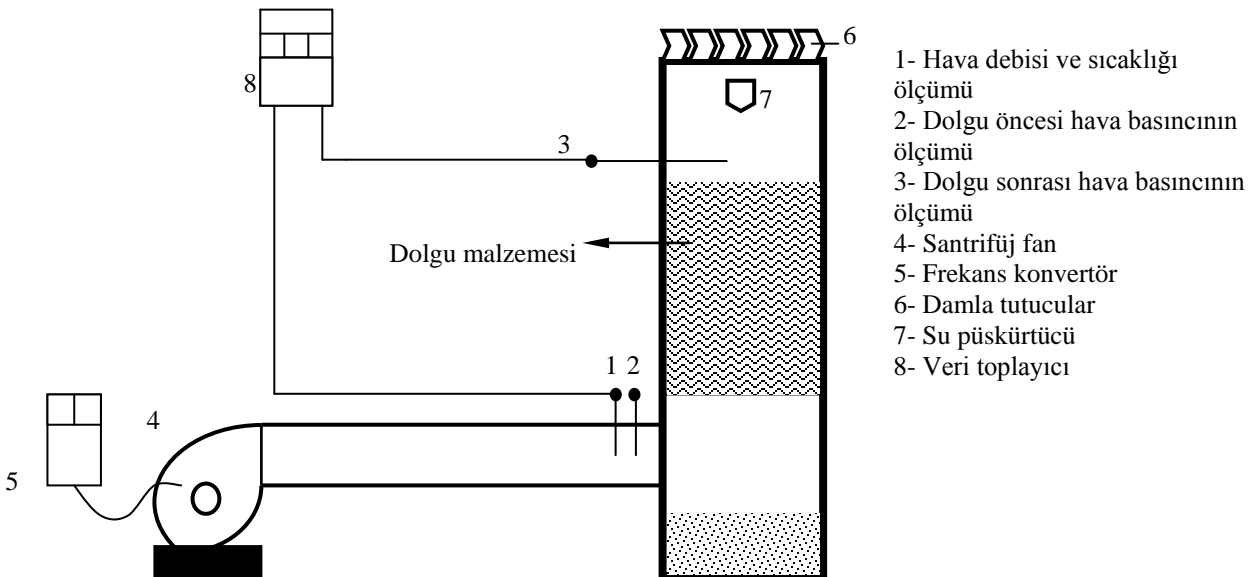
Soğutma kulesinin 3 tarafı galvanizli sac malzemeden oluşturulmuştur. 4. tarafı ise ölçme sistemlerinin gözetilmesi amacıyla şeffaf malzemeden oluşturulmuştur. Tüm sac levhalar ısıya karşı ve su kaçaklarına yalıtılmıştır.

Soğutma kulesine hava akışı, sistem girişine yerleştirilmiş bir santrifüj fan ile sağlanmaktadır. Soğutma kulesinden hava çıkışının olduğu bölgeye, su damla tutucular yerleştirilmiştir. Bu çalışmada dolgu üzerinden su akışı sağlanmamıştır. Sadece hava akışı değişik debi değerlerinde sağlanarak deneyler yapılmıştır.

Dikdörtgen kesitli kanallarda taşınım katsayısı köşelere yakın bölgelerde çok azalmaktadır (6). Bu sebepten dolayı ölçme elemanları bu husus göz önüne alınarak yerleştirilmiştir. Hava debisi ve hava sıcaklığı soğutma kulesine girmeden önce ve hava kanalının bitiminde ölçülmüştür. Şekil 3. de gösterilen deneysel sistem de bu hava kanalının (2 m.) uzun olduğu görülmektedir. Bunun amacı kanal içinde mümkün olduğunca hava akışının gelişmiş akış şartlarına ulaşmasını sağlamak ve ölçümün doğruluğunu arttırmaktır. Hava debisinin hassas ayarlanabilmesi için frekans konvertör ile fan motor devri kontrol edilmiştir.

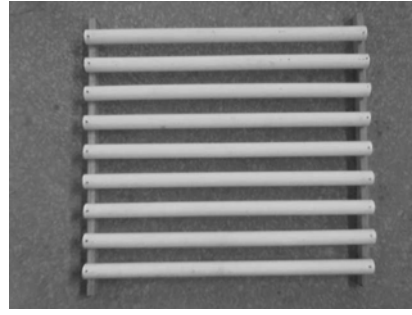
Deneysel sisteme üç farklı dolgu malzeme tipi ayrı ayrı yerleştirilerek, değişken hava debisi değerlerinde deneysel çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmalar esnasında basınç kaybı değerleri ölçülmüştür. Basınç kaybı değerleri Testo 454 model veri toplayıcının basınç farkı okuma uçlarına bağlanan özel bağlantı hortumları ile ölçülmüştür. Basınç ölçüm elemanlarının hassasiyeti  $\pm$  %2, hava hızı ölçüm elemanının hassasiyeti  $\pm$  %3 mertebesinde dir.

Deneysel sonuçların hassasiyetini etkileyen bir parametre kenar etkileridir. Bu etki en çok sıçratmalı dolgu elemanı kullanıldığında önemlidir. Bu dolgu elemanı ile elde edilen transfer katsayılarının diğer dolgu elemanı tiplerinde elde edilen değerlerden düşük olması sebebiyle kenar etkilerinin önemi artmaktadır (7).



Şekil 3. Deneyel sistem şematik çizimi.

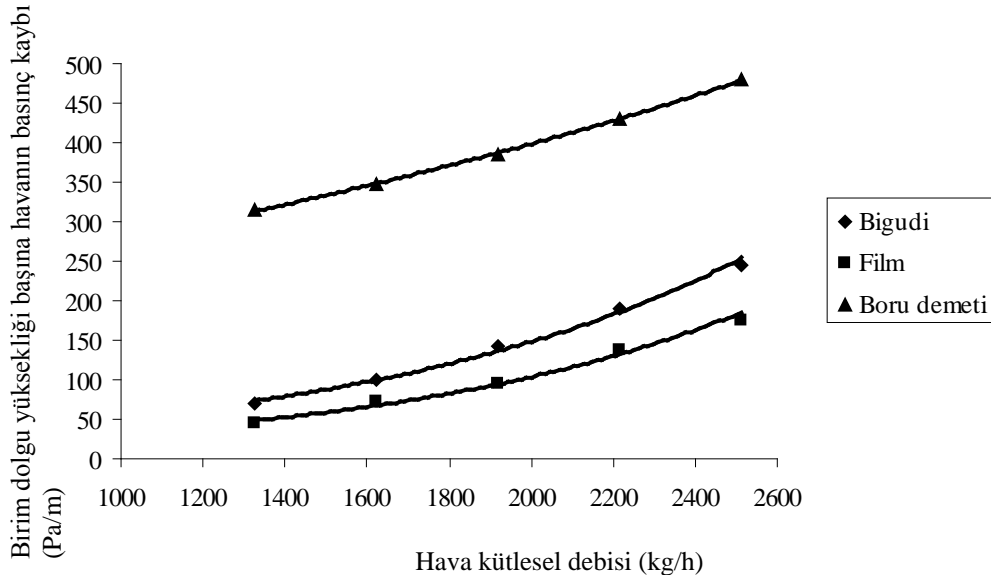
Deneysel çalışmalarda kullanılan sıçratmalı dolgu malzemesinin fotoğrafı şekil 4. de verilmiştir. Burada sıçratmalı tip dolgu elemanı 20 mm çapında plastik borulardan oluşturulmuştur. Her iki boru arası yine 20 mm olarak ayarlanmıştır. Toplam 13 sıra olarak oluşturulan bu boru demetleri 10 adet ve 9 adet boru sayısına sahip olarak ve saptırmalı düzen sağlanacak şekilde oluşturulmuştur. Diğer dolgu elemanları şekil 1. de ve şekil 2.b. de gösterilen dolgu elemanlarıdır.



Şekil 4. Deneysel çalışmada kullanılan sıçratmalı tip dolgu elemanı.

## Bulgular

Soğutma kulesinden geçen hava debisi ( $\dot{m}_h$ ) değerine göre birim dolgu yüksekliğinde elde edilen hava akışı basınç kaybı değerlerinin ( $\Delta P$ ) değişimi Şekil 5. de verilmiştir. Şekil 5. de verilen bu grafikler, ölçüm ile elde edilen değerlerin regresyon eğrileridir.



Şekil 5. Soğutma kulesinden geçen hava debisi ( $\dot{m}_h$ ) değerine göre elde edilen birim dolgu yüksekliğinde meydana gelen hava akışı basınç kaybı değerlerinin ( $\Delta P$ ) değişimi

Şekil 5. de görüldüğü gibi film akış tipi ve bigudi dolgu tipi elemanların, hava akışı üzerinde oluşturduğu basınç kaybı değerleri birbirlerine yakın değerlerdedir. Fakat boru demetlerinden oluşturulan sıçratmalı dolgu elemanının sebep olduğu basınç kaybı değerlerinin çok daha fazla olduğu görülmektedir. Bu değerler, yaklaşık olarak bigudi dolgu malzemesi ile elde edilen basınç kaybı değerlerine göre yaklaşık 3 kat daha fazladır. Deneysel çalışma sonuçlarından elde edilen deneye dayalı bağıntılar Tablo 1. de sunulmuştur.

Tablo 1. Dolgu tipleri için elde edilen deneye dayalı bağıntılar

Bağıntı	Dolgu tipi	R <sup>2</sup>
$\Delta P = 10.76 e^{0.0011 \dot{m}_h}$	Bigudi	0,986
$\Delta P = 18.263 e^{0.001 \dot{m}_h}$	Film	0,994
$\Delta P = 195.37 e^{0.0004 \dot{m}_h}$	Sıçratmalı	0,999

Şekil 5'de verilen eğriler deneysel sonuçları simgeleyen regresyon eğrileridir. Bu eğrileri simgeleyen deneye dayalı ifadeler de tablo 1'de verilmiştir.

Deneysel olarak elde edilen sonuçları simgeleyen Tablo'1 deki ifadeler en küçük kareler yöntemiyle elde edilmiştir. Bu işlem bir bilgisayar programı yardımıyla yapılmıştır ve üstel fonksiyon olarak elde edilen değerlerin regresyon uyum değerleri 1'e yakın olarak elde edildiğinden bu ifadeler Tablo'1 de verilmiştir.

## Sonuçlar ve Tartışma

Sıçratmalı tip dolgu elemanlarının üretiminde basınç kaybı hususuna dikkat edilmelidir. Hava akışına daha az direnç gösterecek çap ve sıklıkta saptırma elemanları yerleştirilmelidir.

Soğutma kulelerinde hava akışına karşı en az direnç gösteren dolgu elemanı film tipi dolgu elemanı olarak görülmektedir. Bu dolgunun tabakalarında oluşturulan girintilerin sıklığı ile hava akışının basınç kaybı değeri birbiriyle doğru orantılıdır. Bu çalışmada kullanılan film

tipi dolgu elemanının yüzey geometrisi köşeli bir yapıdadır ve yüzey üzerinde ilave kabartmalar mevcuttur (Şekil.1). Bu tür bir dolgu elemanının literatürdeki çalışmalarda film tipi dolgu elemanı tipleri içinde en çok basınç kaybı oluşturanların arasında olduğu belirtilmektedir (3,4). Dolayısıyla film tipi dolgu elemanlarının daima diğer dolgu elemanı modellerine göre daha az basınç kaybı oluşturan dolgu elemanları olarak tanımlanması uygundur.

Özellikle ülkemizde yaygın olarak tercih edilen bigudi tip dolgu elemanının da oluşturduğu basınç kaybı değerlerinin oldukça düşük olduğu belirlenmiştir. Bu dolgu elemanı film tipi dolgu elemanı ile kıyaslandığında, basınç kaybı açısından uygun bir dolgu elemanı olarak tanımlanabilir. Bigudi dolgu elemanları soğutma kulesinde sudan havaya ısı aktarılmasında genellikle daha etkin bir eleman olarak davranış sergiler. Bu sebeple hava akışına karşı gösterdiği direnç değerinden kaynaklanan olumsuzluk bu şekilde giderilebilir.

Soğutma kulelerinde kullanılan dolgu elemanlarının seçimi yalnız hava akışına karşı gösterilen direnç değerine göre seçilemez. Bu seçim soğutma kulesinden çıkan suyun çıkış sıcaklığı da dikkate alınarak yapılmalıdır. Bu iki faktör dikkate alınarak uygun dolgu elemanı tipi seçilmelidir. Hava akışına karşı dolgu elemanı tarafından gösterilen direnç, soğutma kulesinin fan motoru tarafından çekilen güç ile doğru orantılıdır. Dolayısıyla soğutma kulesinin düşük ısı yüklerinde çalışması veya soğuk mevsimlerde çalışması söz konusu olduğunda, dolgu elemanı seçimi düşük basınç kaybı kriterine göre seçilebilir. Bu da enerji tasarrufu açısından çok önemlidir.

Tablo 1. de verilen bağıntıların regresyon değerleri 1' e oldukça yakındır. Dolayısıyla tablo 1. deki ampirik ifadeler verilen hava kütleli debi değerlerinde geçerli olarak kabul edilebilir. Bu bağıntılar ile değişik hava debisi değerleri için hava akışının dolgu malzemesi içinden geçerken oluşacak basınç kaybı değerleri elde edilebilir.

## KAYNAKLAR

- (1) Wurtz, W., 2000. Fundamentals of Cooling Tower Design, Process Cooling & Equipment.
- (2) Niba.com.tr., Soğutma Kulesi Teknik Notları.
- (3) Goshayshi, H.R., Missenden, J.F., 2000. The investigation of cooling tower packing in various arrangements. App. Therm. Eng., Vol: 20, s: 69-80.
- (4) Milosavljevic, N., Heikkila, P., 2001. A Comprehensive Approach to Cooling Tower Design, App. Therm. Eng., Vol: 21, s: 899-915.
- (5) Kloppers, J.C., Kröger, D.G., 2003. Loss Coefficient Correlation for Wet-Cooling Tower Fills Applied Thermal Eng., Vol:23, s:2201-2211.

(6) Incropera, F.P., DeWitt, D.P., 2001. Isı ve Kütle Geçişinin Temelleri. Literatür Yayıncılık, 960s. İstanbul.

(7) Kloppers, J.C., Kröger, D.G., 2005. Refinement of the Transfer Characteristic Correlation of the Wet- Cooling Tower Fills. Heat Transfer Eng., Vol.: 26, No: 4, s: 35-41.

## Simgeler Listesi

$m_{su}$	: Su kütleli debisi (kg/h)
$m_h$	: Hava kütleli debisi (kg/h)
$\Delta T_{su}$	: Su sıcaklığı değişimi ( $^{\circ}C$ )