

ISI DEĞİŞTİRİCİLER

Bölüm 1

Kaynaklar

1. Genceli, O.F., Isı Değiştiricileri, Birsen Yayınevi, 1999.
 2. Dağsöz, A. K., Isı Değiştiricileri, 1985.
 3. Kakaç, S.,and Liu, H., Selection, Rating and Thermal Design of Heat Exchangers, CRC Press, Florida, ABD.
-

Giriş

- Mühendislik uygulamalarının en önemli ve en çok karşılaşılan işlemlerinden birisi, farklı sıcaklıklardaki iki veya daha fazla akışkan arasındaki ısı değişimidir.
- Isı değişimin yapıldığı cihazlara ısı değiştirici denir.

Isı değiştiriciler pratikte

- ✓ termik santrallerde,
- ✓ kimya endüstrilerinde,
- ✓ ısıtma, iklimlendirme,
- ✓ soğutma tesisatlarında,
- ✓ taşıt araçlarında,
- ✓ elektronik cihazlarda,
- ✓ alternatif enerji kaynaklarının kullanımında,
- ✓ ısı depolanması vb. birçok yerde bulunabilmektedir.

Isı değiştiricilerin sınıflandırılması

1) Isı Değişim şekline Göre Sınıflama

1.1. Akışkanların doğrudan temaslı olduğu I.D.

1.2. Akışkanlar arasında doğrudan temasın olmadığı I.D.

2) Isı Geçişi Yüzeyinin Isı Geçişi Hacmine Oranına Göre Sınıflama (Kompaktlık)

2.1. Kompakt olmayan I.D.

2.2. Kompakt I.D.

3) Akışkan Sayısına Göre Sınıflama

3.1. İki akışkanlı

3.2. Üç akışkanlı

3.3. n adet akışkanlı

4) Isı Geçişi Mekanizmasına Göre Sınıflama

4.1. İki tarafta da tek fazlı akış

4.2. Bir tarafta tek fazlı, diğer tarafta çift fazlı akış

4.3. İki tarafta ila çift fazlı akış

4.4. Taşınım ve ışınlımla beraber ısı geçişi

Isı değiştiricilerin sınıflandırılması

5) Konstrüksiyon Özelliklerine Göre Sınıflandırma

5.1. Borulu I.D.

5.1.1. Düz borulu I.D.

5.1.2. Spiral borulu I.D.

5.1.3. Gövde borulu I.D.

a) Levha tipi şaşırtma

b) Çubuk tipi şaşırtma

5.2. Levhalı I.D.

5.2.1. Contalı levhalı I.D.

5.2.2. Spiral levhalı I.D.

5.2.3. Lameli i I.D.

5.3. Kanatlı yüzeyli I.D.

5.3.1. Levhalı kanatlı I.D.

5.3.2. Borulu kanatlı I.D.

5.4. Rejeneratif I.D.

5.4.1. Sabit dolgu maddeli rejeneratörler

5.4.2. Döner dolgu maddeli jeneratörler

a) Disk tipi

b) Silindir tipi

5.5. Karıştırmalı kaplar

6) Akıma Göre Sınıflama

6.1. Tek geçişli I.D.

6.1.1. Paralel akımlı I.D.

6.1.2. Ters akımlı I.D.

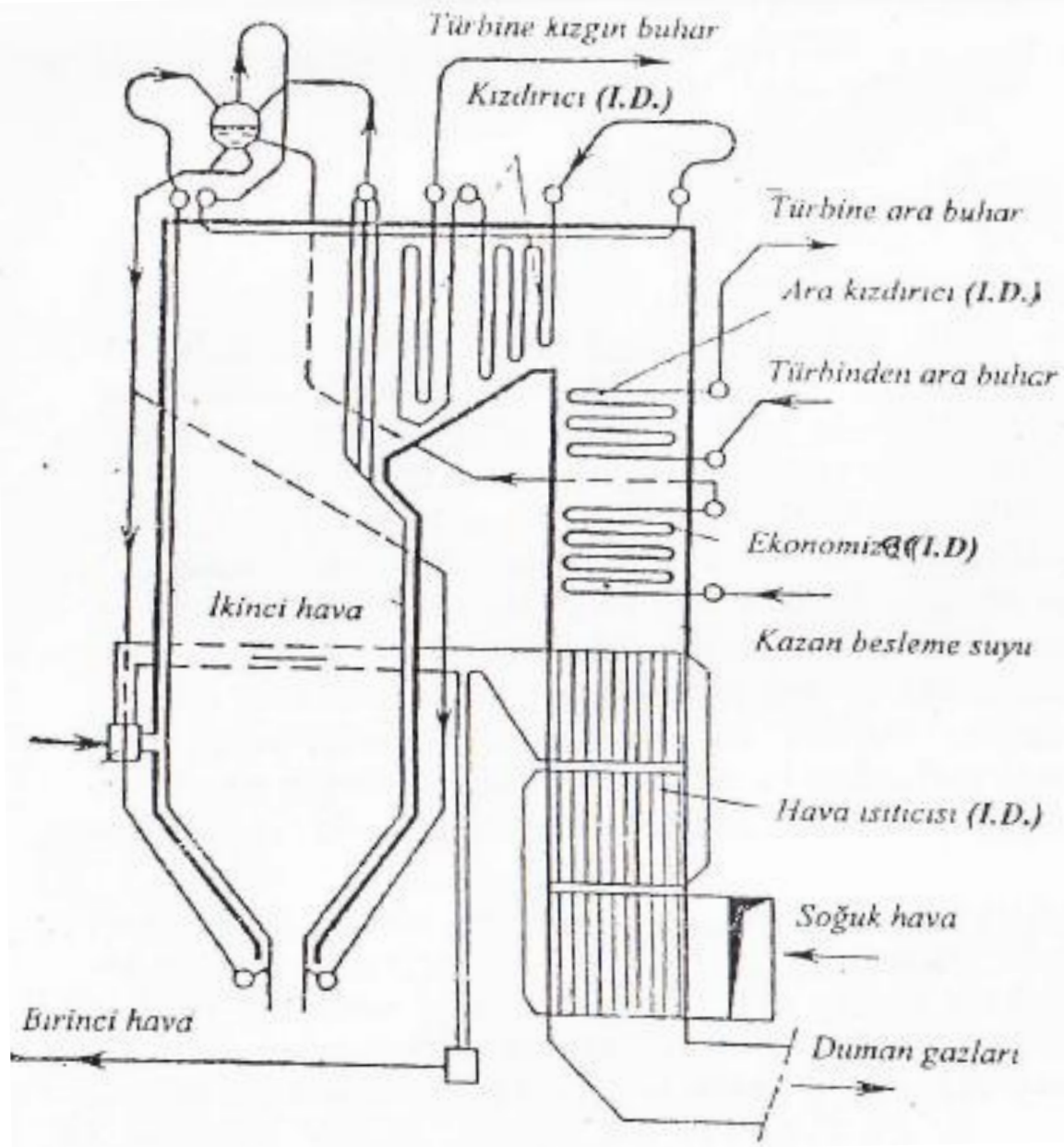
6.1.3. Çapraz akımlı I.D.

6.2. Çok geçişli I.D.

6.2.1. Çapraz-ters ve çapraz-paralel akımlı I.D.

6.2.2. Çok geçişli gövde-borulu I.D.

6.2.3. n adet paralel levha geçişli I.D.



Şekil: Bir su borulu buhar kazanı üzerinde çeşitli kademelerde bulunan değişik tip ısı değıştircileri.

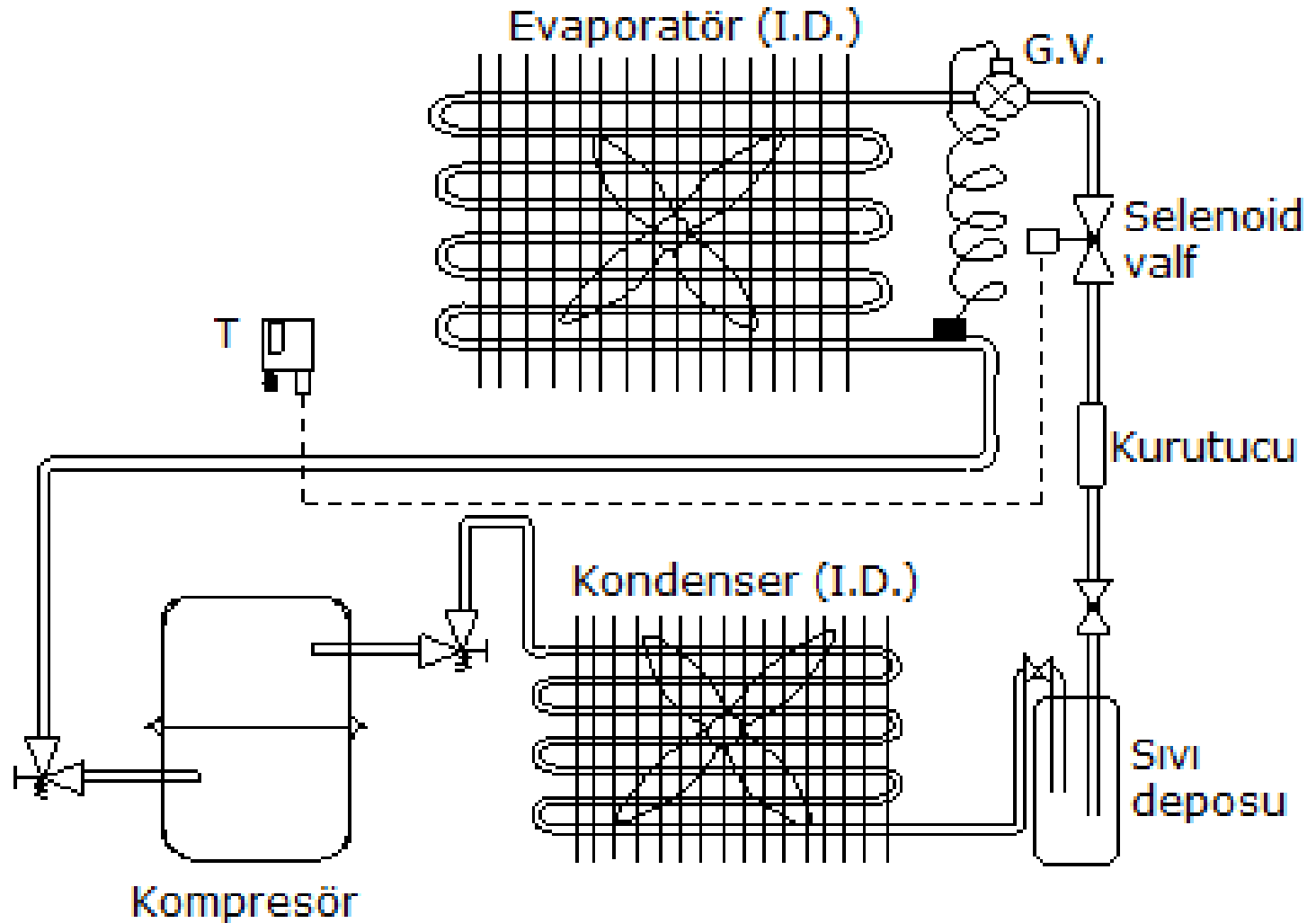
Isı değiştiricileri içinde, yoğuşma ve buharlaşma gibi bir faz değişimi yoksa bunlara **duyulur ısı değiştiricileri** denir.

Isı değiştirici içinde faz değişimi bulunlar ise **gizli ısı değiştiricileri** adı verilir.

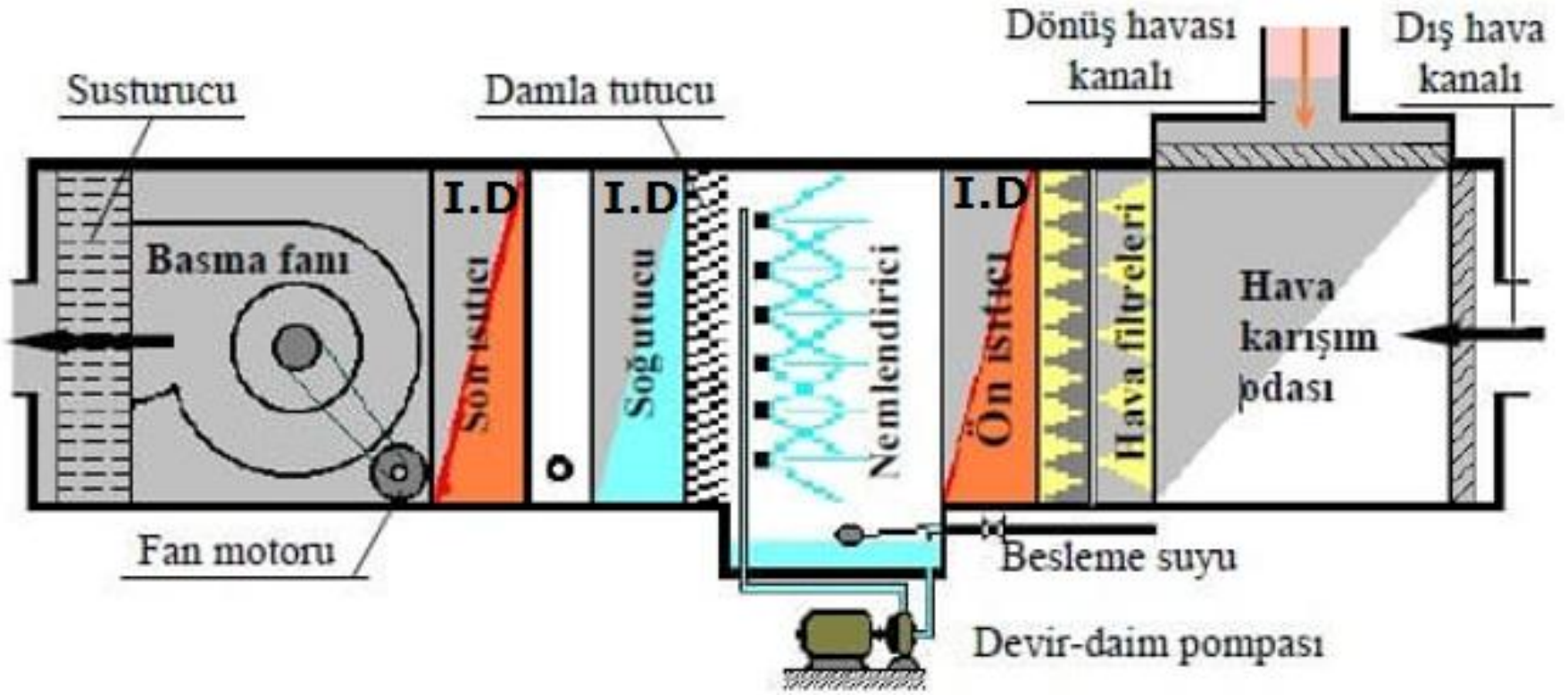
- *Diğer taraftan, buhar kazanları, nükleer santrallar veya elektrikli ısıtıcılar da ilerinde ısı üretimi olan birer ısı değiştiricisi olmasına rağmen, literatürde genelde ayrı konular olarak incelenir.*

Reküperatif ısı değiştirici: Isı değiştiricide akışkanlar, birbirleriyle karıştırılmadan ısı geişiminin doğrudan yapıldığı genelde metal malzeme olan katı bir yüzey ile birbirlerinden ayrılırlar. Bu tip ısı değiştiricileri yüzeyli veya **reküperatif** olarak adlandırılır.

Rejeneratif ısı değiştirici: Isı geişiminin doğrudan olmayıp, ısı önce sıcak akışkan tarafından döner veya sabit bir dolgu maddesine verilerek depo edilir, daha sonra bu dolgu maddesindeki ısı soğuk akışkana verildiği, ısı değiştiricilere dolgu maddeli/rejeneratif tip ısı değiştirici denir.



Şekil 1.2. Buhar sıkıştırmalı bir soğutma devresi şematik diyagramı.



Şekil 1.3. Tipik bir iklimlendirme devresi şematik diyagramı

Tanımlar:

- Isı değiştiricileri uygulamada kullanma yerlerine göre bazı hallerde özel olarak isimlendirilirler.
- rnek olarak; kazan tesislerinde besleme suyunun baca gazları ile ısıtılması halinde **ekonomizer**
- Besleme suyunun rk buhar ile ısıtılması halinde **hiter(heater)**
- yanma havasının ısıtıldığı durumlarda ise **reküperatör** olarak adlandırılır.

1. ISI DEĞİŞİM ŞEKLİNE GÖRE SINIFLAMA

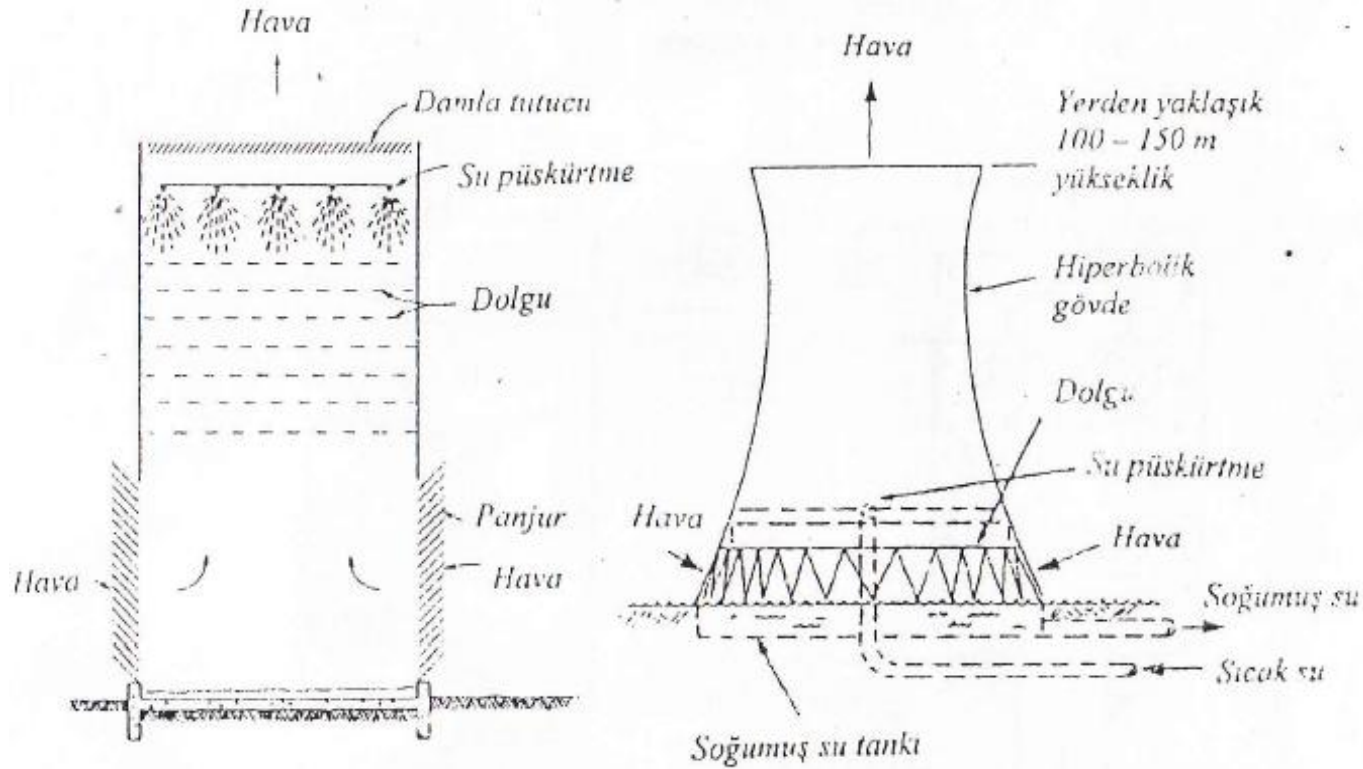
Bu sınıflamada ısı değiştiricileri,

- Akışkanlar arasında veya katı cisimler ile bir akışkan arasında; doğrudan doğruya bir temasın olduğu ve olmadığı şekillerde olmak üzere iki grupta göz önüne alınır.

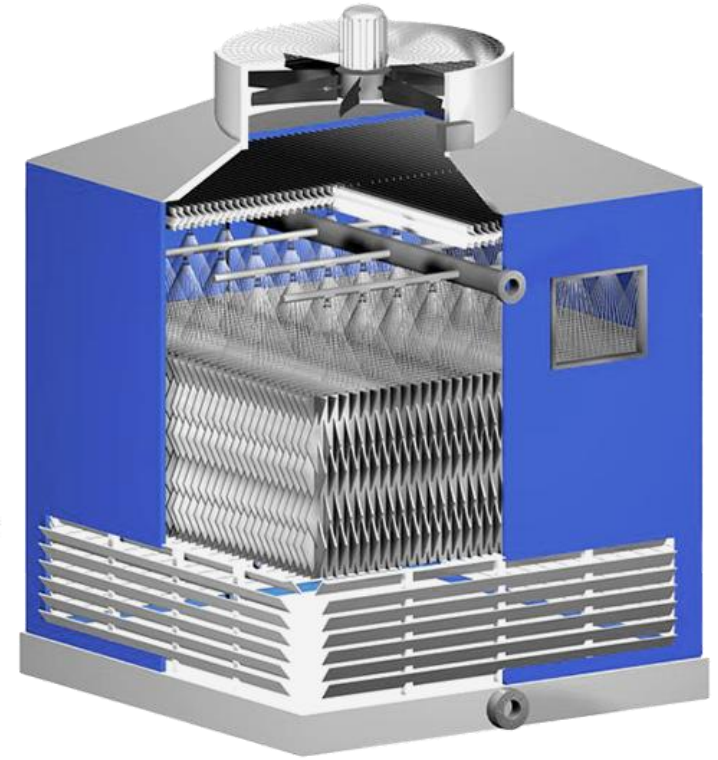
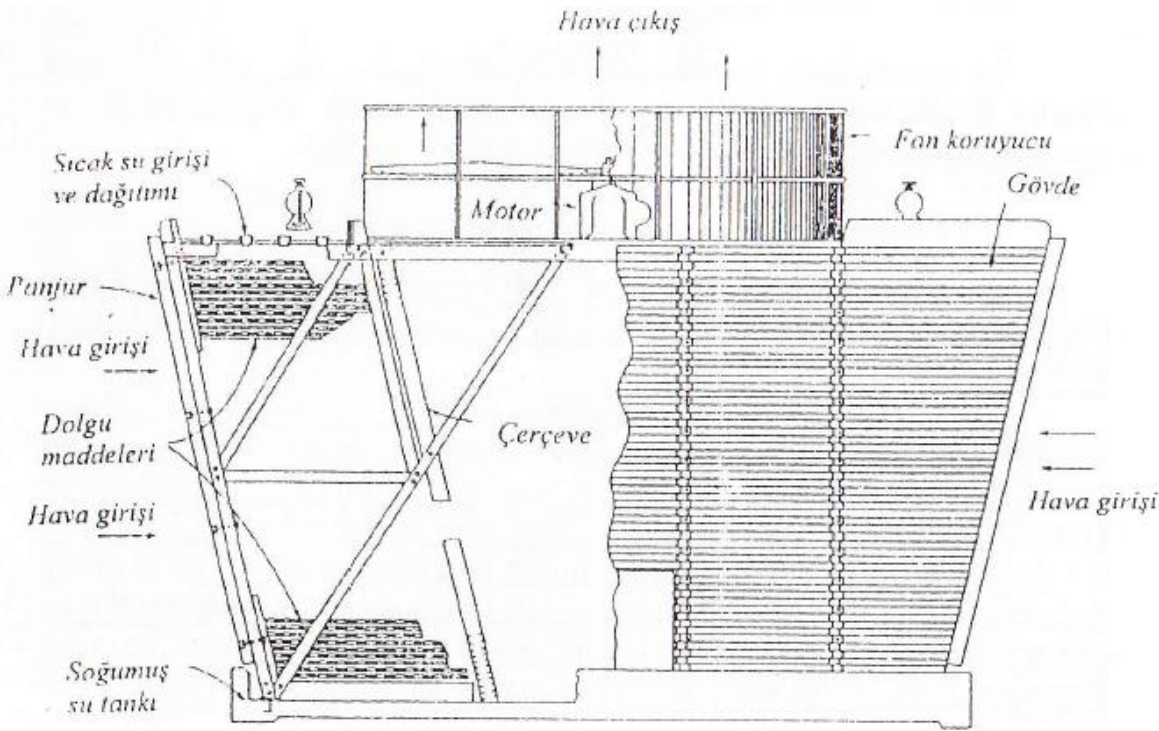
1.1. Doğrudan temasın olduğu ısı değiştiricileri

- Bu tip ısı değiştiricileri içinde farklı sıcaklıklardaki akışkanlar veya bir akışkan ile katı maddeler birbirleri ile doğrudan doğruya karıştırılır veya temasa geçirilir.
- İki farklı sıcaklıktaki akışkanın temasa getirildiği sistemlerde, genellikle akışkanlardan birisi gaz, diğeri ise buharlaşma basıncı küçük olan bir sıvıdır.
- Isı geçişi işleminden sonra, iki akışkan birbirinden kendiliğinden ayrılır.

- Endüstriyel işlemler sonucu ortaya çıkan ısınin atılması için pratikte çok kullanılan soğutma kuleleri bu tip ısı değıştiricilerine iyi bir örnektir.
- Soğutma kulelerinde damlalar veya ıslak dolgu maddeleri üzerindeki su, atmosferik hava ile soğutulur.
- Çoğunlukla su yerçekimi ivmesi ile aşağı düşerken, hava doğal veya zorlanmış olarak su yüzeyleri üzerinden akar(Şekil 1.4).



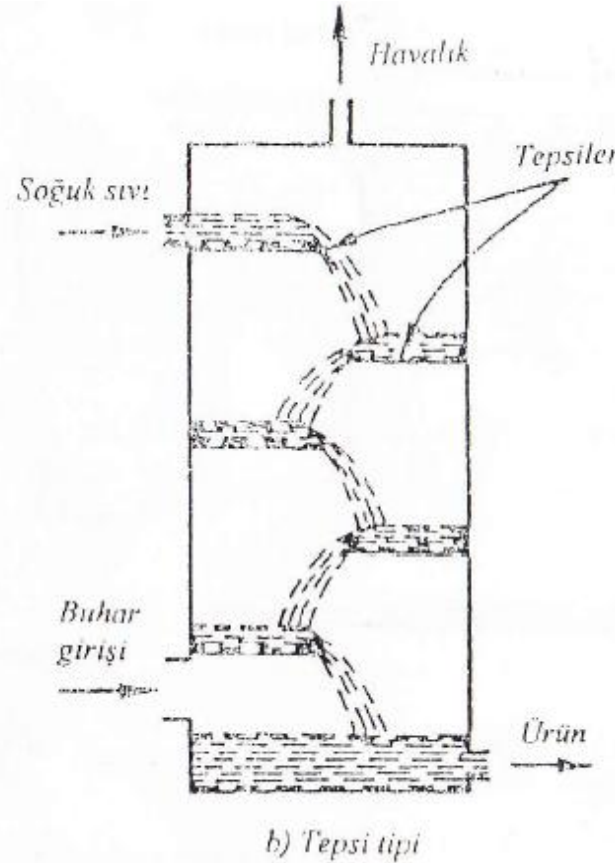
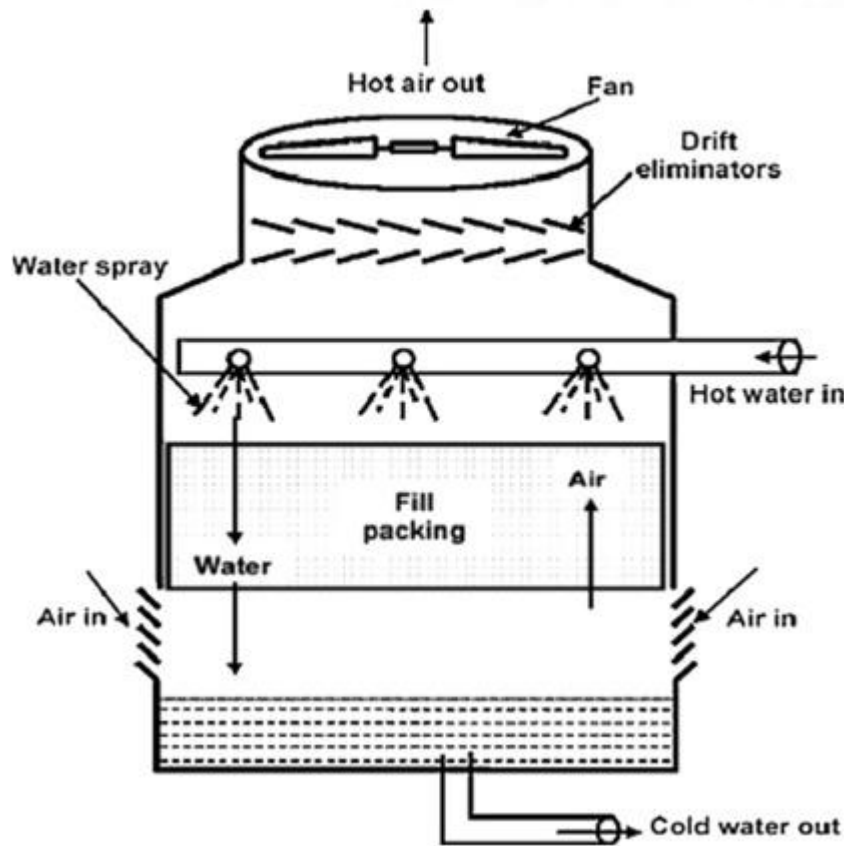
a) Dolgu maddeli doğu çekişli soğutma kulesi b) Hiperbolik gövdeli doğu çekişli soğutma kulesi



c) Zorlanmış hava akışlı soğutma kulesi

Şekil 1.4. Doğal ve zorlanmış soğutma kuleleri[2].

Bu tiplerde ısı, önce sıcak akışkandan iki akışkanı ayıran bir yüzeye veya bir kütleye geçer Daha sonra bu ısı bu yüzeyden veya kütleden soğuk akışkana iletilir.



Şekil 1.5. Sprey ve tepsi tipi yoğuşturucu prensip şemaları [4]

1.2. Doğrudan temasın olmadığı ısı değiştiricileri

Doğrudan ısı geçişi olan ısı değiştiricileri:

- Bu tip ısı değiştiricilerinde farklı sıcaklıklardaki iki akışkan, ince cidarlı bir boru veya levha yüzeyleri ile birbirlerinden ayrılır.
- Bunların içinde hareketli bir makine elemanı yoktur ve bazen bunlar literatürde reküparatif ısı değiştiricileri olarak da adlandırılır.
- Pratikte karşılaşılan önemli tipleri, borulu, levhalı ve kanatlı yüzeyli ısı değiştiricileridir.

Isının depolandığı ısı değıştiricileri

- Bunlarda önce sıcak akışkan belirli bir süre değıştirici içindeki dolgu maddesinin yüzeyleri üzerinden geçirilerek dolgu maddesini ısıtır.
-
- Daha sonra ısınan bu dolgu maddesinin yüzeyleri üzerinden soğuk akışkan geçirilerek ısınması sağlanır.
- Bu tipten ısı değıştiricilerine rejeneratör adı da verilir.
- Gaz türbinli taşıtlarda, iklimlendirme tesisatlarında ısı geri kazanması için ısı tekerleğı olarak, yüksek fırınlarda, cam fabrikalarında ve buhar kazanlarında hava ısıtıcısı olarak kullanılabilir.

2. ISI GEÇİŞİ YÜZEYİNİN ISI GEÇİŞİ HACMİNE ORANINA GÖRE SINIFLAMA (KOMPAKTLIK)

- Bu sınıflama için ısı değiştiricilerinde β şeklinde yüzey olanı yoğunluğu adı verilen bir büyüklük tanımlanır.
-
- $\beta = \text{Isı geçişi yüzeyi (m}^2\text{)} / \text{Isı değiştirici hacmi (m}^3\text{)}$
-
- Bu tanıma göre, literatürde $\beta > 700 \text{ m}^2/\text{m}^3$ olan ısı değiştiricileri kompakt, $\beta \leq 700 \text{ m}^2/\text{m}^3$ olanlar ise kompakt olmayan ısı değiştiricileri olarak göz önüne alınır.

- A ısı geçişi olan yüzeyi, V hacmi, K toplam ısı geçiş katsayısını, ΔT_m ise ortalama logaritmik sıcaklık farkını göstermek üzere, değişik ısı değiştirici tiplerinde β büyüklüğü ile Q geçen ısı miktarları, aşağıdaki şekillerde tanımlanabilir.

Gövde borulu

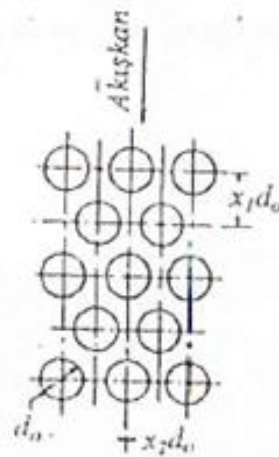
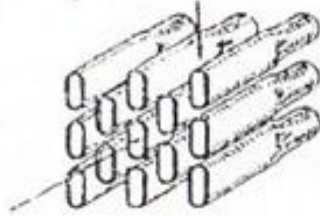
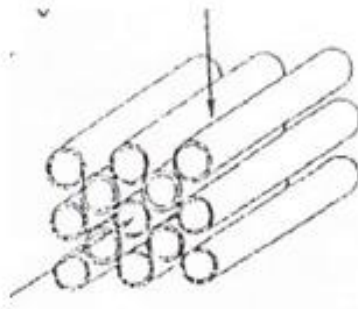
- $\beta = (A_{\text{sıcak}} + A_{\text{soğuk}}) / V_{\text{toplam}}$ $Q = K(\beta/2) V_{\text{toplam}} \cdot \Delta T_{lm}$

Levhalı ve kanatlı yüzeyli

- $\beta = A_{\text{sıcak}} / V_{\text{sıcak}}$ veya $Q = K(\beta \cdot V_{\text{sıcak}}) \Delta T_{lm}$
- $\beta = A_{\text{soğuk}} / V_{\text{soğuk}}$ $Q = K(\beta \cdot V_{\text{soğuk}}) \Delta T_{lm}$

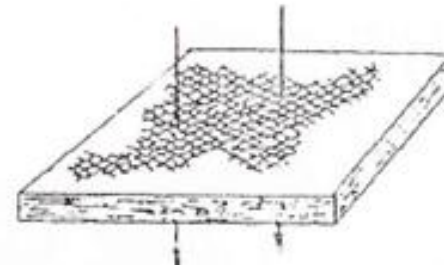
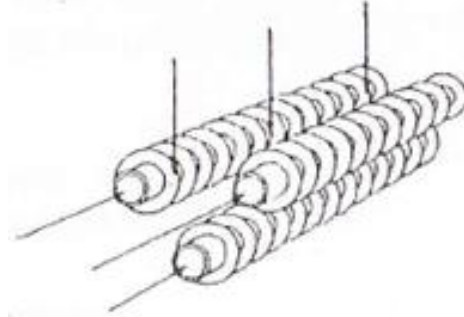
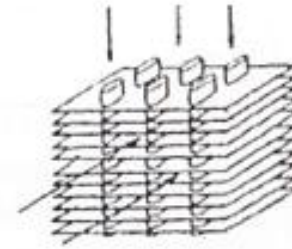
Rejeneratör

- $\beta = A_{\text{sıcak}} + V_{\text{toplam}}$ veya $Q = K(\beta \cdot V) \Delta T_{lm}$
- $\beta = A_{\text{soğuk}} + V_{\text{toplam}}$



$$\beta \approx \frac{2(\pi d_o L)}{(x_1 d_o)(x_2 d_o)L} = \frac{2\pi}{x_1 x_2 d_o}$$

a) G6vde-borulu ısı değiştirici tipi



$$\beta \approx \frac{4\sigma}{d_h} \quad \sigma : (\text{Boşluk hacmi})/(\text{Dolgu hacmi})$$

$$d_h : \text{Hidrolik ap} = \frac{\text{Alan}}{\text{Islak evre}}$$

b) Levha, kanatlı yüzeyli veya dolgu maddeli rejenarat6r tipi

şekil 1.10. Isı değiştirici geometrik boyutları ile kompaktlık arasındaki ilişki[5].

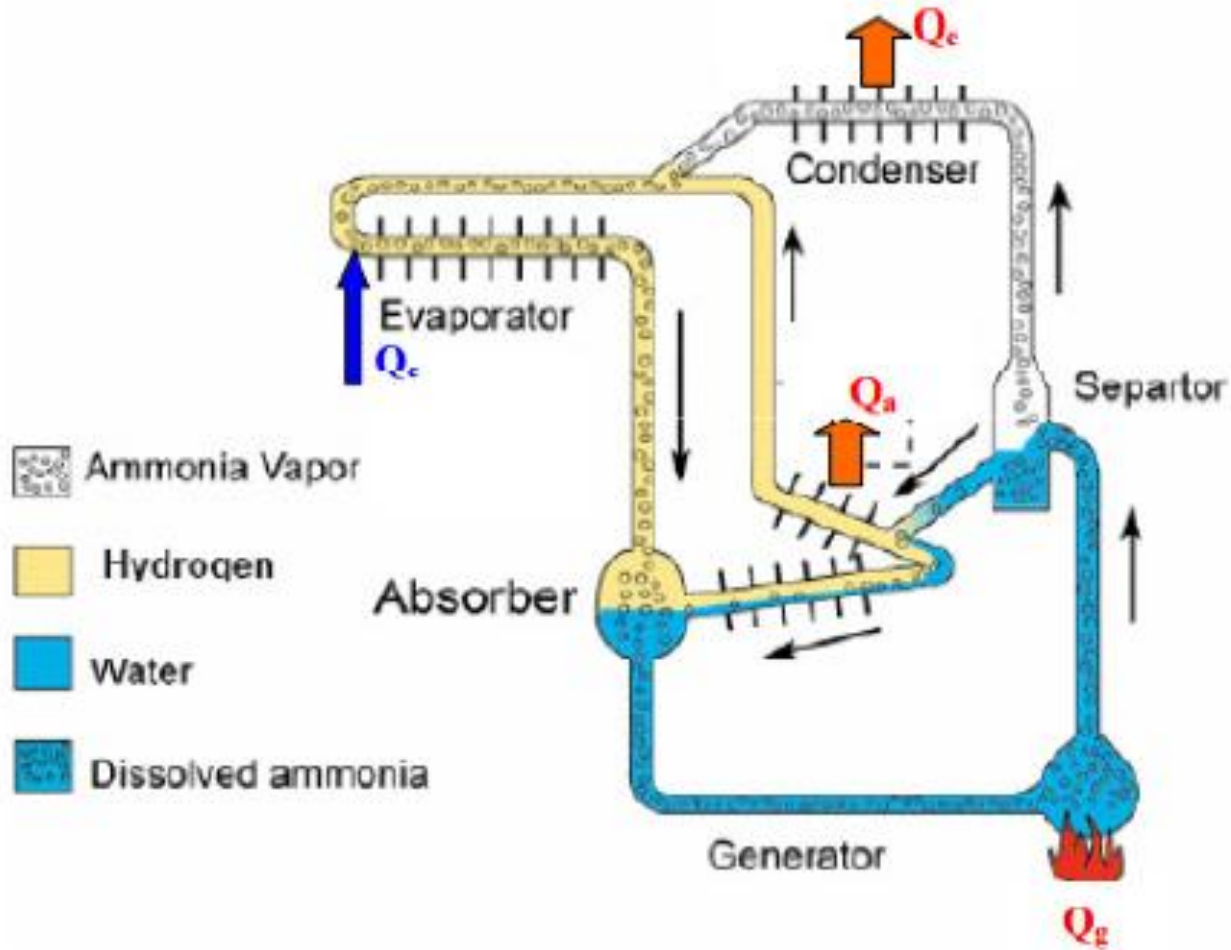
Tablo 1.2. Çeşitli ısı değiştiricileri için β yüzey alanı yoğunluğu aralıkları.

Isı değiştirici tipi	d_0 veya d_h (mm)	$\beta(\text{m}^2/\text{m}^3)$
Çıplak borulu gövde-borulu tip	7-50	70-500
Levha tipi	15-30	110-210
Kanatlı tipler	0,6-15	110-6000
Otomobil radyatörleri	2,5-6	600-1300
Soğutma tekniği ısı değiştirici tipleri	1,5-4	800-2200
Dolgu maddeli ısı değiştirici tipleri	0,2-2	1600-16000
Gaz türbini döner rejeneratörü	0,5-1	3000-7000
İnsan akciğeri	0,19	~7500

Not: Literatürde genel olarak $\beta > 700 \text{ m}^2/\text{m}^3$ veya $d_h < 5 \text{ mm}$ olan ısı değiştiricileri kompakt olarak göz önüne alınır.

3. Akışkan Sayısına Göre Sınıflama

- Pratikteki birçok uygulamada, ısı değiştiricilerinde genellikle iki akışkan arasındaki ısı geçişi göz önüne alınır.
- Buna karşılık az da olsa bazı kimyasal işlemlerde, soğutma tekniğinde, havanın ayrıştırılmasında, hidrojenin saflaştırılması ya da sıvılaştırılması gibi olaylarda üç akışkanlı ısı değiştiricileri ile karşılaşılabilir.



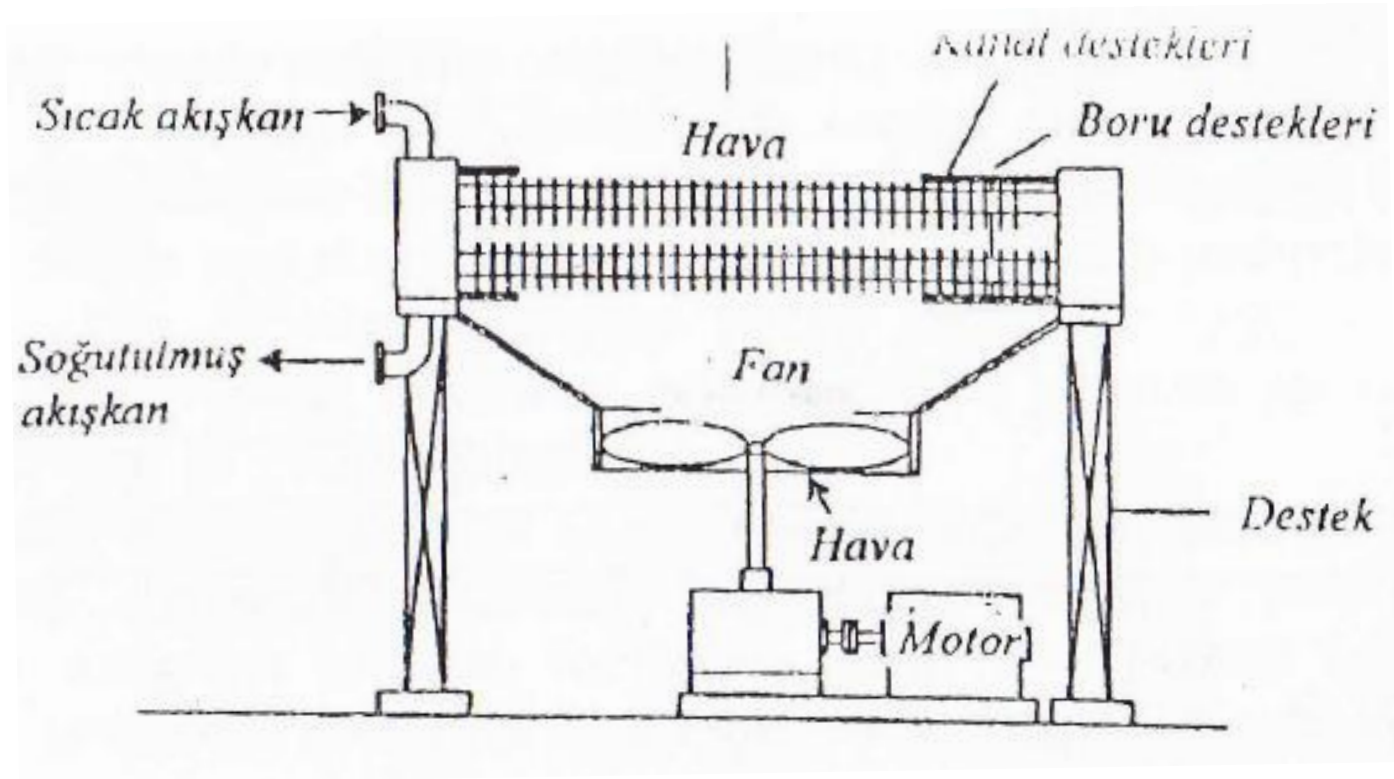
Şekil: Hidrojen ile dengelenen, amonyak-su eriyikli absorpsiyonlu soğutma makinesi basit çevrimi.

Üç akışkanla çalışan ısı değiştiricilerini kullanan bir sisteme örnek olarak, evsel ve taşıt araçlarında küçük kapasiteli, ($\text{NH}_3 + \text{su}$) eriyikli absorpsiyonlu tesislerde, H_2 gibi üçüncü bir nötr gaz kullanılarak elde edilen ısı enerjisi ile çalışan pompasız soğutma makinası.

4. Isı Geçişi Mekanizmasına Göre Sınıflama

4.1. İki tarafta da tek fazlı akış:

- Isı değıştiricinin iki tarafındaki tek fazlı akışlardaki ısı taşımını bir pompa veya vantilatör ile tahrik edilen zorlanmış ya da yoğunluk, farkının doğurduğu doğal olarak olabilir.
- Oda ısıtıcıları (radyatör veya konvektörleri), buhar kazanları ekonomizörleri ve hava ısıtıcıları, taşıt radyatörleri ve hava soğutmalı ısı değıştiricileri, önemli uygulamalardır.



Şekil 1.12. Hava soğutmalı ısı değıştirici

4.2. İki tarafta da çift fazlı akış:

- Bu tip ısı değıştiricilerinin bir taraflarında buharlaşma, diğeri taraflarında yoğunlaşma işlemi vardır.
- Bunlar hidrokarbonların distilasyonunda, yüksek basınçlı buhar kullanılarak alçak basınçlı buhar elde edilmesinde kullanılır.

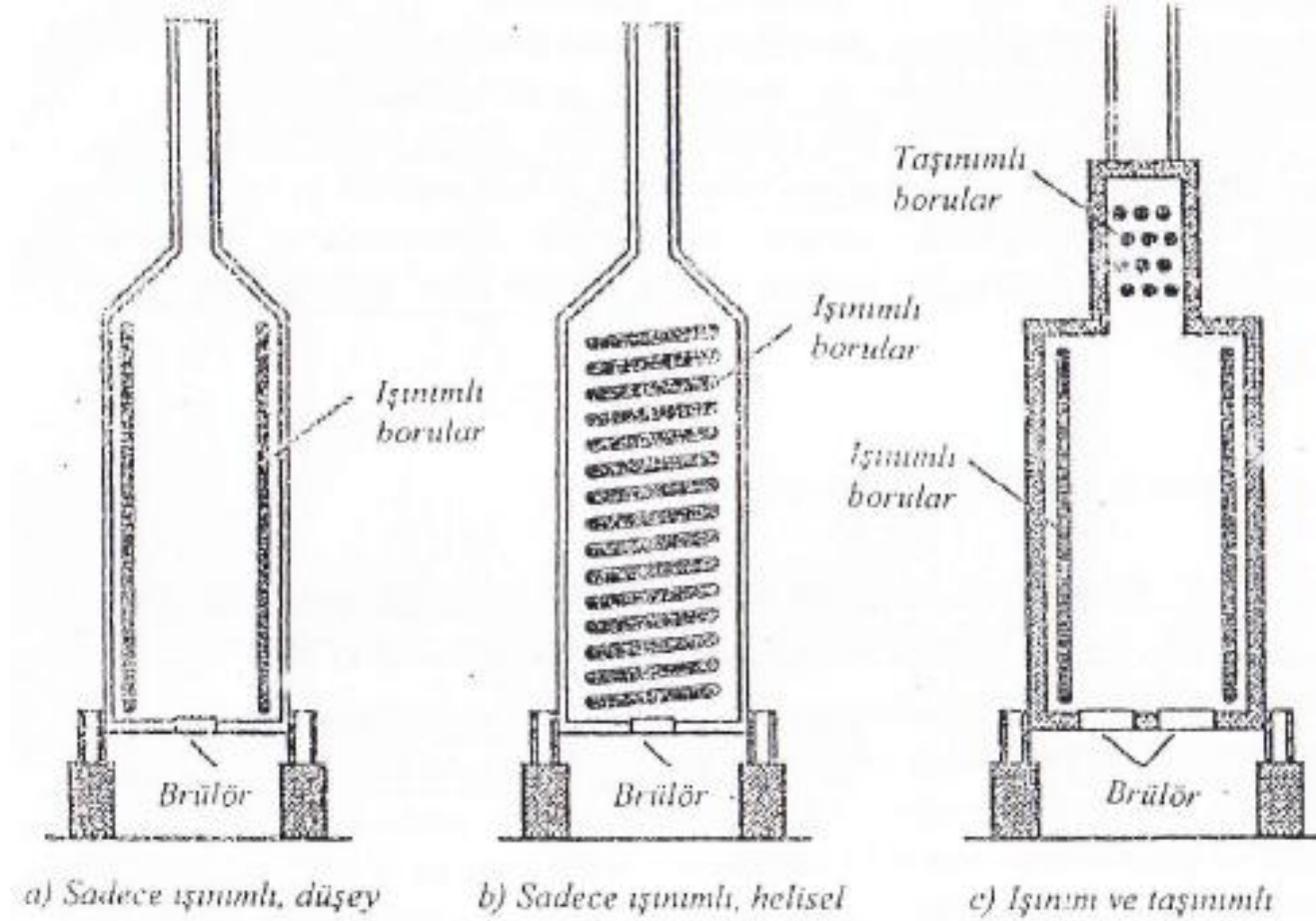
4.3. Bir tarafta tek fazlı, diğer tarafta çift fazlı akış:

- Bu ısı değıştiricilerinin bir taraflarında zorlanmış veya tek fazlı akış varken, diğer taraflarında kaynamakta veya yoğunlaşmakta olan iki fazlı akış vardır.
 - Bunlara ait örnekler, termik santrallerin yoğunlaştırucuları soğutma sistemlerinin yoğunlaştırucusu veya buharlaştırıcısı ile buhar kazanları sayılabilir.
- örnek**, su püskürtmeli yoğunlaştırucular ve su püskürtmeli buharlaştırdılar verilebilir

4.4. Taşıminla ve ışıınımla beraber ısı geişı:

- Özellikle bir tarafında yüksek sıcaklıkta gaz olan ısı değiştiricilerinde taşıminla ve ışıınımla ısı geçiş bir arada görölür.
- Yüksek sıcaklıkta çalışan dolgu maddeli rejeneratörler fosil yakacak yakan ısıtıcılar, buhar kazanları ve bunların kızdırıcıları ile piroliz, ocakları bu tip ısı değiştiricilerine örnek olarak sayılabilir.

Taşıminla ve ışınlımla beraber ısı geişı rnekleri



Şekil 1.17 Sıvı veya gaz fosil yakacak yakan düşey tip ısıtıcı şemaları.