

Ege Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makina Mühendisliği Bölümü
Makina Laboratuvarı Deneyleri

Deneyin Adı

SICAKLIK KALİBRASYONU DENEYİ

Deneyin Amacı

Bu deneyde sıcaklık değerlerinin kalibrasyonu yapılacaktır.

Deney Düzenegi

Ege Üniversitesi Makina Mühendisliği Bölümü'nde bulunan JULABO FK30-SL kalibrasyon banyosu kullanılarak sıcaklık değerlerinin kalibrasyonu yapılacaktır. Şekil 1'de gösterilen kalibrasyon banyosu -30°C ile 200°C arasında çalışma sıcaklığına, $\pm 0.005^{\circ}\text{C}$ ısı kararlılığına ve 0.01°C çözünürlüğe sahiptir.



Şekil 1. Kalibrasyon banyosu JULABO FK30-SL

Deneyde Kullanılacak Cihazlar

Sıcaklık kalibrasyonunda kullanılacak cihazlar:

1. Kalibrasyon banyosu JULABO FK30-SL
2. Barometre
3. K Tipi ısı çifti ve ısı çifti okuyucu
4. Alkollü termometre

Deneyin Yapılışı

Isılçift ve alkollü termometre kalibrasyon banyosunun üzerindeki termometre (referans termometre) sıcaklığı 0°C de tutularak ısıl çift, alkollü termometre sıcaklıkları enaz 5 farklı kişi tarafından okunarak değerler kaydedilir. Kalibrasyon banyosunun sıcaklığı 0°C'den başlayarak, her seferinde 5°C arttırılmak koşuluyla 50°C kadar arttırılır. Her ölçüm noktasında enaz 5 farklı kişi tarafından kalibrasyon banyosunun üzerindeki termometre (referans termometre) sıcaklığı, ısıl çift sıcaklığı ve alkollü termometre sıcaklıkları kaydedilir.

Deney Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Her bir ölçüm noktası için 5 farklı kişi tarafından alınan sonuçlar birleştirilerek ortalama, standart sapmalar hesaplanır, (K=2 %95) için ortalama değerlerdeki belirsizlik hesaplanır. Her nokta için referans sıcaklık değerleri, ısıl çift sıcaklık değerleri ve alkollü termometre sıcaklık değerleri, belirsizlik değerleri tablo olarak verilmelidir. En küçük kareler metodu kullanılarak çeşitli üst sabitler için (lineer, ikinci derece, üçüncü derece polinom vb.) ölçülen referans termometre değerleri ile okunan termometre değerleri (alkollü termometre ve ısıl çift) arasında bir düzeltme eğrisi oluşturulur.

En küçük kareler hata fonksiyonu

$$\chi^2 = \left(\sum_{k=1}^N (y(x_k) - y_k)^2 \right)^{1/2}$$

kullanarak toplam hata miktarları belirlenir. Oluşturulan en uyumlu kalibrasyon eğrisinin formülde sonuçlarda verilmelidir.

Laboratuvar Raporunda İstenenler

- Laboratuvar ölçüm verileri
- Yapılan deneyin tanımı
- Sıcaklık kalibrasyonu ile ilgili temel bilgiler
- Kalibrasyon belirsizliği ile ilgili temel bilgiler
- Alkollü termometre için kalibrasyon raporu (ortalama referans sıcaklıklar, ortalama alkollü termometre sıcaklıkları ve belirsizlik değerleri birimleriyle birlikte listelenecektir) ve raporun altında en uygun görülen kalibrasyon düzeltme eğrisi verilecek ve eğrinin hata miktarı verilecektir.
- Isıl çiftli termometre için kalibrasyon raporu (ortalama referans sıcaklıklar, ortalama ısıl çiftli termometre sıcaklıkları ve belirsizlik değerleri birimleriyle birlikte listelenecektir) ve raporun altında en uygun görülen kalibrasyon düzeltme eğrisi verilecek ve eğrinin hata miktarı verilecektir.

Deney Verileri ve Sonuçları

	Referans	Alkollü termometre	Isıl Çift
Kalibrasyon banyosu T ₁			
Kalibrasyon banyosu T ₁			
Kalibrasyon banyosu T ₁			
Kalibrasyon banyosu T ₁			
Kalibrasyon banyosu T ₁			
T ₁ Ortalama			
T ₁ Standart sapma			
T ₁ Belirsizlik			
Kalibrasyon banyosu T ₂			
Kalibrasyon banyosu T ₂			
Kalibrasyon banyosu T ₂			
Kalibrasyon banyosu T ₂			
Kalibrasyon banyosu T ₂			
T ₂ Ortalama			
T ₂ Standart sapma			
T ₂ Belirsizlik			
Kalibrasyon banyosu T ₃			
Kalibrasyon banyosu T ₃			
Kalibrasyon banyosu T ₃			
Kalibrasyon banyosu T ₃			
Kalibrasyon banyosu T ₃			
T ₃ Ortalama			
T ₃ Standart sapma			
T ₃ Belirsizlik			
Kalibrasyon banyosu T ₄			
Kalibrasyon banyosu T ₄			
Kalibrasyon banyosu T ₄			
Kalibrasyon banyosu T ₄			
Kalibrasyon banyosu T ₄			
T ₄ Ortalama			
T ₄ Standart sapma			
T ₄ Belirsizlik			
Kalibrasyon banyosu T ₅			
Kalibrasyon banyosu T ₅			
Kalibrasyon banyosu T ₅			
Kalibrasyon banyosu T ₅			
Kalibrasyon banyosu T ₅			
T ₅ Ortalama			
T ₅ Standart sapma			
T ₅ Belirsizlik			

Kalibrasyon banyosu T ₆			
Kalibrasyon banyosu T ₆			
Kalibrasyon banyosu T ₆			
Kalibrasyon banyosu T ₆			
Kalibrasyon banyosu T ₆			
T ₆ Ortalama			
T ₆ Standart sapma			
T ₆ Belirsizlik			
Kalibrasyon banyosu T ₇			
Kalibrasyon banyosu T ₇			
Kalibrasyon banyosu T ₇			
Kalibrasyon banyosu T ₇			
Kalibrasyon banyosu T ₇			
T ₇ Ortalama			
T ₇ Standart sapma			
T ₇ Belirsizlik			
Kalibrasyon banyosu T ₈			
Kalibrasyon banyosu T ₈			
Kalibrasyon banyosu T ₈			
Kalibrasyon banyosu T ₈			
Kalibrasyon banyosu T ₈			
T ₈ Ortalama			
T ₈ Standart sapma			
T ₈ Belirsizlik			
Kalibrasyon banyosu T ₉			
Kalibrasyon banyosu T ₉			
Kalibrasyon banyosu T ₉			
Kalibrasyon banyosu T ₉			
Kalibrasyon banyosu T ₉			
T ₉ Ortalama			
T ₉ Standart sapma			
T ₉ Belirsizlik			

Ek Kaynaklar

En küçük kareler Metodu programı

Kalibrasyon belirsizlik hesapları, ders notları ve excel veri-tablosu formları

Ege Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makina Mühendisliği Bölümü
Makina Laboratuvarı Deneyleri

Deneyin Adı

BASINÇ KALİBRASYONU DENEYİ

Deneyin Amacı

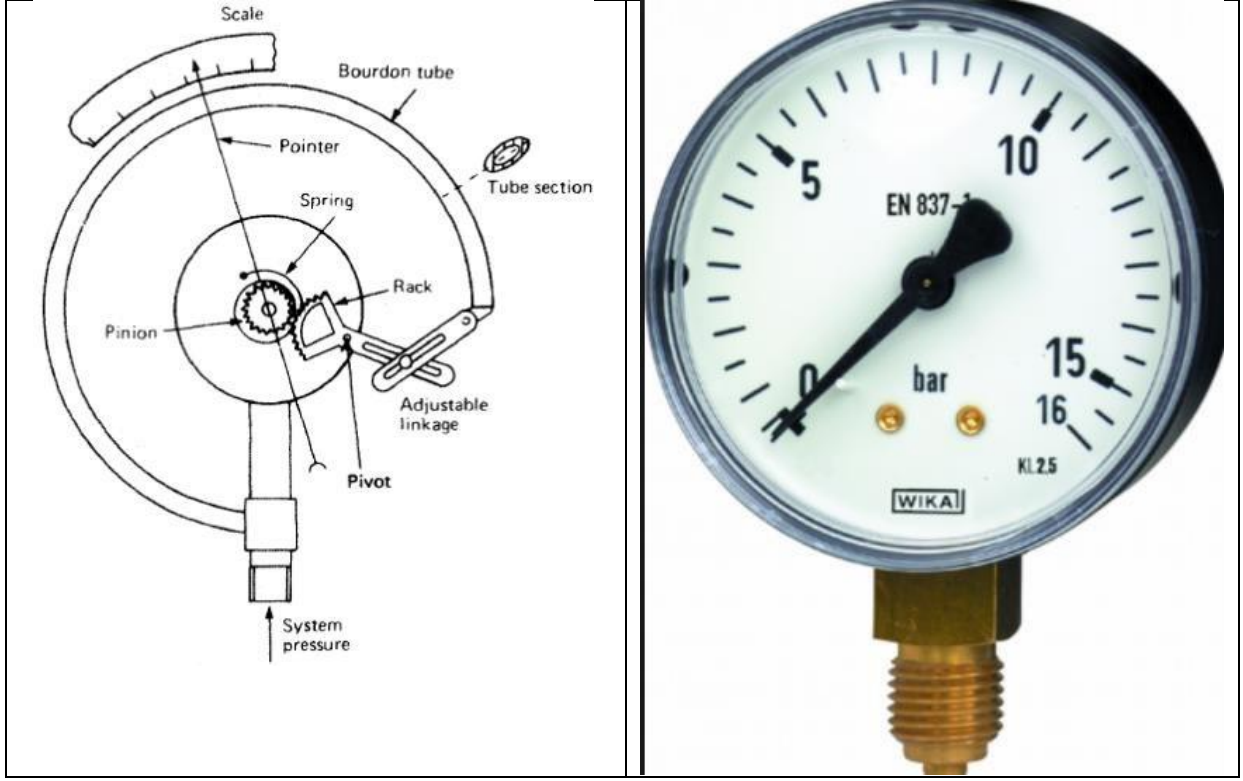
Bu deneyde basınç değerlerinin kalibrasyonu yapılacaktır.

Deney Düzenegi

Ege Üniversitesi Makina Mühendisliği Bölümü'nde bulunan GE DRUCK PV622+DPI620+PM620 basınç kalibratör cihazı kullanılarak basınç değerlerinin kalibrasyonu yapılacaktır. Şekil 1'de gösterilen basınç kalibratör cihazı -10°C ile 40°C ortam sıcaklıklarında çalışmaktadır. $\pm 0.025\%$ hassasiyetine sahiptir. Barometrik basınç hassasiyeti ± 0.15 mbar'dır.



Şekil 1. Basınç kalibratör cihazı GE DRUCK PV622+DPI620+PM620



Şekil 2. Bourden manometre

Deneyde Kullanılacak Cihazlar

Basınç kalibrasyonunda kullanılacak cihazlar:

1. Basınç kalibratör cihazı GE DRUCK PV622+DPI620+PM620
2. Bourden manometre

Deneyin Yapılışı

Termodinamik laboratuvarında bulunan basınç kalibratör cihazı (GE DRUCK PV622+DPI620+PM620) set edilen basınç (referans sıcaklık ve nem) değerine getirilerek dengeye gelmesi beklenir. Sistem dengeye geldikten sonra basınç kalibratöründen ve cihaza yerleştirilen manometreden basınç değerleri okunur. Her ölçüm noktasında enaz 5 farklı kişi tarafından okunan referans değerleri ve manometreden alınan değerler kaydedilir. Basınç kalibratöründen mümkün olduğu kadar çok deney noktasında basınç değerlerinde ölçümler gerçekleştirilir.

Deney Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Her bir ölçüm noktası için 5 veya daha fazla kişi tarafından alınan sonuçlar birleştirilerek ortalama ve standart sapmalar hesaplanır, ($K=2$ %95) için ortalama değerlerdeki belirsizlik hesaplanır. Her nokta için basınç kalibratöründen okunan referans basınç değerleri ve manometreden okunan değerleri ve belirsizlik değerleri tablo olarak verilmelidir. En küçük kareler metodu kullanılarak çeşitli üst sabitleri için (lineer, ikinci derece, üçüncü derece polinom vb.) ölçülen referans basınç değerleri ile manometreden okunan basınç değerleri arasında bir düzeltme eğrisi oluşturulur. Bu eğri denklemleri ile veriler grafikte gösterilerek hata miktarları belirlenir.

En küçük kareler hata fonksiyonu

$$\chi^2 = \left(\sum_{k=1}^N (y(x_k) - y_k)^2 \right)^{1/2}$$

kullanarak toplam hata miktarları belirlenir. Oluşturulan en uyumlu kalibrasyon eğrisinin formülde sonuçlarda verilmelidir.

Laboratuvar Raporunda İstenenler

- Laboratuvar ölçüm verileri
- Yapılan deneyin tanımı
- Basınç kalibrasyonu ile ilgili temel bilgiler
- Kalibrasyon belirsizliği ile ilgili alt yapı bilgisi
- Manometre için kalibrasyon raporu

Deney Verileri ve Sonuçları

Atmosfer Basıncı:

Referans Basınç Değeri (bar)	Manometre Basınç Değeri (bar)

Referans Basınç Değeri (bar)	Manometre Basınç Değeri (bar)

Ek Kaynaklar

En küçük kareler Metodu programı

Kalibrasyon belirsizlik hesapları, ders notları ve excel veri tablosu formları

Ege Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makina Mühendisliği Bölümü Makina Laboratuvarı Deneyleri
--

Deneyin Adı	NEM KALİBRASYONU DENEYİ
--------------------	--------------------------------

Deneyin Amacı

Bu deneyde nem değerlerinin kalibrasyonu yapılacaktır.

Deney Düzenegi

Ege Üniversitesi Makina Mühendisliği Bölümü'nde bulunan TESTO HUMINATOR nem kalibrasyon cihazı kullanılarak nem değerlerinin kalibrasyonu yapılacaktır. Şekil 1'de gösterilen nem kalibrasyon cihazı 15°C ile 40°C sıcaklık ve %5 ile %95 RH bağıl nem aralığında çalışmaktadır. %10 – %85 RH arasında %2 RH nem ve 0.5°C sıcaklık hassasiyetine sahiptir.



Şekil 2. Nem kalibrasyon cihazı TESTO HUMINATOR

Deneyde Kullanılacak Cihazlar

Nem kalibrasyonunda kullanılacak cihazlar:

1. Nem kalibrasyon cihazı TESTO HUMINATOR
2. Testo okuyucusu
3. Psikometrik Tablo programı(www.axtelsoft.com/turhan.coban)
4. Testo elektronik nem ve sıcaklık sensörü

Deneyin Yapılışı

Termodinamik laboratuvarında bulunan nem kalibrasyon cihazı (TESTO HUMINATOR) set edilen sıcaklık ve nem (referans sıcaklık ve nem) değerine getirilerek dengeye gelmesi beklenir. Sistem dengeye geldikten sonra nem kalibrasyon cihazından ve cihaza yerleştirilen problarla sıcaklık ve nem değerleri okunur. Her ölçüm noktasında enaz 5 farklı kişi tarafından okunan referans değerleri ve ölçüm probundan alınan değerler kaydedilir. Nem kalibrasyon cihazından mümkün olduğu kadar çok deney noktasında sıcaklık ve nem değerlerinde ölçümler gerçekleştirilir.

Deney Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Her bir ölçüm noktası için 5 veya daha fazla kişi tarafından alınan sonuçlar birleştirilerek ortalama ve standart sapmalar hesaplanır, (K=2 %95) için ortalama değerlerdeki belirsizlik hesaplanır. Her nokta için nem kalibrasyon cihazından okunan referans sıcaklık, nem değerleri ve testo elektronik nem, sıcaklık sensöründen okunan değerleri ve belirsizlik değerleri tablo olarak verilmelidir. En küçük kareler metodu kullanılarak çeşitli üst sabitleri için (lineer, ikinci derece, üçüncü derece polinom vb.) ölçülen referans bağıl nem değerleri ile okunan nem değerleri (Testo elektronik nem ve sıcaklık sensörü) arasında bir düzeltme eğrisi oluşturulur. Bu eğri denklemleri ile veriler grafikte gösterilerek hata miktarları belirlenir.

En küçük kareler hata fonksiyonu

$$\chi^2 = \left(\sum_{k=1}^N (y(x_k) - y_k)^2 \right)^{1/2}$$

kullanarak toplam hata miktarları belirlenir. Oluşturulan en uyumlu kalibrasyon eğrisinin formülde sonuçlarda verilmelidir.

Laboratuvar Raporunda İstenenler

- Laboratuvar ölçüm verileri
- Yapılan deneyin tanımı
- Nem kalibrasyonu ile ilgili temel bilgiler
- Kalibrasyon belirsizliği ile ilgili alt yapı bilgisi
- Testo elektronik nem sıcaklık sensörü için kalibrasyon raporu

Deney Verileri ve Sonuçları

Atmosfer Basıncı:

Referans Sıcaklık Değeri (°C)	Referans Bağıl Nem Değeri (%RH)	Testo elektronik nem-sıcaklık sensörü Sıcaklık Değeri (°C)	Testo elektronik nem-sıcaklık sensörü Bağıl Nem Değeri (%RH)

Ege Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makina Mühendisliği Bölümü
Makina Laboratuvarı Deneyleri

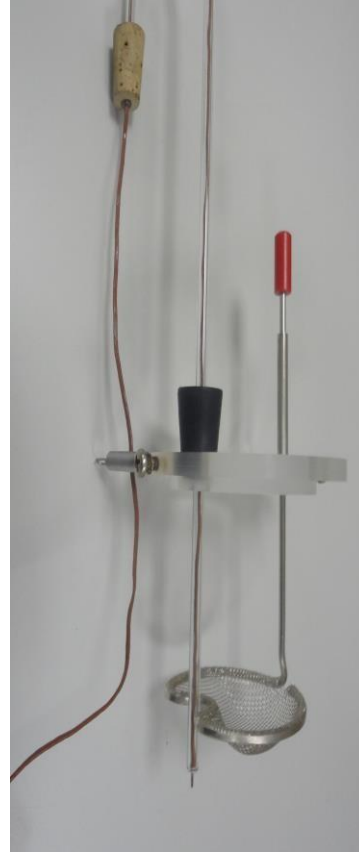
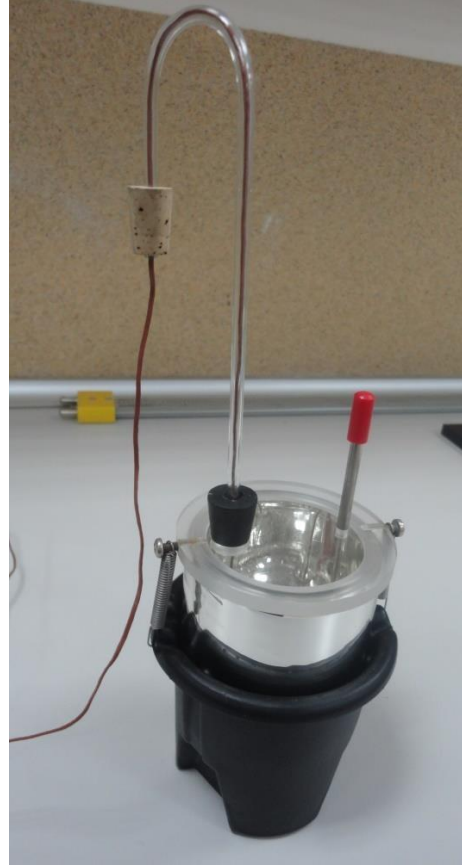
Deneyin Adı

**DEWAR TERMOS KAPLI KALORİMETRE İLE
KATILARDA ÖZGÜL ISI TAYİNİ DENEYİ**

Deneyin Amacı

Bu deneyde dewar termos kaplı kalorimetre kullanılarak çelik malzemenin özgül ısı tayini yapılacaktır.

Deneyde Kullanılacak Cihazlar



Şekil Dewar Kalorimetresi



Şekil Nuve EV 018 Fırın ve devar kalorimetresinde ölçülecek örnekler

Bu deneyimizde metal örneklerin özgül ısısını ölçmek için devar termometresi kullanılacaktır. Deva kalorimetresi tepesinde ısı ölçümü yapılacak bir termocouple girişi ve karıştırma sistemi olan izole bir termos kabıdır (izolasyonlu). Kabın toplam su kapasitesi yaklaşık 300 cc'dir. kalorimetrenin kapağı iki yayla tutturulmuştur. Kapağı açmak için yaylar çıkarılır.

Deneyimizde çelik ve aliminyum parçacıkların özgül ısıları tayin edilecektir. Parçacıkları ısıtmak için Nuve EV 018 fırın kullanılacaktır.

Deneyin Yapılışı

Çelik numune terazide tartılarak ağırlıkları kaydedilir. Ağırlıkları kaydedilen çelik numune termostat kontrollü Nüve EV 018 vakumlu fırına konularak fırın sıcaklığı 95° C'ye ayarlanır. Kalorimerenin boş ağırlığı tartılır. Terazinin darası sıfırlanır. Kalorimetre ½ ila ¾ hacim arasında saf su ile doldurulur. Suyun sıcaklığı izlenir, ve kaydedilir. Fırındaki örnek istenilen sıcaklığa ulaştıklarında, çelik örnek alınır. Kalorimetrenin kapağı açılarak içine yerleştirilir. (Yüksek Sıcaklıktan Dolayı Dikkatli Olunmalıdır!). Numunenin dewar tipi kalorometreye yerleştirilmesinde izolasyonlu eldiven veya maşa kullanılmalıdır. Kapak kapatılır ve ızgara hareket ettirilerek suyun yavaşça karıştırılması sağlanır. Sıcaklık değişimleri izlenerek denge sıcaklığı yani sıcaklığın sabit kaldığı değer kaydedilir.

Örneğin özgül ısısı aşağıda verilen bağıntı kullanılarak belirlenir.

- C_s : Numunenin özgül ısısı
- C_w : Suyun özgül ısısı
- m_s : Numunenin kütlesi
- m_w : Suyun kütlesi
- T_w : Suyun ilk sıcaklığı
- T_s : Numunenin ilk sıcaklığı
- T_M : Numunenin ve suyun ortak denge sıcaklığı

$$C_s = C_w \cdot (m_w/m_s)(T_m - T_w)/(T_s - T_m)$$

Laboratuvar Raporunda İstenenler

- Kalorimetrenin çalışmasını ve enerji dengesini anlatınız ve yukarda verilen denklemi enerjinin korunumunu kullanarak belirleyiniz.
- Tüm ölçüm verilerini veriniz.
- Tüm stepleriyle hesabınızı yapınız.
- Kitaptan çeliğin özgül ısısını bularak, deneyden bulduğumuz değer ile karşılaştırınız.

Deney Verileri ve Sonuçları

Ölçümler	
Çelik Numunenin Ağırlığı:	
Boş Dewar Tipi Kalorimetrenin Ağırlığı:	
Su Koyulmuş Dewar Tipi Kalorimetrenin Ağırlığı:	
Dewar Tipi Kalorimetre'ye Koyulan Suyun Ağırlığı:	
Suyun İlk Sıcaklığı:	
Suyun ve Numunenin Denge Sıcaklığı:	

Deneyin Adı	ISI POMPALI KURUTMA DENEYİ
--------------------	-----------------------------------

Giriş

Kurutma işlemi gazlardan, sıvılardan veya katılardan su veya diğer sıvıların uzaklaştırılmasıdır. Bununla beraber kurutma teriminin en yaygın kullanım yeri katı maddelerden ısı yöntemleri ile su veya uçucu diğer maddelerin uzaklaştırılması işlemini tanımlamaktadır. Kurutma gıda maddelerinin korunmasında kullanılan en önemli yöntemlerden biri olup kimya ve üretim süreçlerinde yaygın olarak kullanılan bir işlemdir.

Kimyasal süreçlerin en önemli basamaklarından biri kabul edilen kurutma, bir ürünün satışa sunulmasından önceki görünüm ve mukavemet özelliklerini en iyi yansıttığı rutubet seviyesine getirilmesi için uygulanan bir işlemdir. Kurutma işlemi ısı ve kütle aktarımının aynı anda gözlemlendiği karmaşık bir olaydır. İşlem sırasında kurutucu gazdan katıya doğru ısı aktarımı gerçekleşir. Ürünün kullanım kalitesi ile dayanım özelliklerinin olumsuz etkilenmesinden dolayı, bu işlemde son kurutma derecesinin çok önemli olduğu kabul edilmektedir. Bu sebeple kontrollü şartlarda gerçekleştirilmesi önemlidir.

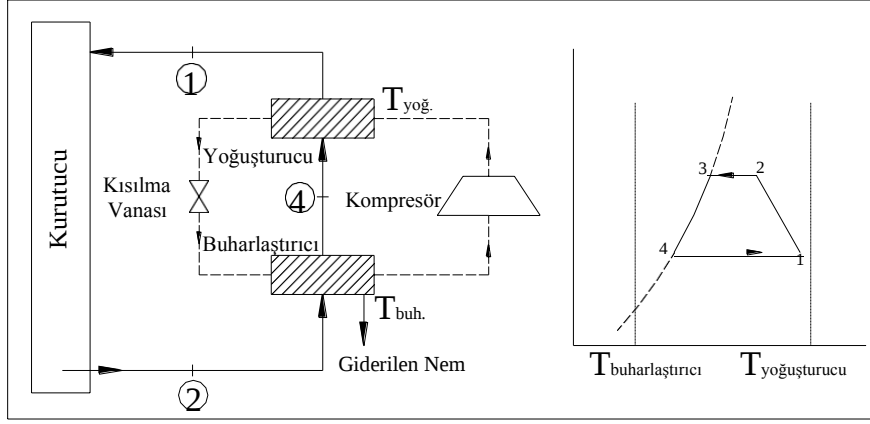
Kurutma işleminin uygulanması ile malzemenin ekonomik olarak işlenmesi, nakliyesi için kütlelerinin azaltılması, daha sonraki üretim aşamalarında gerekli koşulların sağlanması, ürünün sterilasyonu veya korunması, çözeltilerden bazı ürünlerin geri kazanılması gerçekleştirilebilir.

Birçok sektörde kurutma için tüketilen enerji toplam enerji tüketimi içinde önemli bir paya sahiptir. Bu oran kimyada % 6, tekstilde % 5, seramik ve diğer inşaat malzemeleri üretiminde % 11, kereste kurutmada % 11, gıda ve tarımsal ürünlerin kurutulmasında % 12 ve kağıt endüstrisinde % 33 düzeylerine ulaşabilmektedir.

Isı Pompalı Kurutucunun Çalışma Şekli

Geleneksel sıcak havalı bir kurutucuda, oldukça yüksek sıcaklıktaki kurutucu havasının kurutucudan dışarı atılması gerektiğinden önemli bir miktarda enerji (ısı) kaybı kaçınılmazdır. Isı pompası ile desteklenmiş bir kurutucuda kurutucu egzozundaki enerji tekrar kullanılmaktadır.

Kapalı sistem ısı pompaları uygulamasının temel prensibi Şekil 1’de görülmektedir. Burada kurutucudan gelen düşük sıcaklıktaki hava yardımıyla buharlaştırıcıda, ısı pompası devresindeki soğutucu akışkan buharlaşır. Aynı zamanda egzoz (kurutma) havasından yoğunlaşan nem uzaklaştırılır. Soğutucu akışkan kompresörde sıkıştırılır ve yoğunlaştırıcıdan geçirilerek taşıdığı enerji kurutma havasına transfer edilir. Sıcaklığı yükselen kurutma havası da kurutucuya verilir. Soğutucu akışkan ise adyabatik olarak buharlaştırıcı basıncına genişletilir. Bu uygulamada kurutucudan gelen egzoz havası, taşıdığı nemin uzaklaştırılabilmesi için yoğunlaşma sıcaklığının altına soğutulmalıdır. Bu sürecin izlediği yol psikrometrik diyagramda görülmektedir. Kurutucudan gelen egzoz havasının ısı pompası buharlaştırıcısına giriş koşulları 2 noktası ile belirlenir. Buharlaştırıcıda önce egzoz havasının sıcaklığı düşer (3), ardından içerdiği nem yoğunlaşarak 4 noktası ile gösterilen koşullara ulaşılır. Nemi uzaklaştırılan egzoz havası ısı pompası yoğunlaştırıcısında kurutma sıcaklığına getirilerek 1 noktası ile gösterilen koşula getirilir.



Şekil 1. Isı pompalı kurutucu prensip şeması ve psikometrik diyagramda gösterimi

Deneyin Amacı

Bu deney çalışmasında ısı pompalı kurutucunun çalışma prensibi verilerek, incelenecek ürünün kuruma eğrileri çıkarılacak ve kurutucuya giren ve çıkan havanın değişimleri incelenecektir.

Deney Düzeneği

Ege Üniversitesi Makina Mühendisliği binasında kurulan ısı pompalı kurutucu Şekil 2’de verilmektedir.



Şekil 2. Isı pompalı kurutucunun deney düzeneği

Deneyin Yapılışı

Kabine giren ve çıkan havanın sıcaklık ve nem değerleri TESTO ölçüm cihazları, kurutulacak ürünün kütle ölçümleri ise hassas terazi kullanılarak onbeş dakikada bir yapılacaktır.

Kurutulacak ürünlerin nem oranları aşağıdaki eşitlik kullanılarak hesaplanabilmektedir. Deneylerde alınan sonuçların zamana göre değişimi grafik olarak verilecektir.

$$MR = \frac{M_{db,t}}{M_{db,0}}$$

Burada;

$M_{db,t}$ t anındaki nem miktarı, (kgw/kgdm)

$M_{db,0}$ t = 0 anındaki nem miktarı, (kgw/kgdm)

Kuruma debisinin hesaplanabilmesinde aşağıda verilen eşitlik kullanılmaktadır. Deneylerde alınan sonuçlar için kuruma debisinin nem miktarına (kgH₂O/kg kuru madde) göre değişimi grafik olarak gösterilecektir.

$$Kuruma\ Debisi = \frac{m_t - m_{t+\Delta t}}{A\Delta t} [kg / m^2 h]$$

Burada;

m_t (kuru madde + rutubet) ağırlığı t anında, (kg)

$m_{t+\Delta t}$ (kuru madde + rutubet) ağırlığı t + Δt anında, (kg)

A Maddenin kuruma yüzeyinin alanı, (m²)

Kabin giriş, kabin çıkış sıcaklık ve nem değişimleri grafikler halinde verilecektir.

Deney Verileri ve Sonuçları

Zaman	T _{kabin,g}	T _{kabin,ç}	Φ _{kabin,g}	Φ _{kabin,ç}	Kütle (kg)
0					
0,25					
0,5					
0,75					
1					
1,25					
1,5					
1,75					
2					
2,25					
2,5					
2,75					
3					

Ege Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makina Mühendisliği Bölümü
Makina Laboratuvarı Deneyleri

Deneyin Adı	SUDAN SUYA ISI POMPASI DENEYİ
--------------------	--------------------------------------

Deneyin Amacı

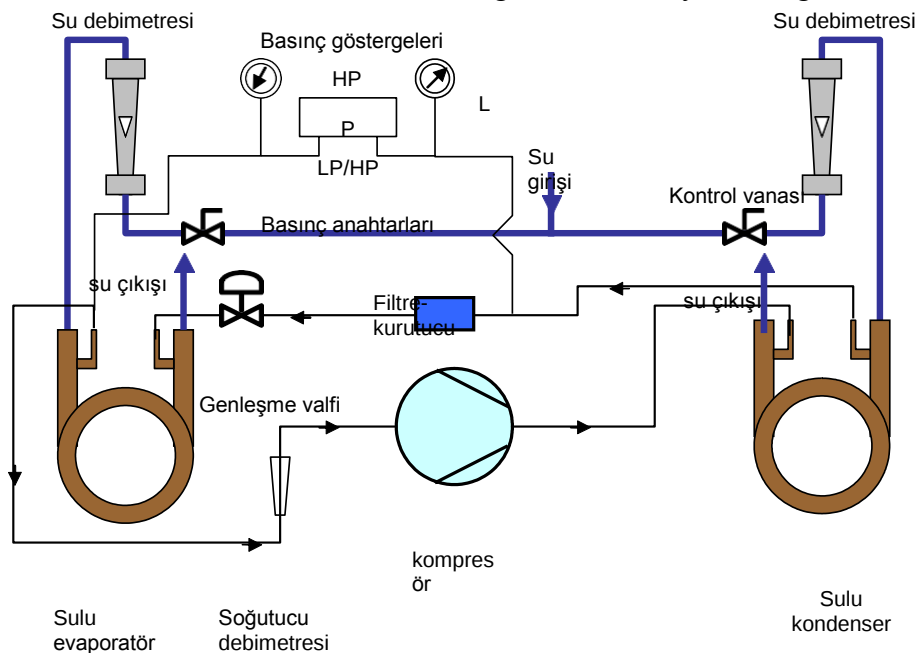
Sudan suya ısı pompasının çalışma şekli açıklanarak, farklı çalışma koşullarında sudan suya ısı pompasının ısıtma ve soğutma tesir katsayıları belirlenecektir. Çevrimin P-h diyagramı üzerinde gösterimi gerçekleştirilecektir.

Deney Düzenegi

Ege Üniversitesi Makina Mühendisliği Bölümü'nde bulunan sudan suya ısı pompası eğitim seti deney düzenegi Şekil 1'de ve deney düzeneginin şeması Şekil 2'de verilmektedir.



Şekil 1. Temel iklimlendirme eğitim seti deney düzenegi



Şekil 2. Temel iklimlendirme eğitim seti deney düzeneginin şeması

Deneyde Kullanılacak Cihazlar

Sudan suya ısı pompası deneyinde kullanılacak cihazlar:

1. Sudan suya ısı pompası eğitim seti deney düzeneği

Deneyin Yapılışı

- 1) Kondenser su debisini (soğutma suyunu) 400 L/h, evaporatör su debisini 50 L/h ayarlayınız ve sistemi çalıştırınız.
- 2) Sistem kararlı hale gelince ölçüm değerlerini tabloya kaydediniz.
- 3) Kondenser su debisini 300 L/h ve 200 L/h ayarlayınız.
- 4) Sistem kararlı hale gelince her defasında ölçüm değerlerini tabloya kaydediniz.

Deney Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Farklı çalışma koşullarında sudan suya ısı pompasının ölçüm değerleri kaydedilir. Aşağıda verilen bağıntılar kullanılarak ısı pompasının verimleri belirlenir.

Güç girişi: $P = U \cdot I_c \cos \phi$ [W]

Suya verilen ısı: $\dot{Q}_{suya} = \dot{m}_{suya} (T_6 - T_5)$ [W]

Sudan alınan ısı: $\dot{Q}_{sudan} = \dot{m}_{sudan} (T_7 - T_8)$ [W]

Isıtma tesir katsayısı $\eta_{ısıtma} = \frac{\dot{Q}_{sudan}}{P}$

Soğutma tesir katsayısı $\eta_{soğutma} = \frac{\dot{Q}_{suya}}{P}$

Farklı çalışma koşullarında sudan suya ısı pompasının ısıtma ve soğutma tesir katsayıları hesaplanarak değişimlerini grafiksel olarak ifade ediniz ve sonuçları irdeleyiniz.

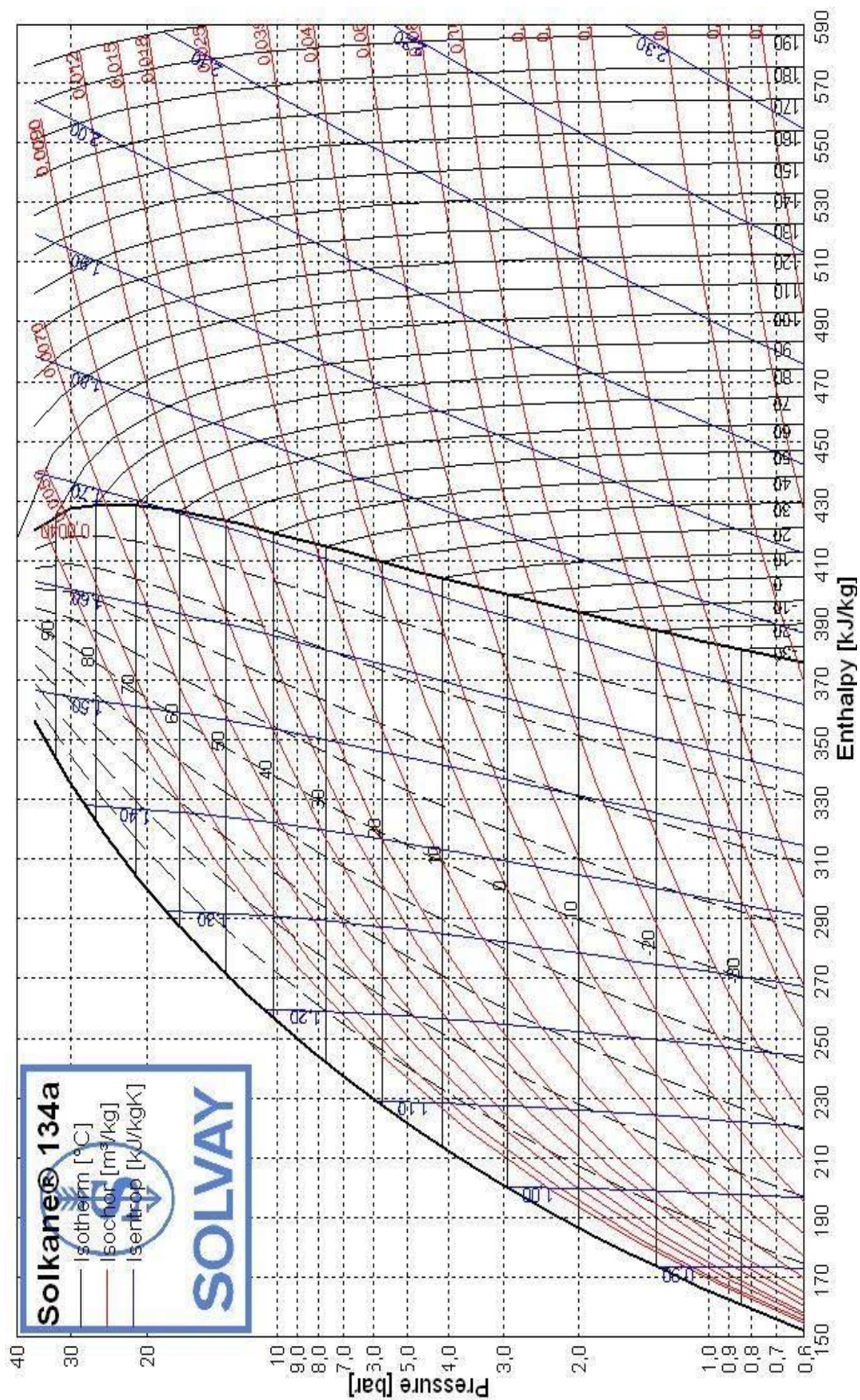
Isı pompası çevriminde çalışma akışkanı olarak R134a kullanılmaktadır. Farklı çalışma durumları için çevrimi P-h diyagramlarında göstererek analizlerini yapınız.

Laboratuvar Raporunda İstenenler

- Yapılan deneyin tanımı ve yapılışı verilecektir.
- Ölçüm değerleri verilecektir.
- Farklı çalışma koşullarında sudan suya ısı pompasının verimleri hesaplanacaktır. Güç girdisinin, ITK, STK, kondenser ve evaporatördeki ısı miktarlarının kondenser debisine göre değişimleri grafik olarak verilecektir ve sonuçlar yorumlanacaktır.
- Farklı çalışma durumları için çevrimin P-h diyagramları üzerinde gösterimi gerçekleştirilecektir ve analizleri yapılacaktır.

Deney Verileri ve Sonuçları

Ölçüm sayısı		1	2	3
Hat gerilimi	U [Volt]			
Kompresör akımı	I _c [Amper]			
Kompresör güç katsayısı	CosΦ			
Emme hattı basıncı, P ₁	[kPa]			
Emme hattı sıcaklığı, T ₁	[°C]			
Basma hattı basıncı, P ₂	[kPa]			
Basma hattı sıcaklığı, T ₂	[°C]			
Kondenser çıkış sıcaklığı, T ₃	[°C]			
TGV çıkışındaki sıcaklık, T ₄	[°C]			
Evaporatör su giriş sıcaklığı, T ₇	[°C]			
Evaporatör su çıkış sıcaklığı, T ₈	[°C]			
Evaporatör su debisi, $\dot{m}_{\text{evap,su}}$	[L/h]			
Kond. su giriş sıcaklığı, T ₅	[°C]			
Kond. su çıkış sıcaklığı, T ₆	[°C]			
Kondenser su debisi, $\dot{m}_{\text{kond,su}}$	[L/h]	400	300	200



Ege Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makina Mühendisliği Bölümü Makina Laboratuvarı Deneyleri
--

Deneyin Adı	FAN TANIM EĞRİLERİ DENEYİ
--------------------	----------------------------------

Giriş

Fanlar; belli bir Q hacimsel debisini, belli bir n devir sayısında çalışırken, belli bir η_p veriminde, belli bir ΔP basıncını kazandırmak için tasarlanır ve üretilirler. Üretim sonucunda ortaya çıkan fanın, istenilen şartları sağlayıp sağlamadığı, fan tanım eğrileri deneyleri ile belirlenir.

Daimi akış için, akışkanın toplam enerjisinin sabit kaldığı Bernoulli Denklemi ile ifade edilir:

$$p + \rho \frac{v^2}{2} + \rho g z = \text{const}$$

Burada, p statik basınç, $\rho \frac{v^2}{2}$ dinamik basınç ve $\rho g z$ hidrostatik basınçtır. Bu üç terimin toplamı, *toplam basınç* (p_{toplam}) olarak adlandırılır. Ayrıca, statik ve dinamik basınçların toplamı, *durma basıncı* olarak adlandırılır:

$$p_{\text{durma}} = p + \rho \frac{v^2}{2}$$

Bir fanın üfleme ve emiş noktalarındaki toplam basınçlarının farkı,

$$\Delta p_{\text{toplam}} = p_{\text{toplam, emiş}} - p_{\text{toplam, üfleme}}$$

$$\Delta p_{\text{toplam}} = \left(p_{\text{statik, emiş}} + \rho \frac{v_{\text{emiş}}^2}{2} + \rho g z_{\text{emiş}} \right) - \left(p_{\text{statik, üfleme}} + \rho \frac{v_{\text{üfleme}}^2}{2} + \rho g z_{\text{üfleme}} \right)$$

Buna göre fanın hidrolik gücü,

$$\dot{Q}_h = \Delta p_{\text{toplam}} \cdot Q$$

ile bulunur. Tek fazlı motor ile döndürülen fanın şebekeden çektiği güç,

$$P_{\text{ş}} = V I \cos \phi$$

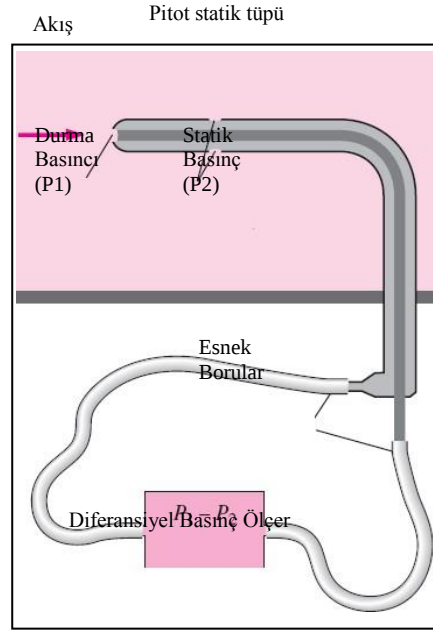
ile hesaplanır. Burada V gerilim, I akım ve ϕ faz açısıdır. Fan rotorunu döndüren elektrik motorunun verimi $\eta_m = 0,85$ olmak üzere, fan milindeki güç ise,

$$\dot{Q}_{\text{mil}} = \eta_m \dot{Q}_{\text{ş}} = 0,85 \dot{Q}_{\text{ş}}$$

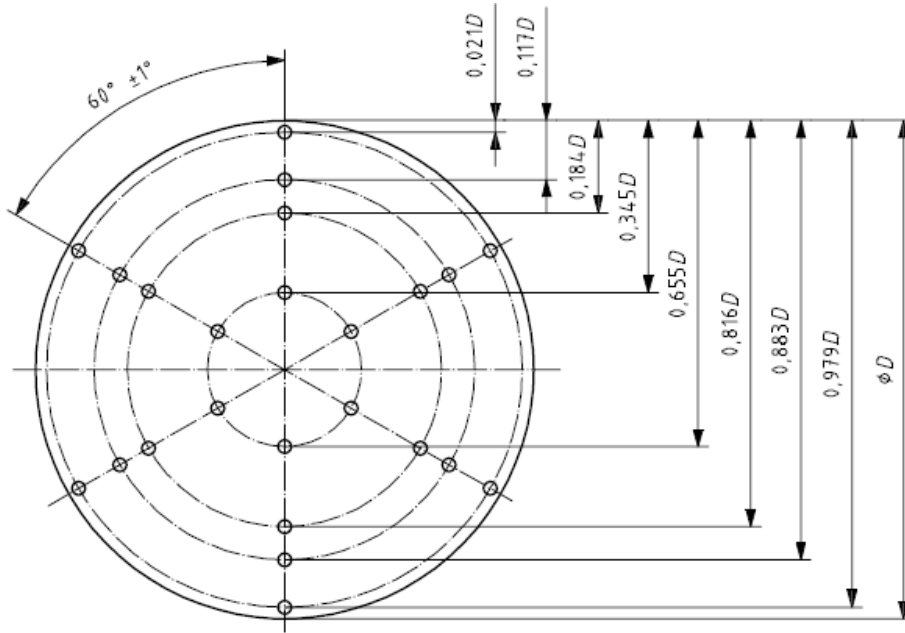
Böylece, mevcut çalışma noktasındaki fan verimi aşağıdaki denklemle belirlenir.

$$\eta_f = \frac{\dot{Q}_h}{\dot{Q}_{\text{mil}}}$$

Bir kanalda akan akışkanın, kanalın belli bir düzlemindeki statik basıncı ve debisi, Pitot-Statik Tüpü yardımıyla belirlenir.



Debi ve statik basıncın ortalama değerlerinin belirlenmesi için, pitot statik tüpü ile dairesel kesitli kanallarda tarama yapılır.



Diferansiyel basınç ölçer yardımıyla her bir noktada ölçülen dinamik basınçlarının ortalaması,

$$\bar{q}_{0,avg} = \left[\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \sqrt{q_{0,i}} \right]^2$$

ile bulunur. Dinamik basıncın tanımından, kanaldaki ortalama hız, dolayısıyla, hacimsel debi belirlenebilir. Ölçüm düzlemindeki statik basınç ise,

$$p_{statik} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n p_{i,statik}$$

ile belirlenir.

Deneyin Amacı

Bu deneyde, Ege Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makina Mühendisliği Bölümü Enerji Laboratuvarı'nda yer alan fan deney düzeneği kullanılarak, düzeneğe bağlı bir radyal fanın tanım eğrileri elde edilecektir.

Deneyde Kullanılacak Cihazlar

Fan Tanım Eğrileri Deneyi'nde kullanılacak cihazlar:

1. Fan Deney Düzeneği,
2. Pitot Statik Tüpü,
3. Dijital, diferansiyel basınç ölçer.

Deneyin Yapılışı

Deney düzeneğinde yer alan bir damper ile akışın debisi ayarlanabilmektedir. Bundan faydalanarak sistemin 5 farklı çalışma noktasında ölçümler yapılacaktır. Bu ölçümler:

1. **Elektrik Ölçümü:** Gerilim, akım ve faz açısı sayaçları okunarak şebekeden çekilen güç bulunur.
2. **Debi Ölçümü:** Emiş kanalında belirlenen bir noktada, pitot statik tüpü ile yapılan ölçümler ile, fanın debisi hesaplanır.
3. **Basınç Ölçümü:** Aynı noktada, pitot statik tüpü ile yapılan ölçümler ile, bu noktadaki statik basınç belirlenir.

Deney Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Kanal iç çapı $D=0.110$ m alınarak belirlenen ölçüm noktaları çizelgelerde verilmiştir. Her bir damper açıklığı için ölçümler tekrarlanarak tablo doldurulmalıdır.

No	Ölçüm Yeri (mm)	p_{statik} (Pa)	$p_{statik}^{0.5}$ (Pa)	p_{statik} (Pa)	p_{statik} (Pa)
1. KONUM	1	2			
	2	13			
	3	20			
	4	38			
	5	72			
	6	90			
	7	97			
	8	108			

No	Ölçüm Yeri (mm)	$\square\square$ (Pa)	$\square^{0.5}_{\square}$ (Pa)	$\square\square,\square$ (Pa)	$\square\square,\square$ (Pa)
2. KONUM	1	2			
	2	13			
	3	20			
	4	38			
	5	72			
	6	90			
	7	97			
	8	108			

No	Ölçüm Yeri (mm)	$\square\square$ (Pa)	$\square^{0.5}_{\square}$ (Pa)	$\square\square,\square$ (Pa)	$\square\square,\square$ (Pa)
3. KONUM	1	2			
	2	13			
	3	20			
	4	38			
	5	72			
	6	90			
	7	97			
	8	108			

No	Ölçüm Yeri (mm)	$\square\square$ (Pa)	$\square^{0.5}_{\square}$ (Pa)	$\square\square,\square$ (Pa)	$\square\square,\square$ (Pa)
4. KONUM	1	2			
	2	13			
	3	20			
	4	38			
	5	72			
	6	90			
	7	97			
	8	108			

No	Ölçüm Yeri (mm)	$\square\square$ (Pa)	$\square^{0.5}_{\square}$ (Pa)	$\square\square,\square$ (Pa)	$\square\square,\square$ (Pa)
5. KONUM	1	2			
	2	13			
	3	20			
	4	38			
	5	72			
	6	90			
	7	97			
	8	108			

Her bir damper açıklığı için belirlenen ortalama dinamik ve statik basınçların ardından, aşağıdaki çizelge doldurulur.

Konum	$p_{1,0}$ (Pa)	$p_{1,0}$ (Pa)	$p_{2,0}$ (Pa)	$p_{2,0}$ (Pa)	Δp_0 (Pa)	Q (m ³ /s)	$P_{k,0}$ (W)	$P_{s,0}$ (W)	$P_{t,0}$ (W)	η
1										
2										
3										
4										
5										

Laboratuvar Raporunda İstenenler

- $\dot{Q}_{t,0} = Q_1(\omega)$, $\Delta p_1 = p_2(\omega)$, $\Delta p_2 = p_3(\omega)$ ve $\eta = \eta_4(\omega)$ eğrilerini çiziniz.
- Fanın optimum çalışma şartlarının hangi değerlerde olduğunu belirtiniz.

Ege Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makina Mühendisliği Bölümü Makina Laboratuvarı Deneyleri
--

Deneyin Adı	TİCARİ SOĞUTMA UYGULAMALARI DENEYİ
--------------------	---

Deney Sorumluları: Prof.Dr.Hüseyin Günerhan ve Ar.Gör.Fırat Özdemir

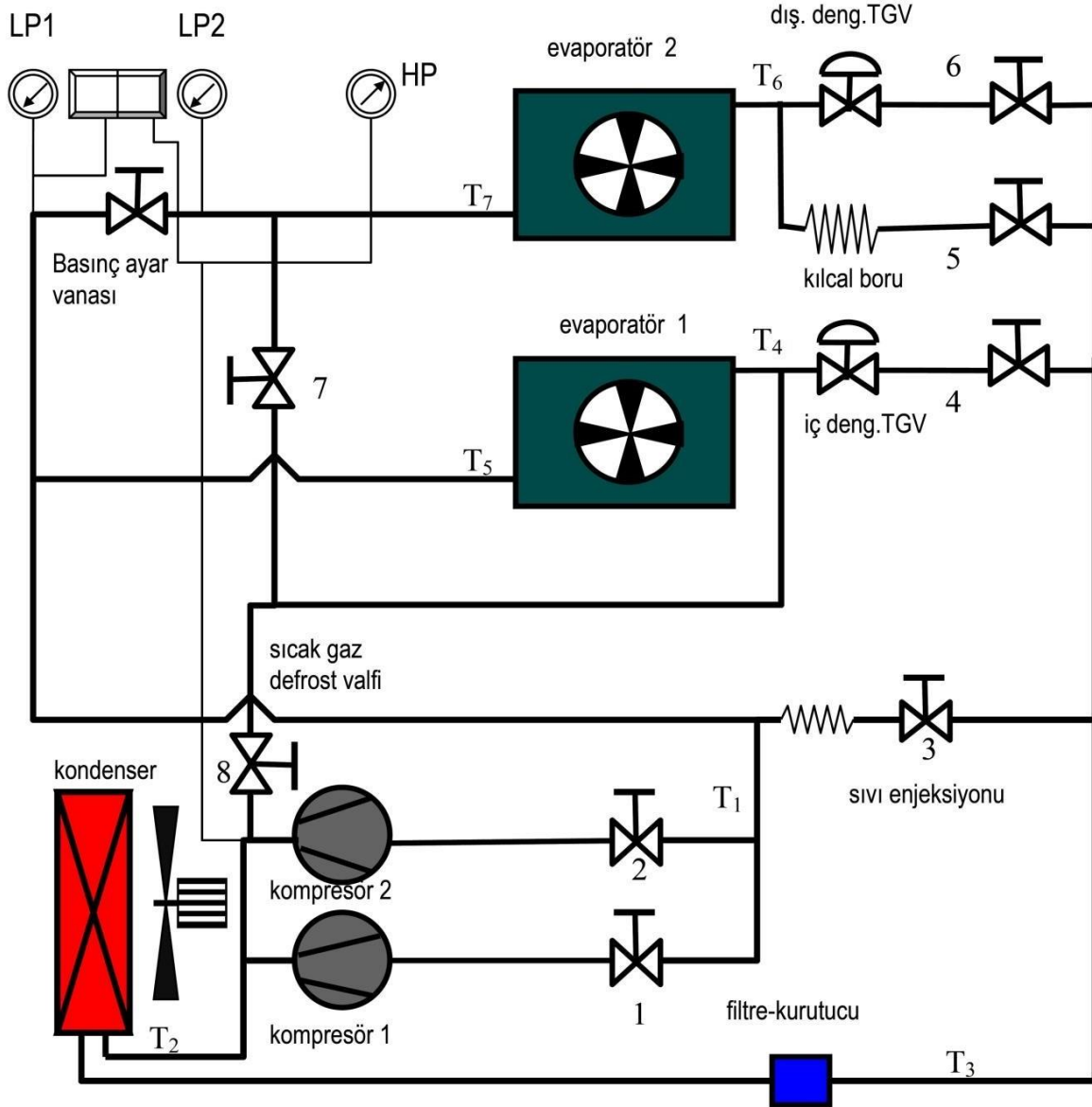
ÖNEMLİ NOT:
Deneylerden
önce
gerçekleştirilece
k kısa sınavlar
için
termodinamik
kitaplarından
“Soğutma
çevrimleri”
ünitesinin
tamamını
çalışınız. Kısa
sınavdan
başarısız olan
öğrenciler
deneye
alınmayacaklard
ır.

Deneyin Amacı: Soğutma sistemlerini tanımak. Ve ticari soğutma sistemlerinde farklı buharlaşma basınçlı paralel evaporatör ve paralel kompresör durumunda şartların değişimini incelemek.

Deney Düzeneği: Ege Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makina Mühendisliği Bölümünde bulunan ticari soğutma sistemi deney düzeneği Şekil 1 ile ve deney düzeneğinin şematik gösterimi ise Şekil 2 ile verilmiştir. Sistem bileşenleri ve teknik özellikleri ise Tablo 1 ile verilmiştir.



Şekil 1. Ticari soğutma sistemi performansı deney düzeneği



Şekil 2. Ticari soğutma sistemi performansı deney düzeneği şematik gösterimi

Tablo.1 Sistem bileşenleri ve teknik özellikleri

1	Kompresör tipi ve beygir gücü	Aspera 1/4 BG
2	Yoğuşturucu kapasitesi	1/3 BG, fanlı-lamelli
3	Yoğuşturucu fan kapasitesi	Fanco-42W, ϕ 250mm
4	Buharlaştırıcı tipi	Özel imalat lamelli
5	Buharlaştırıcı fanı	12x12 cm Tidar DP201-A
6	İçten dengelemeli genişleme valfi	Alco-TIE MW55-PCN800 997
7	Dıştan dengelemeli genişleme valfi	Alco-TIE MW55-PCN800 997
8	Kılcal boru uzunluğu	500 mm
9	Emme hattı vanaları	Castel, 3/8"
10	Sıvı hattı vanaları	Castel, 1/4"
11	Basınç anahtarı	Danfoss

Deneyde Kullanılacak Cihaz ve Ekipmanlar: Ticari soğutma performansı deney düzeneğinde gerekli ölçüm cihazları ve göstergeler deney düzeneğine entegre olarak hazırlanmıştır. Bu sebeple deney esnasında ek bir cihaza ihtiyaç duyulmamaktadır.

Deneyin Yapılışı: Deneyin yapılışı sırasında izlenecek yol aşağıda sıralı bir şekilde açıklanmıştır.

- 1) Deney düzeneği şemasında numaraları ile gösterilen vanalardan 1, 2, 4 ve 6 numaralı vanalar açılır.
- 2) Kumanda panosu yardımı ile tüm fan ve kompresörler çalıştırılır.
- 3) 7 numaralı vana ile LP1 ve LP2 göstergeleri arasında 1 barlık basınç farkı oluşturacak ayar gerçekleştirilir. Bu işlem neticesinde 1 ve 2 numaralı buharlaştırıcılar arasında buharlaşma farkı oluşacaktır.
- 4) Sistemin kararlı hale gelmesi için bir süre beklenir. Göstergeler üzerindeki değerlerin değişimi kabul edilebilir ölçülere geldiğinde sistemin kararlı hale geldiği anlaşılır ve ölçüm değerleri tabloya kaydedilir.
- 5) 7 Numaralı vana ile LP1 ve LP2 göstergeleri arasında 2 barlık basınç farkı olacak şekilde ayar gerçekleştirilir.
- 6) Tekrar sistemin kararlı hale gelmesi beklenir ve kararlı hal oluşunca değerler kaydedilir.

Deney Sonuçlarının Değerlendirilmesi: Ticari soğutma sisteminde gerçekleştirilen deneyde 2 fark basınç değeri için elde edilen veriler değerlendirilerek her bir şart için sistemin P-h diyagramı oluşturulacaktır ve fark basınç değerinin değişimi ile ölçülen değerlerde meydana gelen değişimler değerlendirilerek yorumlanacaktır.

Deney Raporunda Olması Gerekenler: Deney raporu hazırlanırken aşağıda istenen tüm bilgilerin eksiksiz olarak ve istenildiği gibi hazırlanması gerekmektedir. Deney raporunu hazırlayan tüm öğrencilerin isimleri ve numaraları raporda olmalı ve herkesin deney raporuna olan katkısı açıkça yazılmalıdır.

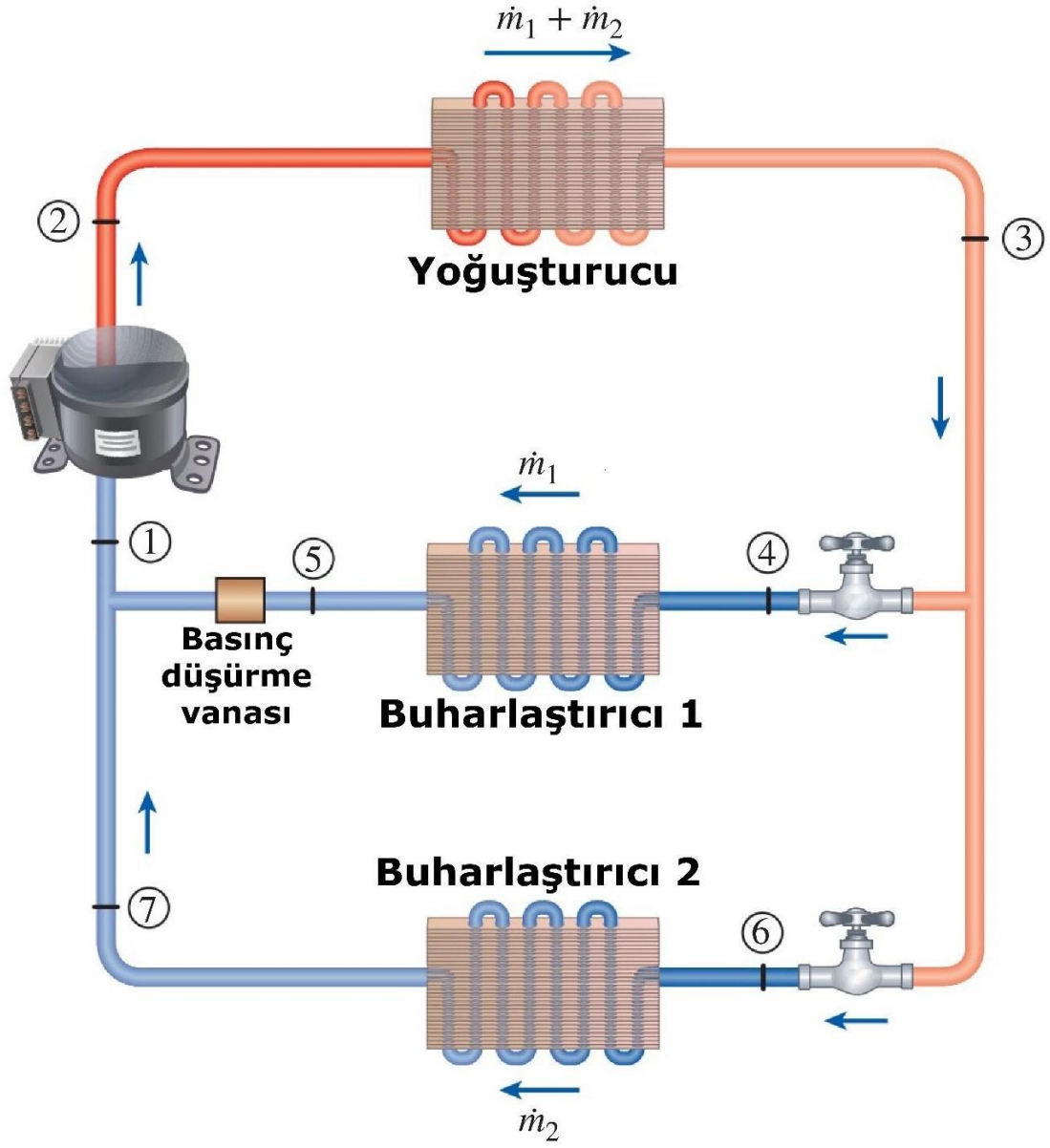
1-Yapılan deneyin tanımı ve yapılışı

2-Ticari soğutma sistemleri ve uygulama alanları ile ilgili bilgilerin verildiği bir literatür taraması bölümü (Bu bilgiler internetten kopyala-yapıştır şeklinde olmayacaktır). İncelenen literatüre ait bir literatür listesi de verilecektir.

3-Kaydedilen ölçüm değerleri (İlgili tablo doldurulacaktır).

4-Şekil ile verilen soğutma sisteminde R134a kullanılmaktadır. Buharlaştırıcı 1, 0°C sıcaklıkta ve buharlaştırıcı 2 ise -26.4°C sıcaklıkta çalışmaktadır. Yoğuşurucu basıncı 800 kPa değerindedir. R134a kompresör boyunca 0.1 kg/s debi ile çevrim geçirmekte ve düşük sıcaklıktaki buharlaştırıcıdan 8 kW soğutma yükü sağlamaktadır. Yüksek sıcaklıktaki buharlaştırıcının soğutma yükünü kompresör için gerekli olan gücü ve COP değerini hesaplayınız. Tüm işlemi P-h diyagramında gösteriniz.

(Soğutucu akışkan yoğusturucu çıkışında doymuş sıvı, her bir buharlaştırıcı çıkışında doymuş buhar halinde olup, kompresör izantropiktir).

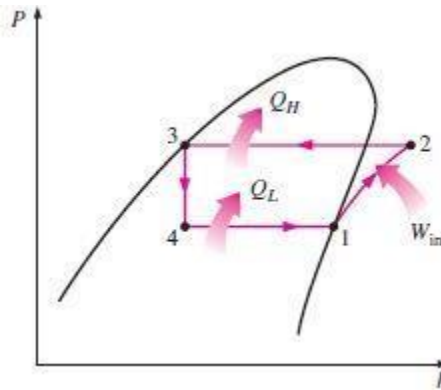


Deney Verileri: Tablo ile eksiksiz doldurulacaktır.

Tablo.2 Deney sırasında ölçülen veriler

Özellik	Gösterge	Ölçüm Sayısı	
		1	2
Basma Hattı Basıncı, P_2 (bar)	HP		
Emme Hattı Basıncı, P_1 (bar)	LP2		
2. Buharlaştırıcı Çıkış Basıncı, P_{e2} (bar)	LP1		
Emme Hattı Sıcaklığı, ($^{\circ}\text{C}$)	T_1		
Basma Hattı Sıcaklığı, ($^{\circ}\text{C}$)	T_2		
Sıvı Hattı Sıcaklığı, ($^{\circ}\text{C}$)	T_3		
1. Buharlaştırıcı Giriş Sıcaklığı, ($^{\circ}\text{C}$)	T_4		
1. Buharlaştırıcı Çıkış Sıcaklığı, ($^{\circ}\text{C}$)	T_5		
2. Buharlaştırıcı Giriş Sıcaklığı, ($^{\circ}\text{C}$)	T_6		
2. Buharlaştırıcı Çıkış Sıcaklığı, ($^{\circ}\text{C}$)	T_7		

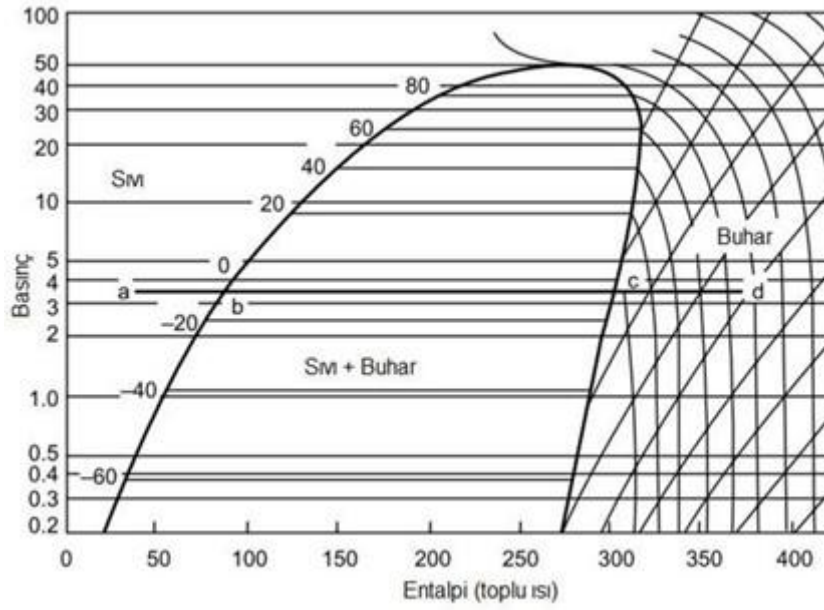
P-h Diyagramı: P-h yani basınç-entalpi diyagramı buhar sıkıştırmalı soğutma çevriminin incelenmesinde kullanılan bir diyagramdır. Bir soğutma çevriminde meydana gelen 4 hal değişiminin çevrim içerisindeki durumunu aşağıdaki diyagram ile görebilirsiniz.



Soğutma çevrimi basınç-entalpi grafiği

- 1-2: Sıkıştırma işleminden dolayı basınç ve entalpi artışı
- 2-3: Akışkan ısını çevre ortama aktardığından basıncı sabit kalıp entalpisi azalmıştır.
- 3-4: Soğuyan akışkanın kısılma vanası ile entalpisi sabit kalıp basıncı düşmüştür.

- 4-1: Soğutulan ortamın ısısını alıp buharlaşan akışkanın basıncı sabit kalıp entalpisi artmıştır.



Şekil 3. Soğutucu akışkan R-134A için P-h diyagramı

Ege Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makina Mühendisliği Bölümü
Makina Laboratuvarı Deneyleri

Deneyin Adı	YAZ İÇİN İKLİMLENDİRME İŞLEMLERİ DENEYİ
--------------------	--

Deneyin Amacı

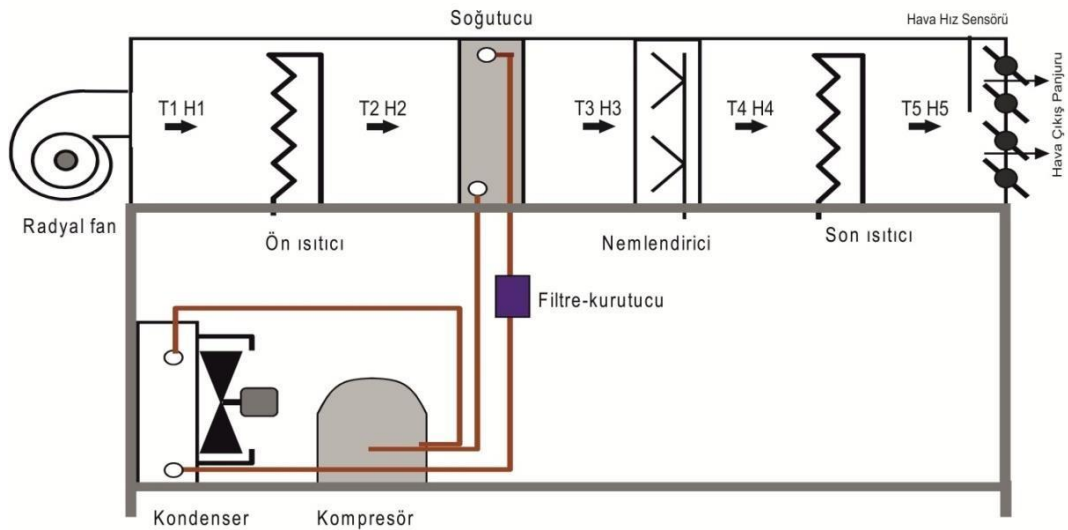
Yaz aylarında uygulanan iklimlendirme işlemleri açıklanacaktır. Bir iklimlendirme ünitesinde soğutma ve son ısıtma gibi temel işlemleri gösterilerek, bu işlemlerdeki hesaplamalar yapılacak ve psikrometrik diyagram üzerinde gösterilecektir.

Deney Düzeneği

Ege Üniversitesi Makina Mühendisliği Bölümü'nde bulunan temel iklimlendirme eğitim seti deney düzeneği Şekil 1'de ve deney düzeneğinin şeması Şekil 2'de verilmektedir.



Şekil 1. Temel iklimlendirme eğitim seti deney düzeneği



Şekil 2. Temel iklimlendirme eğitim seti deney düzeneğinin şeması

Deneyde Kullanılacak Cihazlar

İklimlendirme işlemleri deneyinde kullanılacak cihazlar:

1. Temel iklimlendirme eğitim seti
2. Hava hızı ölçer (anemometre)

Deneyin Yapılışı

Yaz için iklimlendirme uygulamasının yapılışı:

- 1) Fanı çalıştırınız.
- 2) Kompresörü çalıştırınız.
- 3) Son ısıtıcıyı çalıştırınız.
- 4) Sistem kararlı hale gelince ölçüm değerlerini tabloya kaydediniz.

Deney Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Yaz aylarında uygulanan iklimlendirme işlemleri uygulanarak sistem kararlı duruma geldiğinde ölçüm değerleri kaydedilir. Aşağıda verilen bağıntılar kullanılarak soğutma yükü, ve son ısıtma yükleri belirlenir.

Havanın hacimsel debisi: $\dot{V}_h = A \cdot v$ [m³/s]

A: kesit (m²)

v: hız (m/s)

Havanın kütleli debisi $\dot{m}_h = \frac{\dot{V}_h}{v_g}$

v_g : Girişteki havanın özgül hacmi (m³/kg)

Soğutma yükü: $\dot{Q}_{soğutma} = \dot{m}_h (h_2 - h_3) - \dot{m}_s h_s$

Son ısıtma yükü: $\dot{Q}_{son,ısıtma} = \dot{m}_h (h_5 - h_4)$

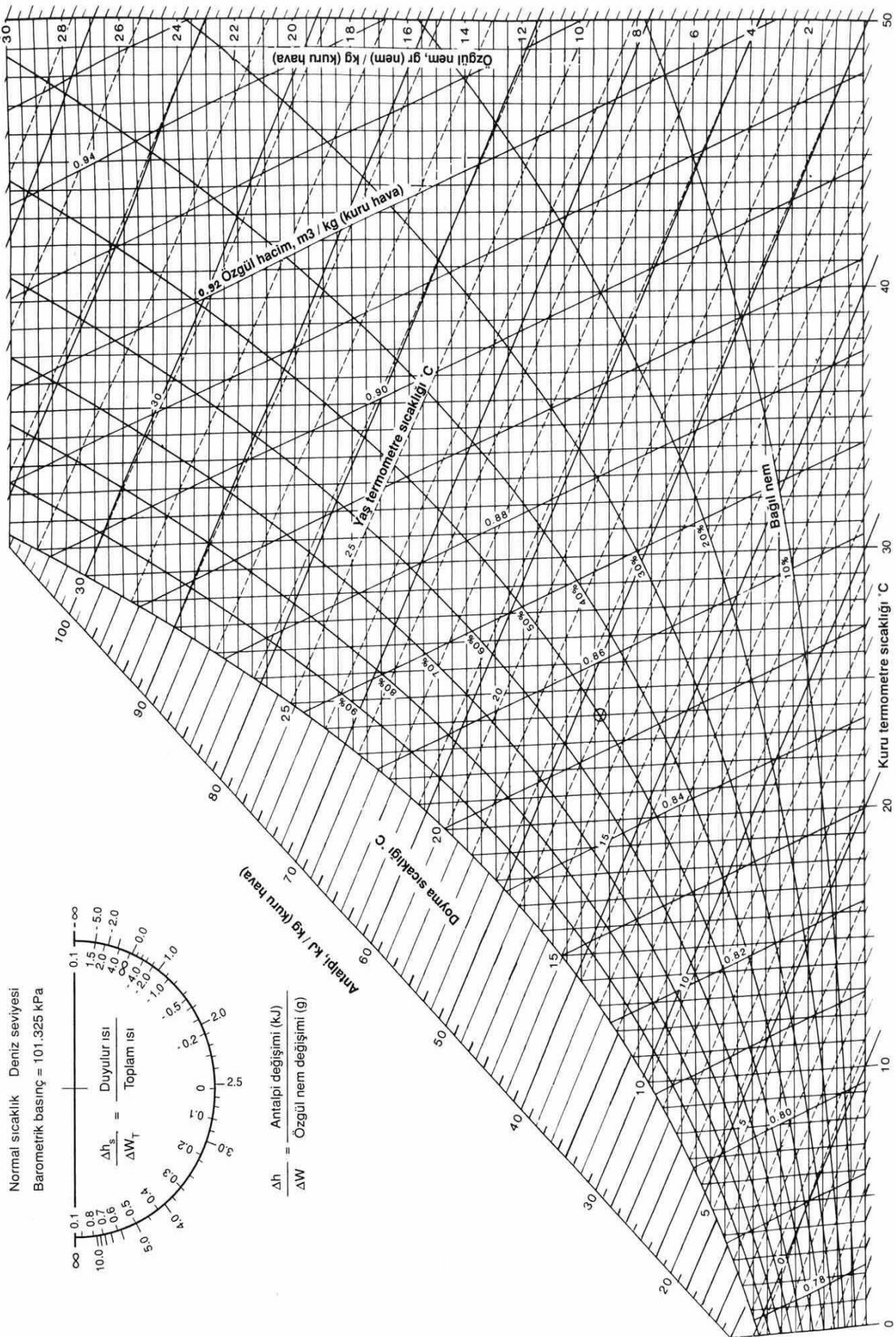
Yaz aylarında uygulanan iklimlendirme işlemleri psikrometrik diyagram üzerinde gösterilerek işlem aşamaları belirtilecektir.

Laboratuvar Raporunda İstenenler

- Yapılan deneyin tanımı ve yapılışı verilecektir.
- Ölçüm değerleri verilecektir.
- Yaz aylarında uygulanan iklimlendirme işlemleri açıklanacak ve işlemlerde uygulanan soğutma yükü ve son ısıtma yükleri belirlenecektir.
- Yaz aylarında uygulanan iklimlendirme işlemleri psikrometrik diyagram üzerinde gösterilerek işlem aşamaları belirtilecektir.

Deney Verileri ve Sonuçları

Ölçüm sayısı	1	2	3
T ₁ [°C]			
φ ₁ [%]			
T ₂ [°C]			
φ ₂ [%]			
T ₃ [°C]			
φ ₃ [%]			
T ₄ [°C]			
φ ₄ [%]			
T ₅ [°C]			
φ ₅ [%]			



Ege Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makina Mühendisliği Bölümü
Makina Laboratuvarı Deneyleri

Deneyin Adı	KIŞ İÇİN İKLİMLENDİRME İŞLEMLERİ DENEYİ
--------------------	--

Deneyin Amacı

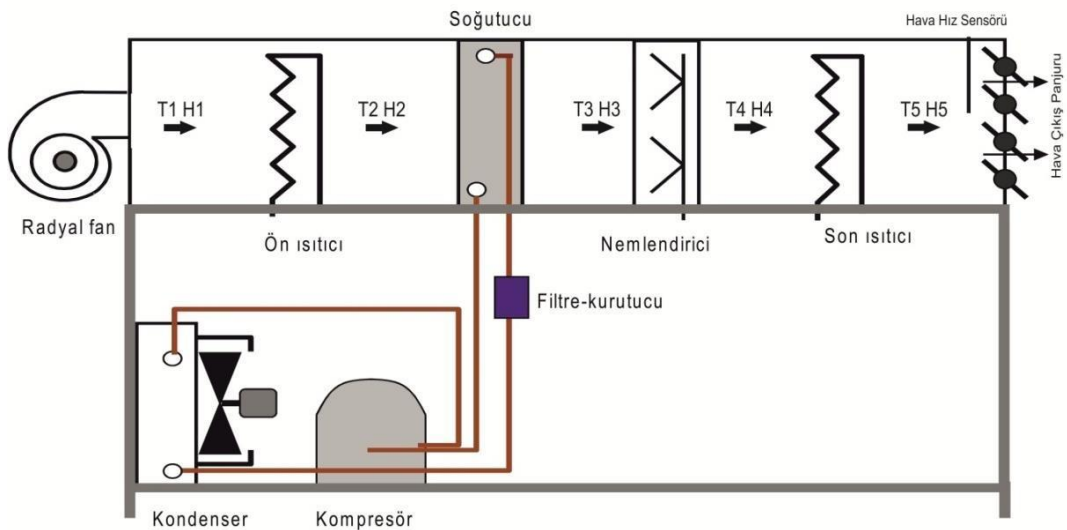
Kış aylarında uygulanan iklimlendirme işlemleri açıklanacaktır. Bir iklimlendirme ünitesinde ön ısıtma, nemlendirme ve son ısıtma gibi temel işlemleri gösterilerek, bu işlemlerdeki hesaplamalar yapılacak ve psikrometrik diyagram üzerinde gösterilecektir.

Deney Düzeneği

Ege Üniversitesi Makina Mühendisliği Bölümü'nde bulunan temel iklimlendirme eğitim seti deney düzeneği Şekil 1'de ve deney düzeneğinin şeması Şekil 2'de verilmektedir.



Şekil 1. Temel iklimlendirme eğitim seti deney düzeneği



Şekil 2. Temel iklimlendirme eğitim seti deney düzeneğinin şeması

Deneyde Kullanılacak Cihazlar

İklimlendirme işlemleri deneyinde kullanılacak cihazlar:

1. Temel iklimlendirme eğitim seti
2. Hava hızı ölçer (anemometre)

Deneyin Yapılışı

Kış için iklimlendirme uygulamasının yapılışı:

- 1) Fanı çalıştırınız.
- 2) Ön ısıtıcı ve son ısıtıcıyı çalıştırınız.
- 3) Nemlendiriciyi çalıştırınız.
- 4) Sistem kararlı hale gelince ölçüm değerlerini tabloya kaydediniz.

Deney Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Kış aylarında uygulanan iklimlendirme işlemleri uygulanarak sistem kararlı duruma geldiğinde ölçüm değerleri kaydedilir. Aşağıda verilen bağıntılar kullanılarak ön ısıtma yükü, , nemlendirme miktarı ve son ısıtma yükleri belirlenir.

Havanın hacimsel debisi: $\dot{V}_h = A \cdot v$ [m³/s]

A: kesit (m²)

v: hız (m/s)

Havanın kütleli debisi $\dot{m}_h = \frac{\dot{V}_h}{v_g}$

v_g : Girişteki havanın özgül hacmi (m³/kg)

Ön ısıtma yükü: $\dot{Q}_{\text{ön,ısıtma}} = \dot{m}_h (h_2 - h_1)$

Nemlendirme miktarı: $\dot{m}_s = \dot{m}_h (w_4 - w_3)$

Son ısıtma yükü: $\dot{Q}_{\text{son,ısıtma}} = \dot{m}_h (h_5 - h_4)$

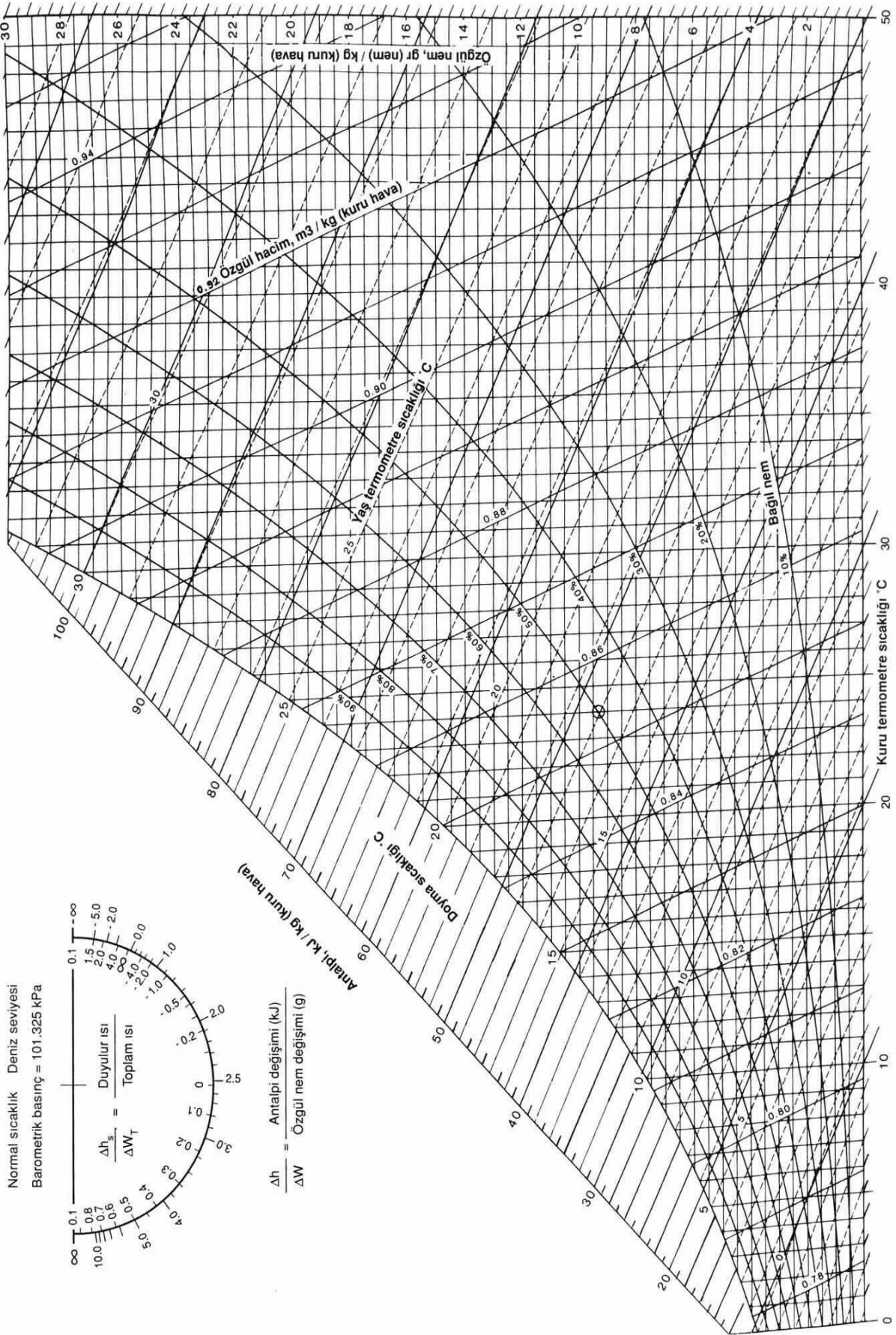
Kış aylarında uygulanan iklimlendirme işlemleri psikrometrik diyagram üzerinde gösterilerek işlem aşamaları belirtilecektir.

Laboratuvar Raporunda İstenenler

- Yapılan deneyin tanımı ve yapılışı verilecektir.
- Ölçüm değerleri verilecektir.
- Kış aylarında uygulanan iklimlendirme işlemleri açıklanacak ve işlemlerde uygulanan ön ısıtma yükü, nemlendirme miktarı ve son ısıtma yükleri belirlenecektir.
- Kış aylarında uygulanan iklimlendirme işlemleri psikrometrik diyagram üzerinde gösterilerek işlem aşamaları belirtilecektir.

Deney Verileri ve Sonuçları

Ölçüm sayısı	1	2	3
T ₁ [°C]			
φ ₁ [%]			
T ₂ [°C]			
φ ₂ [%]			
T ₃ [°C]			
φ ₃ [%]			
T ₄ [°C]			
φ ₄ [%]			
T ₅ [°C]			
φ ₅ [%]			



Ege Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makina Mühendisliği Bölümü
Makina Laboratuvarı Deneyleri

Deneyin Adı

İÇ İÇE BORULU ISI DEĞİŞTİRİCİ DENEYİ

Deneyin Amacı

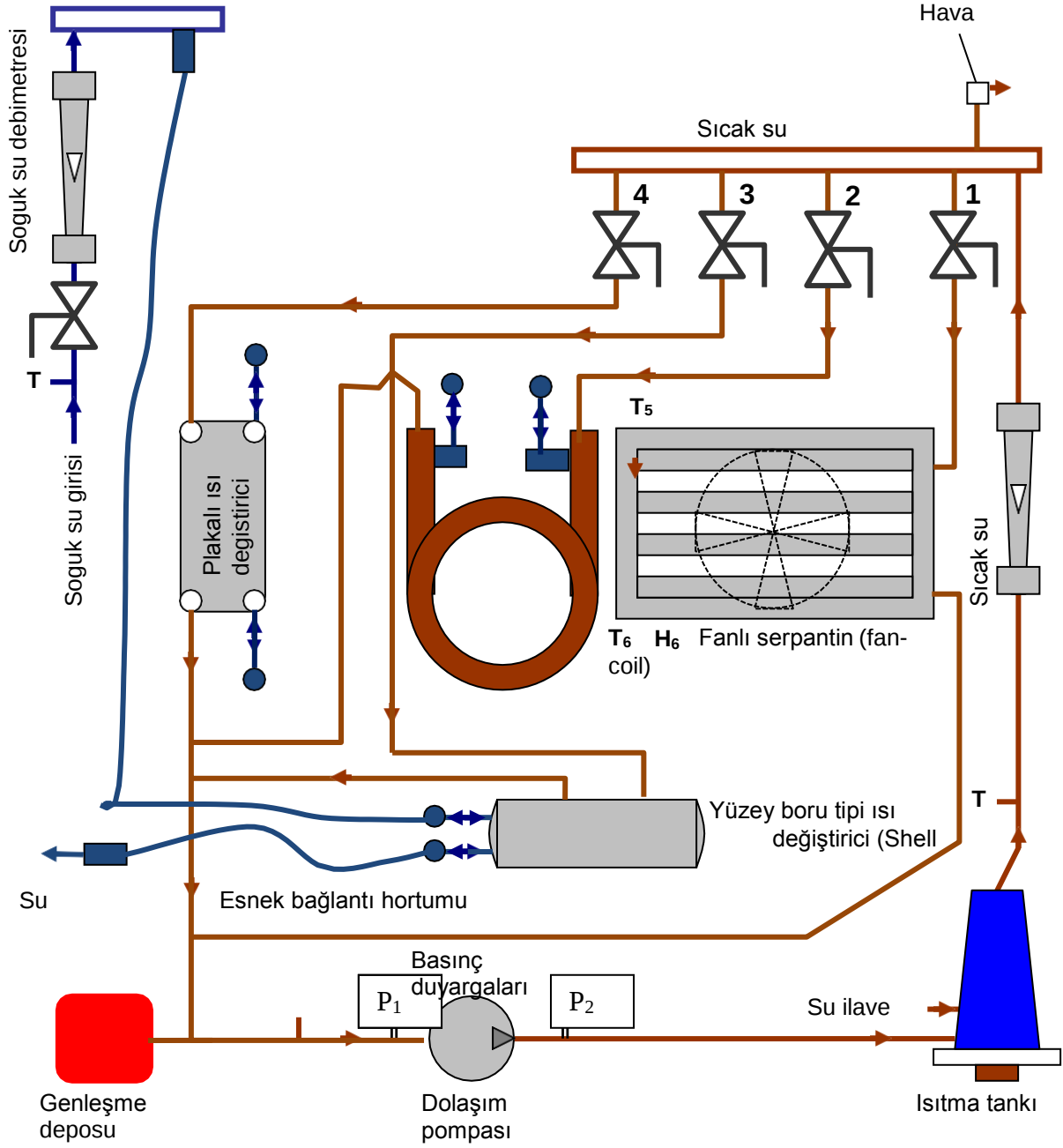
İç içe borulu ısı değiştiricide ayarlanan akış debisinde kapasite ve K ısı geçirgenlik değerlerinin deneysel olarak hesaplanacaktır.

Deney Düzeneği

Ege Üniversitesi Makina Mühendisliği Bölümü'nde bulunan çoklu ısı değiştirici eğitim seti deney düzeneği Şekil 1'de ve deney düzeneğinin şeması Şekil 2'de verilmektedir.



Şekil 1. Çoklu ısı değiştirici eğitim seti deney düzeneği



Şekil 2. Çoklu ısı değiştirici eğitim seti deney düzeneğinin şeması

(3500 W)

Deneyde Kullanılacak Cihazlar

İç içe borulu ısı değiştirici deneyinde kullanılacak cihazlar:

1. Çoklu ısı değiştirici eğitim seti deney düzeneği

Deneyin Yapılışı

- 1) Sigortaları açık konumuna getiriniz.
- 2) Pompayı çalıştırınız. Sıcak su kolektöründeki 2 no'lu ve soğuk su girişindeki vanayı açınız. Debileri 500 L/h'ye ve 400 L/h ayarlayınız.
- 3) Isıtıcı anahtarlarını açınız.
- 4) Sistem kararlı hale gelince ölçüm değerlerini tabloya kaydediniz.

Deney Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Ölçüm değerleri kullanılarak aşağıda verilen bağıntılardan kapasite ve K ısı geçirgenlik değeri belirlenir. Sıcak ve soğuk suyun özgül ısı değerleri (C_{psu}) için ortalama su sıcaklıklarındaki değerleri alınmalıdır.

Isıtma suyuna verilen yük: $\dot{Q}_1 = \dot{m}_1 C_{psu} (\theta_2 - \theta_1)$ veya $\dot{Q}_1 = \dot{V}_1 / 1000$ [kW]

Soğutma suyuna aktarılan yük: $\dot{Q}_2 = \dot{m}_2 C_{psu} (\theta_4 - \theta_3)$

Isı geçirgenlik değeri: $K = \frac{\dot{Q}_1}{\Delta \theta_{lm}}$ [W/m²K]

Logaritmik sıcaklık farkı: $dT_{lm} = \frac{\Delta T_1 - \Delta T_2}{\ln \left(\frac{\Delta T_1}{\Delta T_2} \right)}$ $\Delta T_1 = T_2 - T_3$ $\Delta T_2 = T_1 - T_4$

İç içe borulu ısı değiştirici (koaksiyonel): $5/8''-7/8''$
 $A = \pi D L = 3.14 \times 0.016 \times 2.26 = 0.1135 \text{ m}^2$

Laboratuvar Raporunda İstenenler

- Yapılan deneyin tanımı ve yapılışı verilecektir.
- Ölçüm değerleri verilecektir.
- İç içe borulu ısı değiştiricide ayarlanan akış debisinde kapasite ve K ısı geçirgenlik değerleri hesaplanacaktır.

Deney Verileri ve Sonuçları

Ölçüm sayısı	1	2	3
U [Volt]			
I [Amper]			
T ₁ [°C]			
T ₂ [°C]			
T ₃ [°C]			
T ₄ [°C]			
$\dot{m}_{sıcak, su}$ [L/h]			
$\dot{m}_{soğuk, su}$ [L/h]			

Ege Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makina Mühendisliği Bölümü
Makina Laboratuvarı Deneyleri

Deneyin Adı

GÖVDE BORU TİPİ ISI DEĞİŞTİRİCİ DENEYİ

Deneyin Amacı

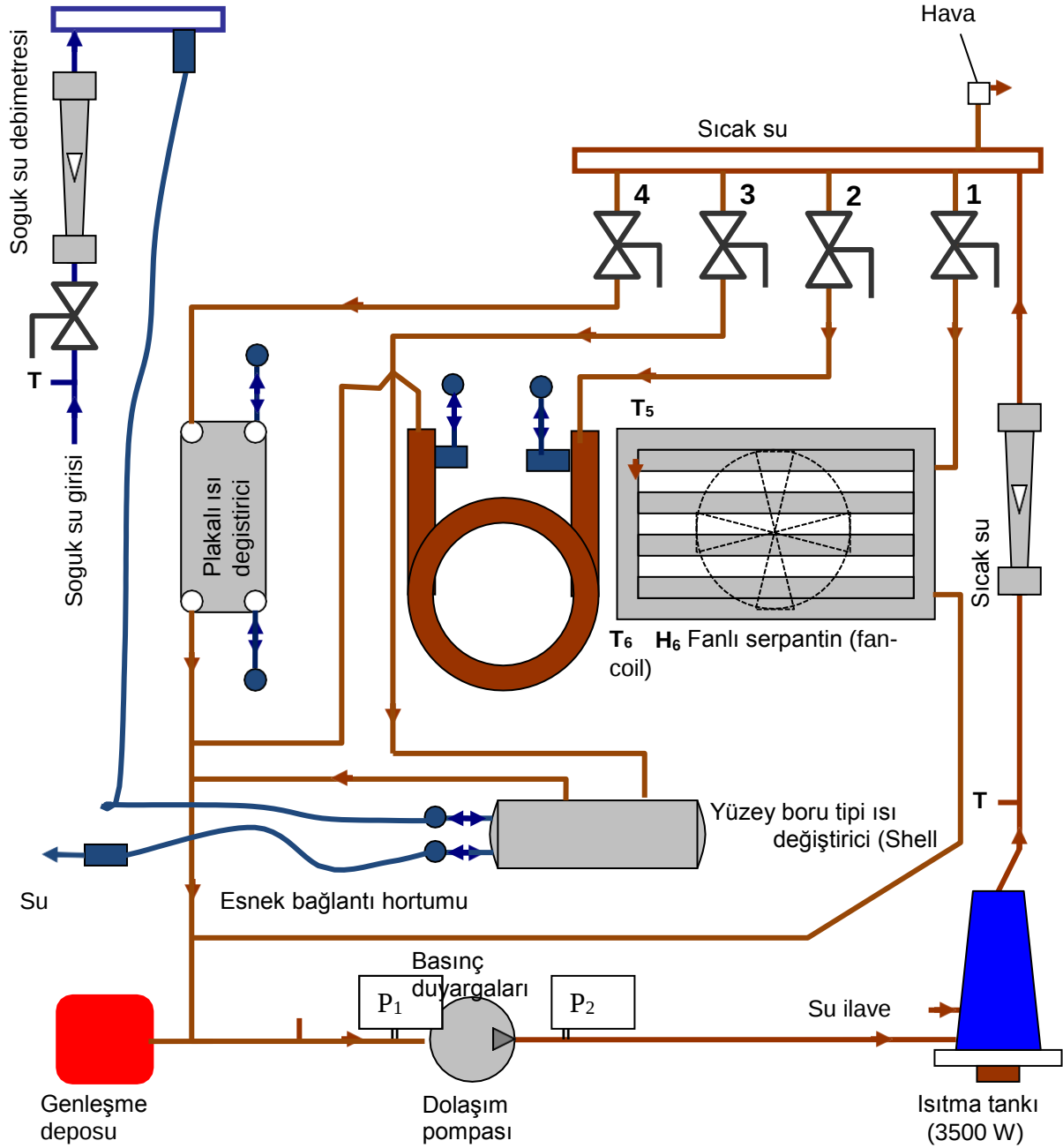
Gövde boru tipi ısı değiştiricide ayarlanan akış debisinde kapasite ve K ısı geçirgenlik değerlerinin deneysel olarak hesaplanacaktır.

Deney Düzeneği

Ege Üniversitesi Makina Mühendisliği Bölümü'nde bulunan çoklu ısı değiştirici eğitim seti deney düzeneği Şekil 1'de ve deney düzeneğinin şeması Şekil 2'de verilmektedir.



Şekil 1. Çoklu ısı değiştirici eğitim seti deney düzeneği



Şekil 2. Çoklu ısı değiştirici eğitim seti deney düzeneğinin şeması

Deneyde Kullanılacak Cihazlar

Gövde boru tipi ısı değiştirici deneyinde kullanılacak cihazlar:

1. Çoklu ısı değiştirici eğitim seti deney düzeneği

Deneyin Yapılışı

- 1) Sigortaları açık konumuna getiriniz.
- 2) Pompayı çalıştırınız. Sıcak su kolektöründeki 3 no'lu, soğuk su girişindeki vanayı açınız. Debileri 500 L/h'ye ve 400 L/h ayarlayınız.
- 3) Isıtıcı anahtarlarını açınız.
- 4) Sistem kararlı hale gelince ölçüm değerlerini tabloya kaydediniz.

Deney Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Ölçüm değerleri kullanılarak aşağıda verilen bağıntılardan kapasite ve K ısı geçirgenlik değeri belirlenir. Sıcak ve soğuk suyun özgül ısı değerleri (C_{psu}) için ortalama su sıcaklıklarındaki değerleri alınmalıdır.

Isıtma suyuna verilen yük: $\dot{Q}_1 = \dot{m}_{sıcak\ su} C_{psu} (T_2 - T_1)$ veya $\dot{Q}_1 = U.I / 1000$ [kW]

Soğutma suyuna aktarılan yük: $\dot{Q}_2 = \dot{m}_{soğuk, su} C_{psu} (T_4 - T_3)$

Isı geçirgenlik değeri: $K_u = \frac{Q_1}{A.dT_m}$ [W/m²K]

Logaritmik sıcaklık farkı: $dT_m = \frac{\Delta T_1 - \Delta T_2}{\ln \left(\frac{\Delta T_1}{\Delta T_2} \right)}$ $\Delta T_1 = T_2 - T_3$ $\Delta T_2 = T_1 - T_4$

Gövde boru tipi ısı değiştirici (YTO-K6 Debi 0,65 m³/h, kapasite 4 kW): $A=0,253$ m²

Laboratuvar Raporunda İstenenler

- Yapılan deneyin tanımı ve yapılışı verilecektir.
- Ölçüm değerleri verilecektir.
- Gövde boru tipi ısı değiştiricide ayarlanan akış debisinde kapasite ve K ısı geçirgenlik değerleri hesaplanacaktır.

Deney Verileri ve Sonuçları

Ölçüm sayısı	1	2	3
U [Volt]			
I [Amper]			
T ₁ [°C]			
T ₂ [°C]			
T ₃ [°C]			
T ₄ [°C]			
$\dot{m}_{sıcak\ su}$ [L/h]			
$\dot{m}_{soğuk, su}$ [L/h]			

Deneyin adı	KATI VE SIVILARIN YOĞUNLUKLARININ TAYİNİ
-------------	--

Deneyin amacı

Arşimet yasasını kullanarak katı ve sıvıların yoğunluklarının tayin edilmesi

Deneysel sistem

Precisa marka terazi deneyin gerçekleştirilmesi için kullanılacaktır. Bu terazi tepeden asılmış bir kütleyi ölçebilir. Bu deneyde oda sıcaklığındaki sıvı suyun yoğunluğu ölçülecektir. Ayrıca oda nemi, sıcaklığı da ölçülecektir. Bunun için nem ölçer kullanılacaktır. Odanın atmosferik basıncı barometre ile ölçülecektir.



Deneyde kullanılacak ekipman

1. Precisa marka terazi
2. su kabı
3. Psikometrik tablo
4. Testo sıcaklık ve nem sensörü
5. Testo barometrik (atmosfer) basınç ölçüm sensörü
6. Topun çapını ölçmek için mikrometre

Deney

Bu deney iki alt deneyden oluşmaktadır. Birinci deneyde terazi darası üzerinde askı ile birlikte sıfırlanacaktır. Bundan sonra 10 ml hacminde olan cam silindir takılarak ağırlığı okunacaktır. Daha sonra kap su doldurularak silindir suya daldırılacak ve ağırlığı okunacaktır. Terazinin sisteminden dolayı terazi su kabı ve suyun ağırlığını ölçmez, sadece askıdaki silindirin ağırlığını ölçer. Bu esnada hava ve suyun sıcaklıkları, havanın atmosfer basıncı ve nemi de ölçülmelidir. Arşimet kanunları aşağıdaki denklemleri tanımlar. Havanın ve suyun kaldırma kuvveti kuvveti:

$$\rho_{h, \text{ hava}} = \frac{m_{\text{cam silindir}} - m_{\text{cam silindir su}}}{V_{\text{cam silindir}}}$$
$$\rho_{\text{su}} = \frac{m_{\text{cam silindir}} - m_{\text{cam silindir su}}}{V_{\text{cam silindir}}}$$

Okuduğumuz değerleri etkileyecektir. Bu yüzden ilk ve ikinci terazi ölçümlerimiz için

$$\rho_{h, \text{ hava}} = \frac{m_{\text{cam silindir}} - m_{\text{cam silindir su}}}{V_{\text{cam silindir}}} = \frac{m_{\text{cam silindir}} - m_{\text{cam silindir su}}}{V_{\text{cam silindir}}}$$
$$\rho_{\text{su}} = \frac{m_{\text{cam silindir}} - m_{\text{cam silindir su}}}{V_{\text{cam silindir}}} = \frac{m_{\text{cam silindir}} - m_{\text{cam silindir su}}}{V_{\text{cam silindir}}}$$

Atmosferik nemli havanın yoğunluğu:

$$\rho_{\text{hava}} = \rho_{\text{su}} (1 + \alpha) = \frac{\rho_{\text{su}}}{\alpha} (1 + \alpha)$$

Denklemden hesaplanabilir. Verilen denklemler sıvının (bizim deneyimiz için su) yoğunluğunu tayin etmek için yeterlidir.

İkinci deneyimizde çelik bir top kullanacağız ve bu çelik topun yoğunluğunu tayin edeceğiz. Genel olarak metod ilk metoda benzer, ancak hacmi ve yoğunluğu bilinen cam silindir yerine çelik topu kullanıyoruz. İlk deneyden daldırdığımız suyun yoğunluğunu tayin ettiğimizi nor edelim. Bu deneydede terazi darası üzerinde askı ile birlikte sıfırlanacaktır. Bundan sonra çelik top takılarak ağırlığı okunacaktır. Daha sonra kap su doldurularak çelik top suya daldırılacak ve ağırlığı okunacaktır. Bu deney için de benzer denklemler geçerlidir.

$$\rho_{h, \text{ hava}} = \frac{m_{\text{cam silindir}} - m_{\text{cam silindir su}}}{V_{\text{cam silindir}}} = \frac{m_{\text{cam silindir}} - m_{\text{cam silindir su}}}{V_{\text{cam silindir}}}$$
$$\rho_{\text{su}} = \frac{m_{\text{cam silindir}} - m_{\text{cam silindir su}}}{V_{\text{cam silindir}}} = \frac{m_{\text{cam silindir}} - m_{\text{cam silindir su}}}{V_{\text{cam silindir}}}$$

Bu deneyde topun hacmini de bilmemiz gerekir. Hacmini topun çapını ölçerek hesaplayabiliriz, veya toğu bir ölçü kabına daldırarak tayin edebiliriz.

Deneysel sonuçların değerlendirilmesi.

Üstteki denklemleri kullanatrak suyun ve çelik topun yoğunluklarını tayin ediniz

Labratuar raporunda istenenler:

1. Rapor dili türkçedir
2. Giriş ve deneyin tanımı
3. Deneyde yapılan ölçümler ve değerleri
4. Detaylı hesaplamalar
5. Suyun kaldırma kuvveti ve yoğunlukla ilgili bilgiler
6. Sonuçlar ve tartışma

**Ege Üniversitesi, Mühendislik Fak.
Makina Mühendisliği bölümü**

Deneyin adı

YEREL BASINÇ DÜŞÜMÜ KATSAYISI

Deneyin amacı

Sürlülü vana ve küre vana için yerel basınç düşümünün açıklığın fonksiyonu olarak saptanması

Deney sistemi

Laboratuvarımızda bulunan yerel basın. Düşümü ölçüm sistemi kullanılacaktır.
Pressure drop experimental set up in the lab will be used to carry out this experiment. The system Picture is given below.



Şekil. Basın. Düşümü deneyi sistemi

Deneyde kullanılacak ekipmanlar

1. Yerel basınç düşümü deney seti

Deney

- 1) güç devresini açınız.
- 2) pompayı çalıştırınız..
- 3) Basınç okurları sürgülü vananın giriş ve çıkışına bağlayınız.
- 4) akış debisi ve vana açıklığını değiştirerek her bir vana açıklığı için çeşitli debilerdeki basınç düşümünü saptayınız.
- 5) Basınç okurları küresel vananın giriş ve çıkışına bağlayınız.
- 6) akış debisi ve vana açısını (0-90) değiştirerek her bir vana açısı için çeşitli debilerdeki basınç düşümünü saptayınız.

Sonuçların değerlendirilmesi

Deneysel veriler ve aşağıdaki temel akışkanlar mekaniği denklemleri kullanılarak, vanaların açıklık oranları ve debilerin fonksiyonu olarak yerel basınç düşüm katsayıları saptanır.

Basınç düşümü:
$$\Delta P = \rho gh = \rho K \frac{V^2}{2}$$

Kütleli debi $m = \rho Q = \rho VA$ [kg/s] Q hacimsel debidir (m³/s)

Kitaplardan benzer vanalar için basınç düşümleri değerlerini bularak karşılaştırınız.

Vana açıklığının ve hacimsel debinin fonksiyonu olarak yerel basınç düşümü verisine yüzey uydurarak (Q ve açıklığın fonksiyonu olarak) genel bir basınç düşümü denklemi elde ediniz.

Labratur deneyi raporu

- Deney düzeneği ve deneyin tanımı.
- Ölçülen değerler
- Deneysel hesaplamalar (hesap detaylarını gösteriniz)
- Kaynaklardan bulduğunuz verilerle karşılaştırmalar
- Eğri uydurma metodu, hesaplamaları ve elde edilen formüller