

ISI DEĞİŞTİRİCİLERİ

Sunum 4

Yararlanılan Kaynaklar:

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

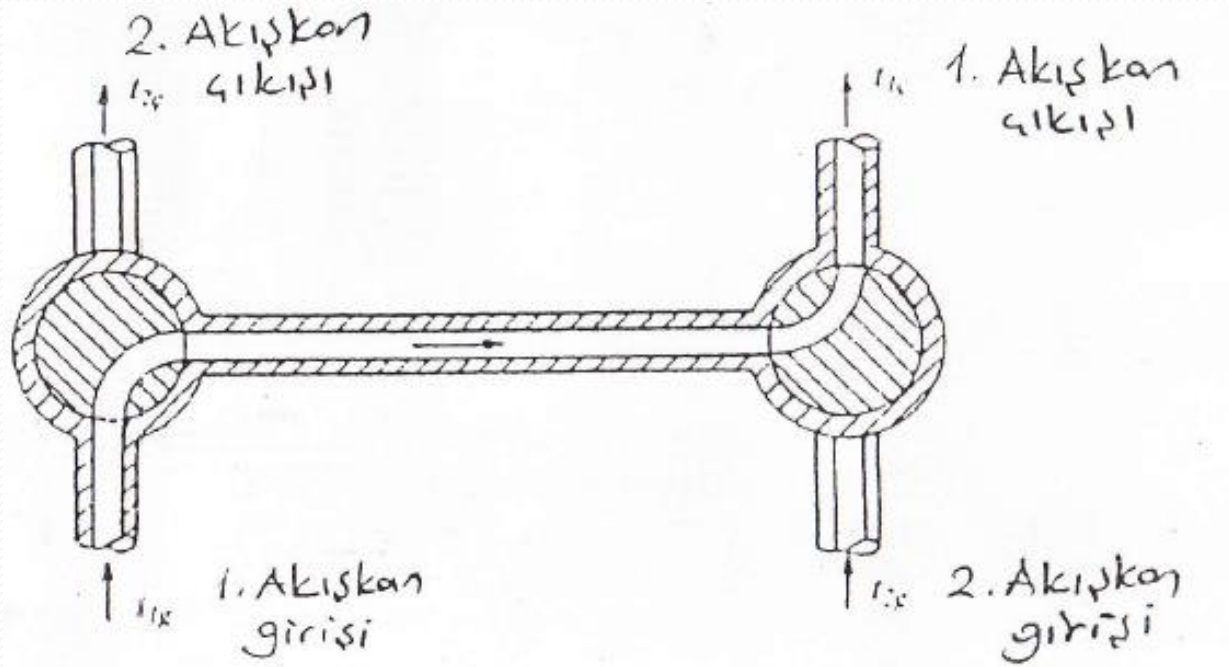
2.4 Rejeneratif Isı Değiştiriciler

Bu ısı değiştiricilerinde ısı önce sıcak akışkan tarafından bir ortamda depo edilir, daha sonra sıcak akışkana verilir. Isı geçişi dolaylıdır.

Rejeneratör içinde ısının depolandığı gözenekli elemanlara ise dolgu maddesi veya matris adı verilir.

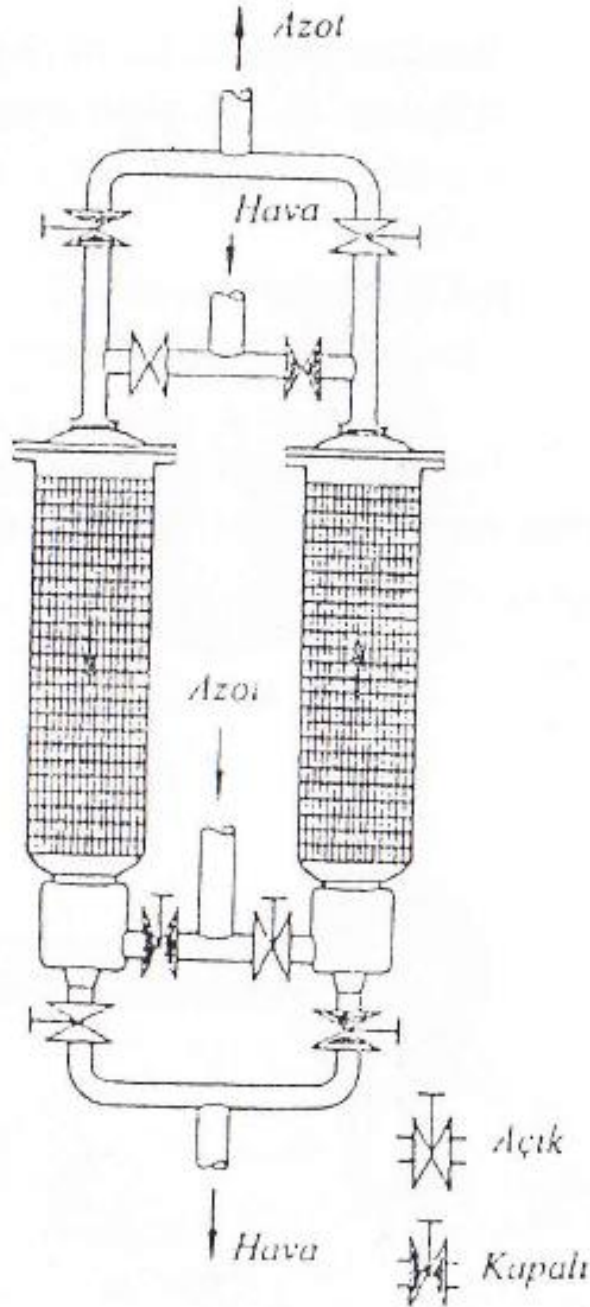
Rejeneratörlerin başlıca üstünlükleri şunlardır:

- β yüzey alan yoğunluğu (kompaktlık) çok büyük değerlere çıkabilir.
- Diğer ısı değiştiricilerine göre ilk yatırım masrafı daha azdır.
- Sistemin kendi kendini temizleme özeliği vardır.
- Bunlara karşılık bu ısı değiştiricinin sakıncaları ise şunlardır:
- Sadece gaz akışkanlarda kullanılabilir.
- Sıcak ve soğuk akışkanlar arasında her zaman bir miktar kaçak vardır.
- Akışkanlar birbirlerine etki edebiliyor ise bu tip ısı değiştirici kesinlikle kullanılamaz.
- Pratikte dönen ve sabit dolgu maddeli ile paket yataklı olmak üzere üç grup rejeneratör tipi ile karşılaşılır.

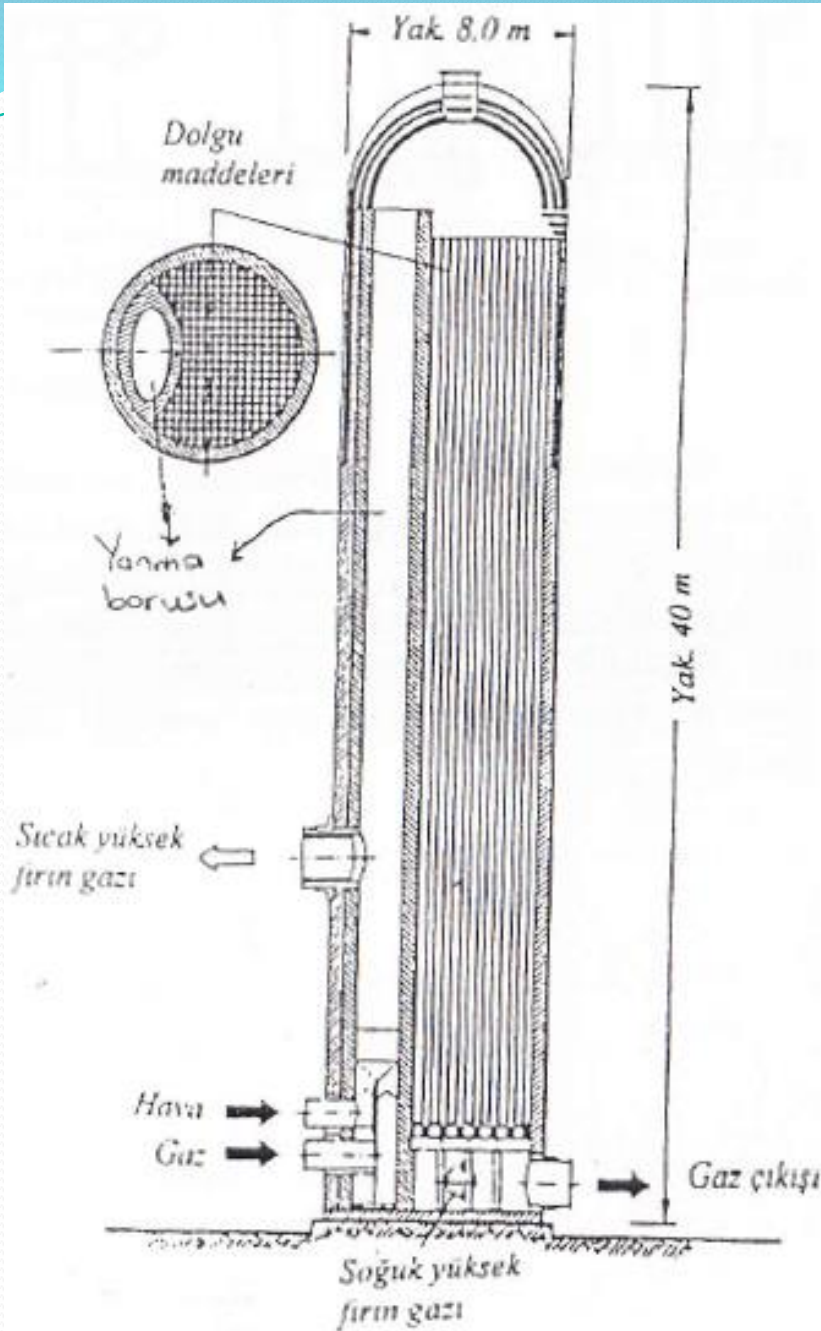


Şekil 2.32 Sabit dolgu maddeli rejeneratörde akımın şematik gösterilimi.

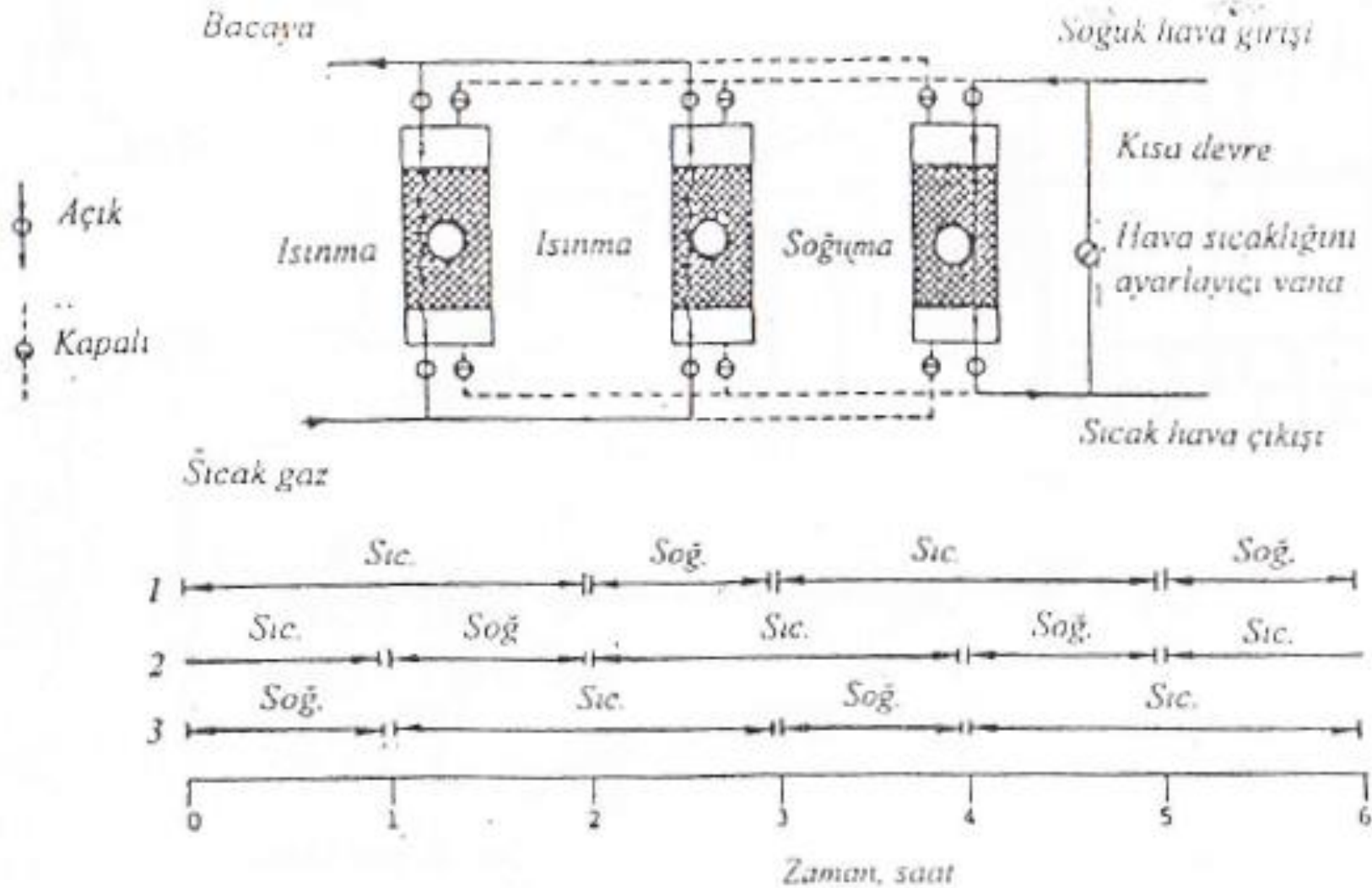
- Belirli zamanlarda klapeler döndürülerek, dolgu maddesi içinden sıcak veya soğuk akışkan geçişi gerçekleştirilir.
- Sistemin sürekli çalışmasını sağlayabilmek için aynı tipten en az iki rejeneratöre gerek vardır.
- Birçok işletmede ise üç veya dört rejeneratör aynı anda kullanılır.



- Havanın soğutularak sıvılaştırılmasının yapıldığı işletmelerde kullanılan ikiz tipten bir rejeneratör görülmektedir.
- periyodik olarak açılıp kapanması ile azot gazı ile soğutulmak istenen havanın rejeneratör içinden geçişleri ayarlanır, Isı geçişini sağlayan kanallar, gözenekli veya kafesli malzemelerden imal edilir.
- Bu tiplerde ısı yutucu malzemeler olarak, ince çelik ve alüminyum levhalar kullanılabilir.
- Çok düşük sıcaklıklardaki soğutmalarda ince alüminyum levhalar ondüleli hale getirilerek kaydırılmış olarak yerleştirilir.
- Bu şekilde kanallar arasında 1 mm gibi küçük boşluklar elde edilebilir.



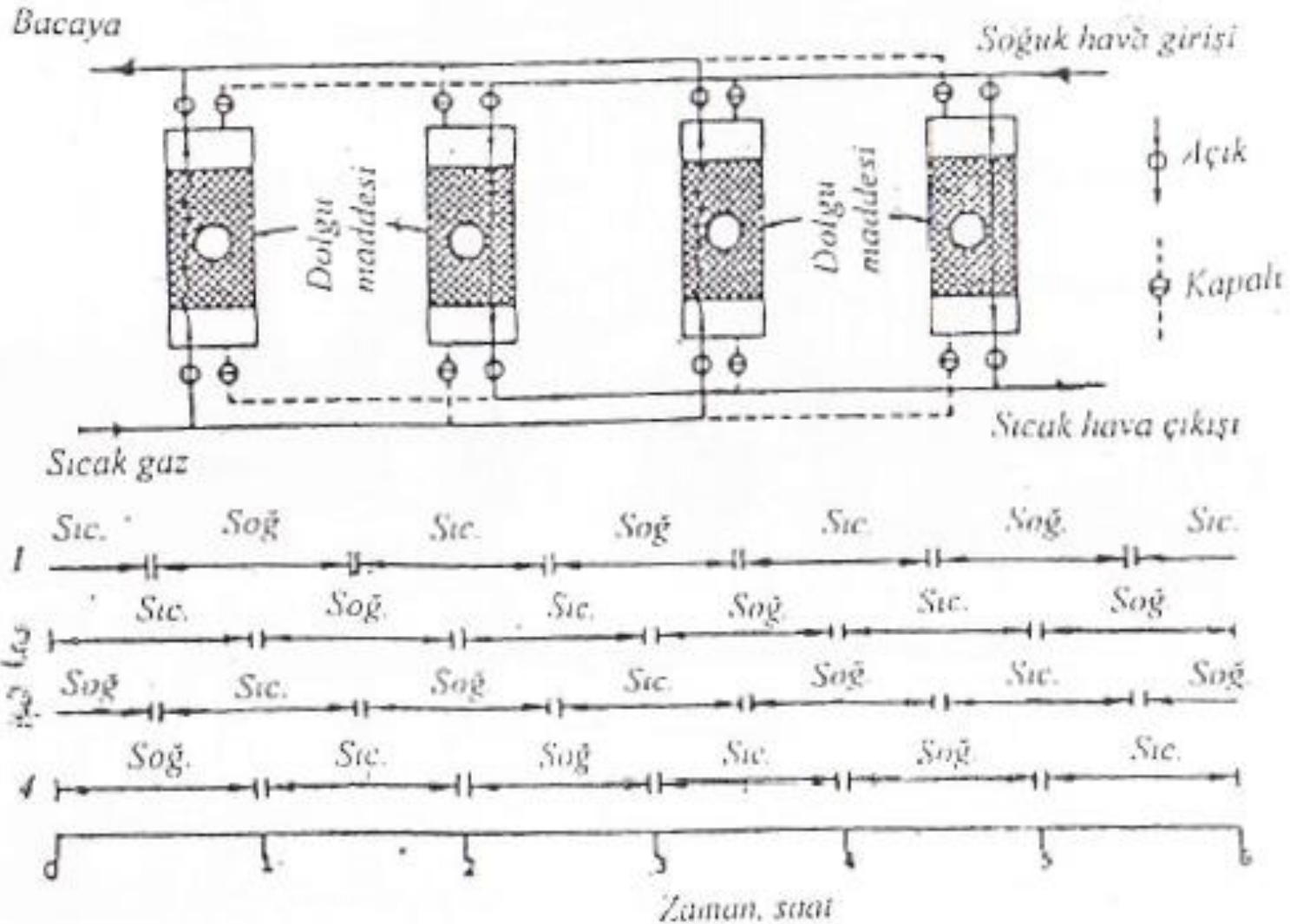
Şekil 2.34 Cowper tipi sabit dolgu maddeli bir rejeneratörün boyuna ve enine kesitleri [10]



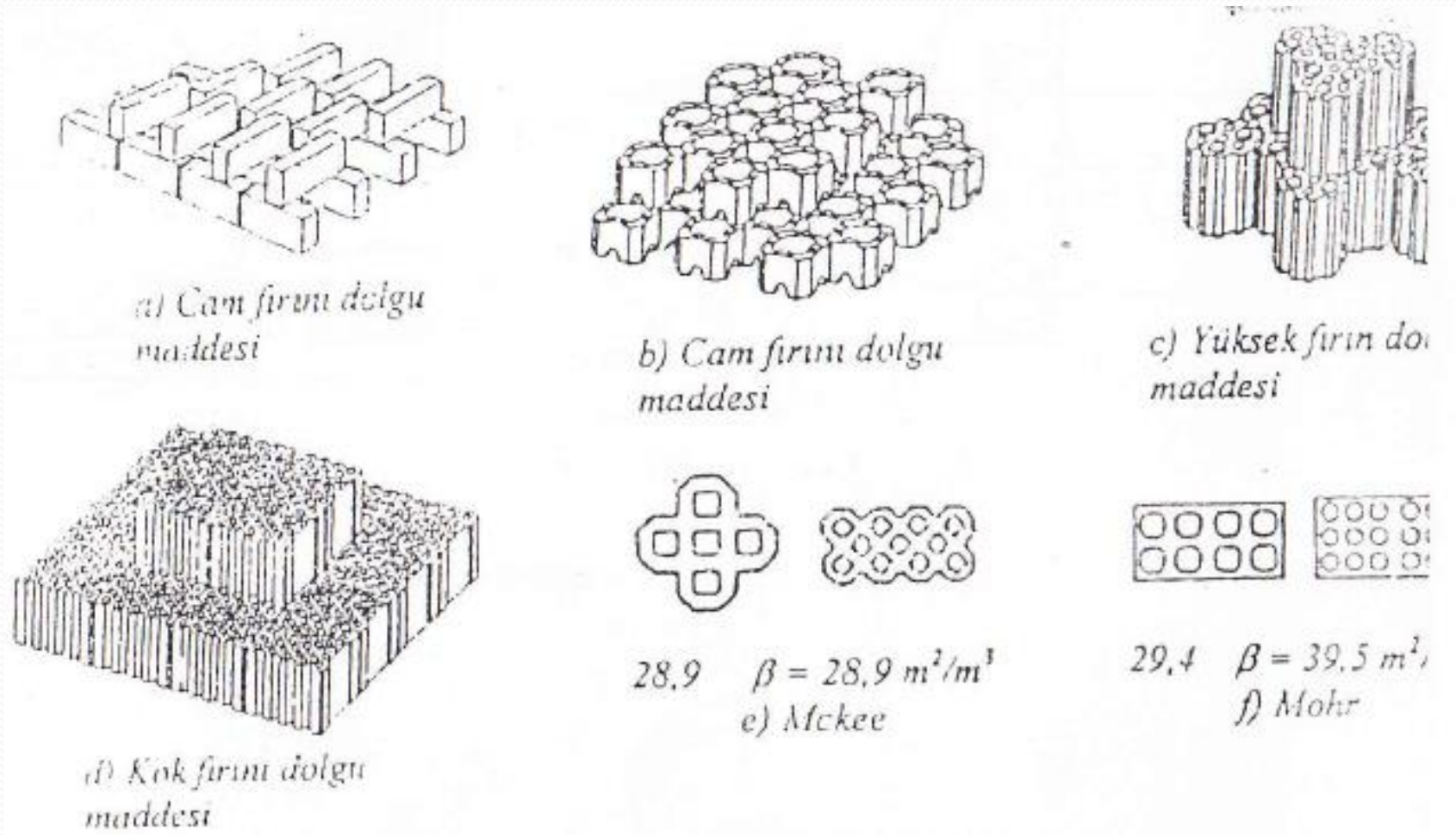
Sıc.: Dolgu maddesi ısınma periyodu

Soğ.: Dolgu maddesi soğuma periyodu

Şekil 2.35a Aynı tipten üç sabit dolgu maddeli rejeneratörlerin sisteme bağlantıları ve çalışma periyotları



Şekil 2.35b Aynı tipten dört sabit dolgu maddeli rejeneratörlerin sisteme bağlantıları ve çalışma periyotları

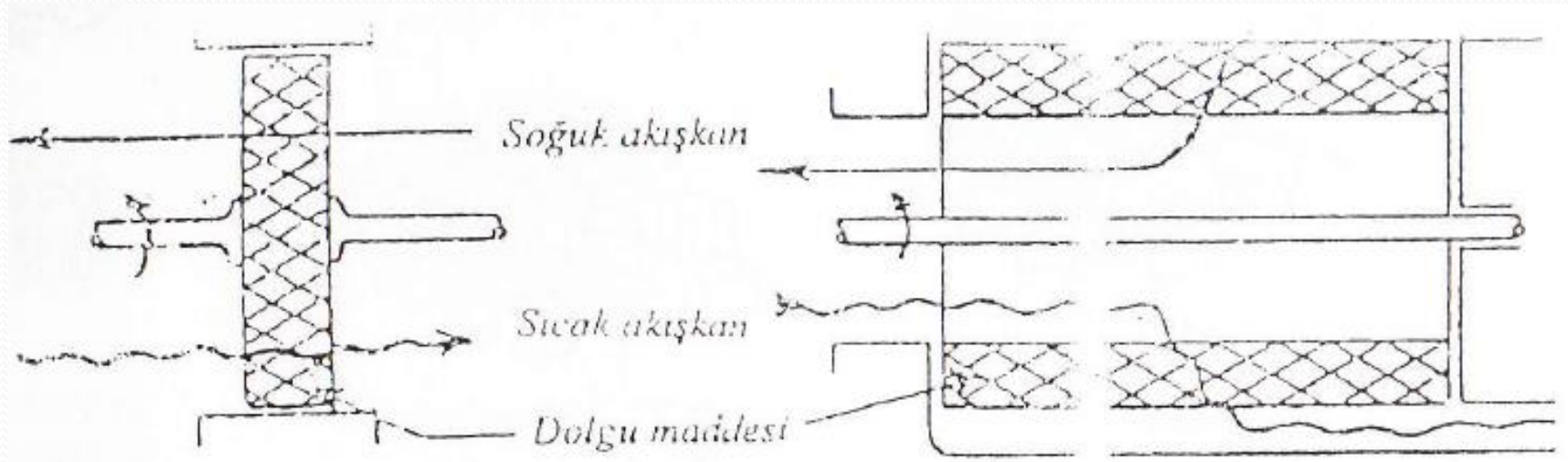


Şekil 2.36 Çeşitli sabit dolgu maddeleri geometrileri[10]

- Sabit dolgu maddeli rejeneratörler pratikte iki sınıfta toplanabilir.
- Kompakt olmayan ($\beta < 700 \text{ m}^2/\text{m}^3$) rejeneratörler yüksek fırınlarda, cam fabrikalarında uygulama alanı bulur ve 900 ila 1500 °C gibi yüksek sıcaklıklarda bu tip kompakt olmayan sabit rejeneratörlerde kullanılan dolgu maddelerine ait bazı örnekler Şekil 2.36'da görülmektedir.
- Kompakt olan ($\beta < 700 \text{ m}^2/\text{m}^3$) rejeneratörler ise havanın ayrıştırılması gibi düşük sıcaklıklardaki işlemlerde ve Stirling makinasındaki gibi yüksek sıcaklıklarda uygulama alanı bulur.
- Kompakt sabit dolgu maddeleri kuarz çakılarından, çelik, bakır, bilyelerden, bakır tel yumaklarından veya düzensiz yerleştirilmiş elek teli ile çubuklardan yapılır.

2.4.2 Döner dolgu maddeli rejeneratörler

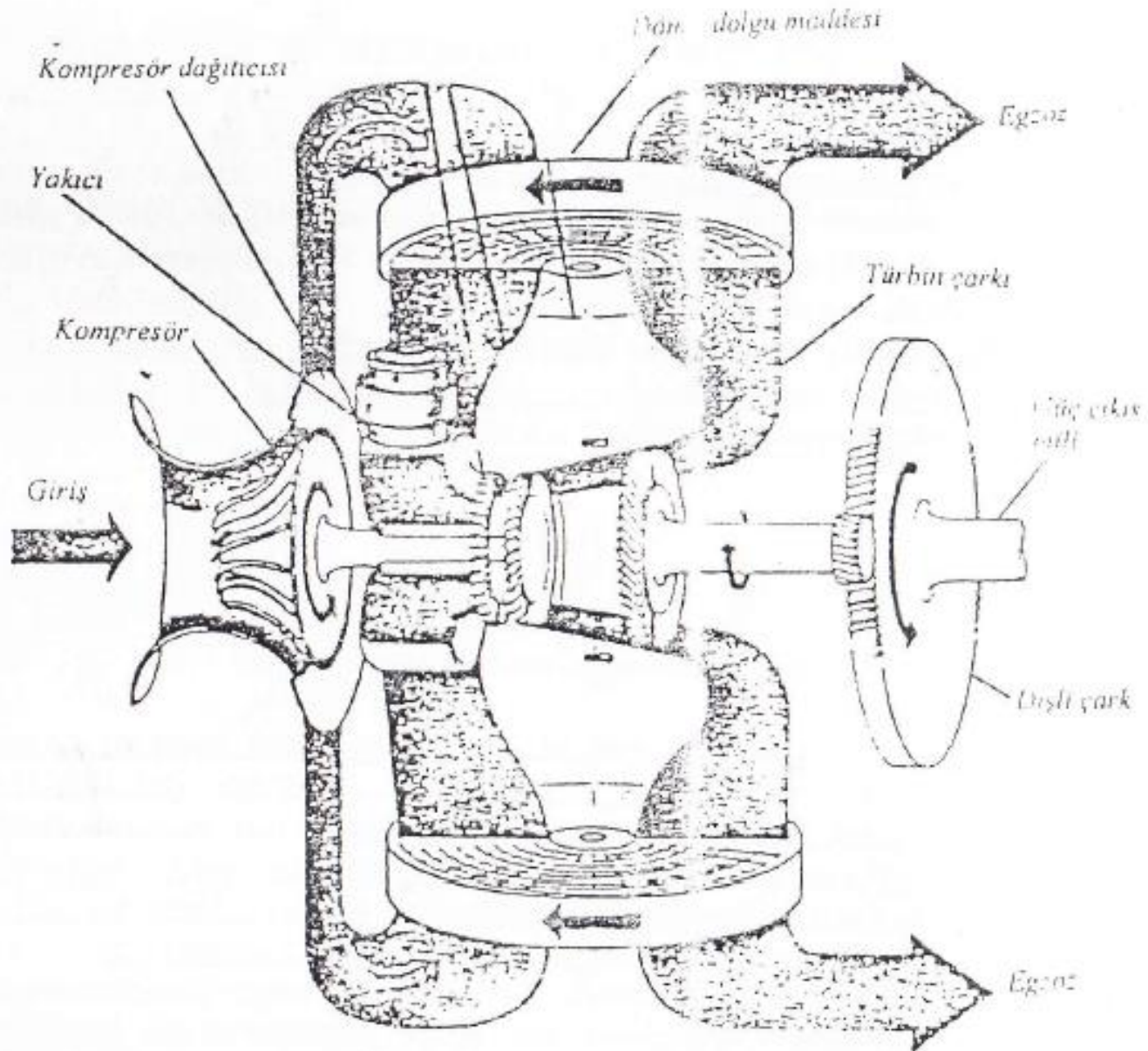
- Bunlar da disk ve silindir tipi olmak üzere iki grupta toplanabilir (Şekil 2.37).
- Bu tip rejeneratörler genellikle gaz türbinlerinde, buhar kazanlarında cam fabrikalarında yakma havasının sıcak duman gazlarıyla ısıtılmasında, iklimlendirme tesisatlarında enerji ekonomisi için çok kullanılır.
- Özellikle gaz türbinlerinde kullanıldığında, gaz türbininin etrafına sarıldığından, ses ve ısı yalıtımı açısından yardımcı olur.
- Gaz türbinlerinde kullanılan bir uygulama Şekil 2.38'de, buhar kazanlarında kullanılan ve çoğunlukla **ljungstromtipi** olarak adlandırılan bir uygulamanın prensip şeması Şekil 2.39'da, bunun perspektif görünüşü ise Şekil 2.40'da görülmektedir.



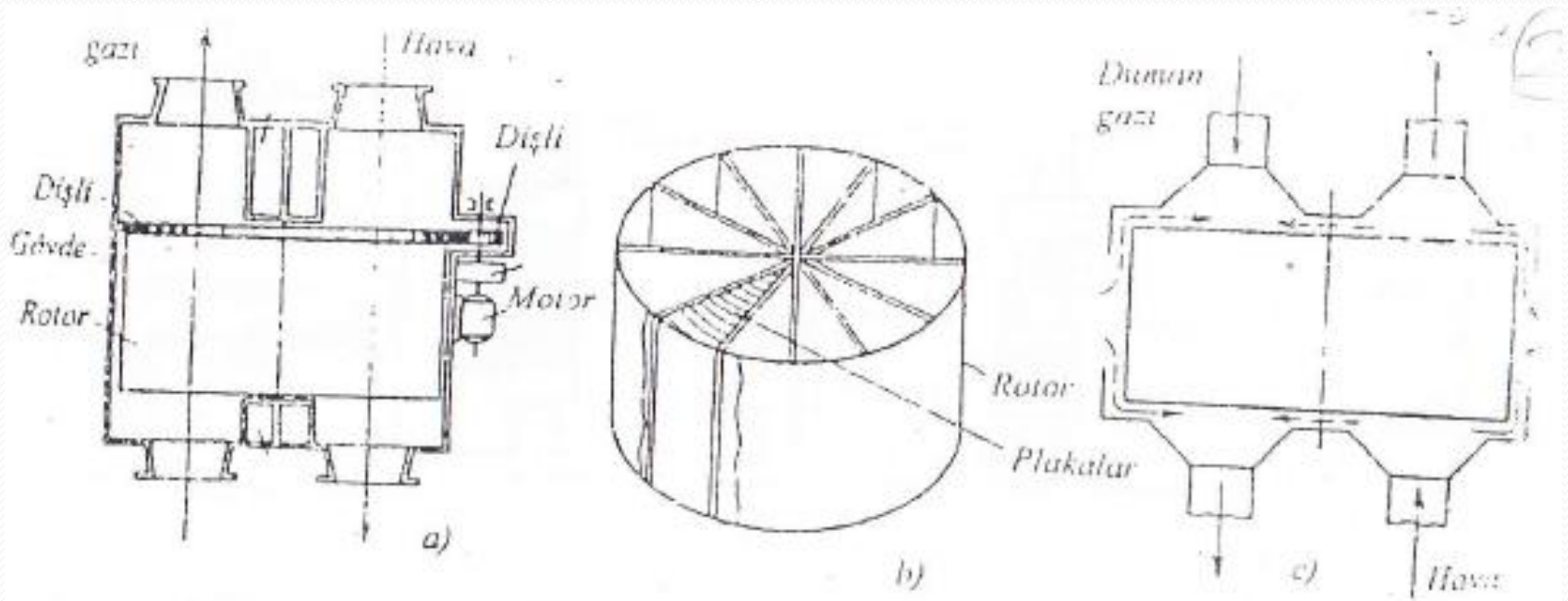
a)Disk tipi

b)Silindir tipi

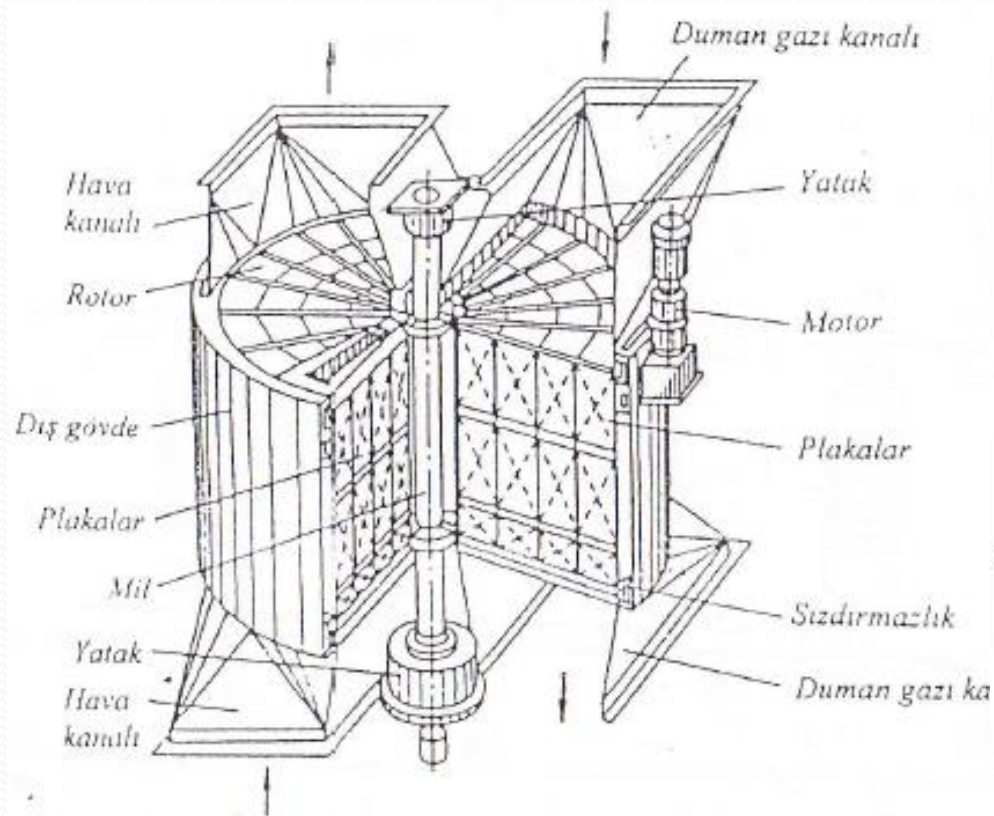
Şekil 2.37 Döner dolgu maddeli rejeneratörler[4]



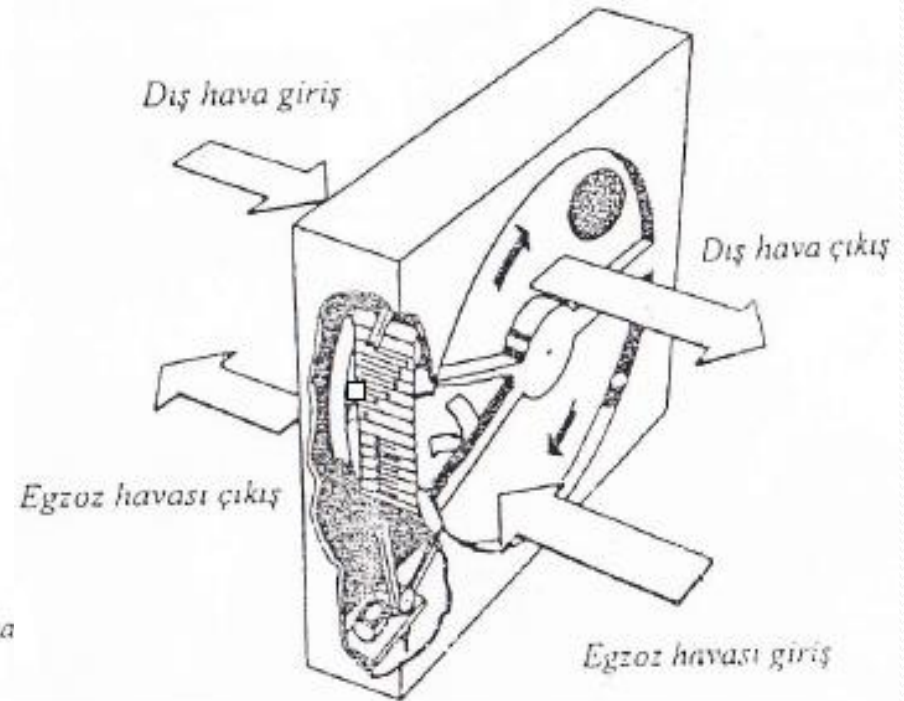
Şekil 2.38 Gaz türbinlerinde kullanılan dik tipi döner dolgu maddeli rejeneratör



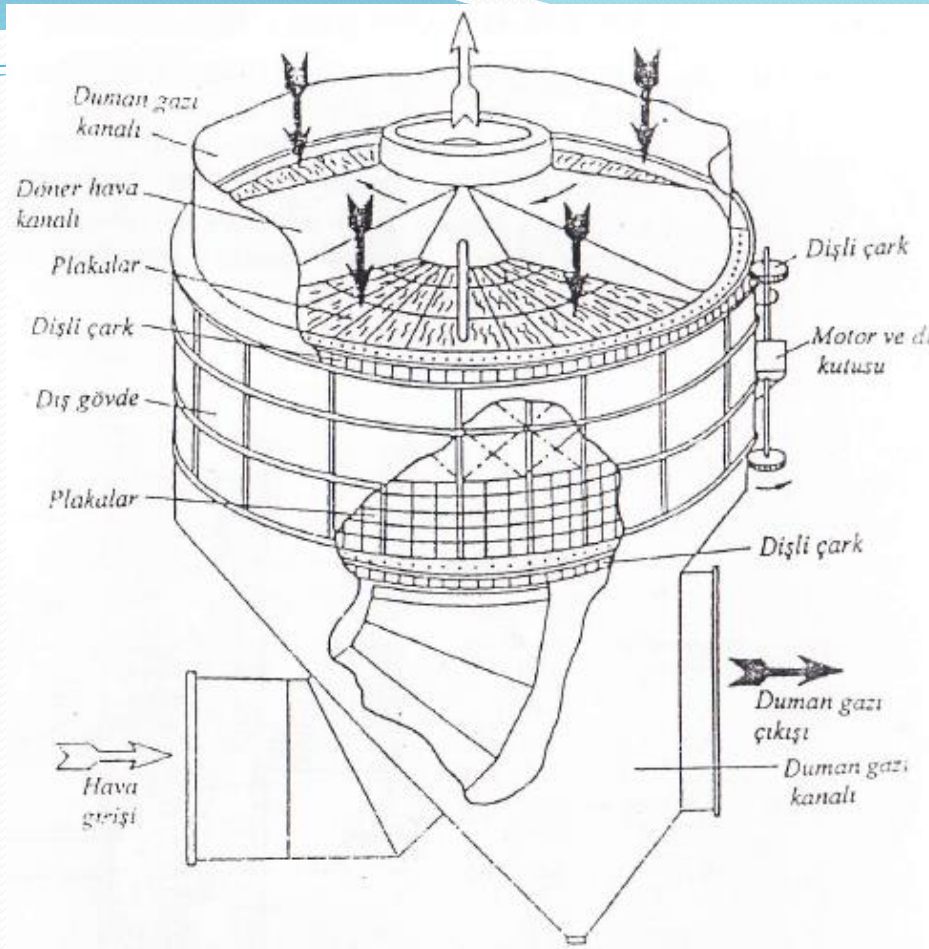
2.39 Ljungstrom tipi döner rejeneratif hava ısıtıcısı prensibi
[19]



Şekil 2.40 Ljungstrom tipi
rejeneratif hava ısıtıcısı [16]



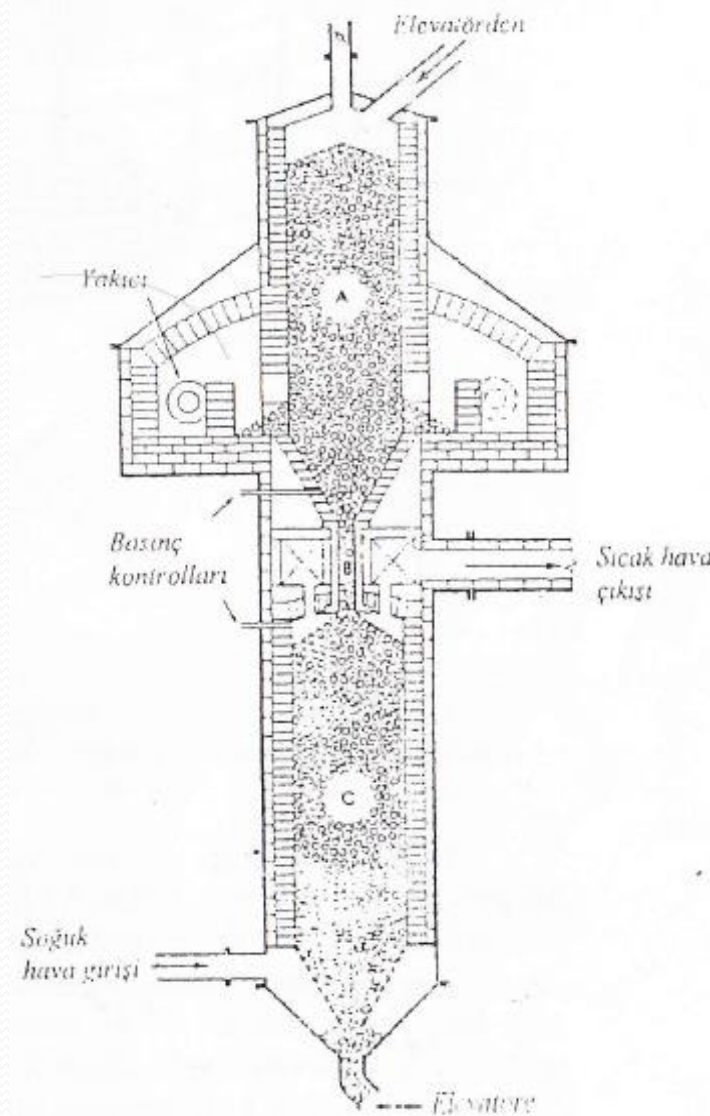
Şekil 2.42 İklimlendirme tesisatlarında
kullanılan ısı tekerleği[21]



Şekil 2.43 Isıtıcı plakaları sabit, gaz giriş, çıkış kanalları döner olan rejeneratif hava ısıtıcısı [16]

- Tipik konstrüksiyon değerleri olarak 1 m³ hacimde yaklaşık 150-200 kW ısı geçişi, alın hava hızları 2,5 ila 4 m/s, yük kaybı 100 ila 170 Pa, ortalama etkenlik %70 ila 80, maksimum hava debisi 32 m³/s, maksimum çap 2,3 m, döner dolgu maddelilerde dönme hızı 1,5 ila 4 d/d, ısıtıcı plakalara sabit giriş, çıkış kanalları döner olanlarda ise 0,75 ila 1,4 d/d olarak verilebilir. Korozyif ortamlarda çalışan döner rejeneratif ısı değiştiricilerin dolgu maddeleri seramik maddelerden yapılabilir.

2.4.3 Paket yataklı rejeneratörler



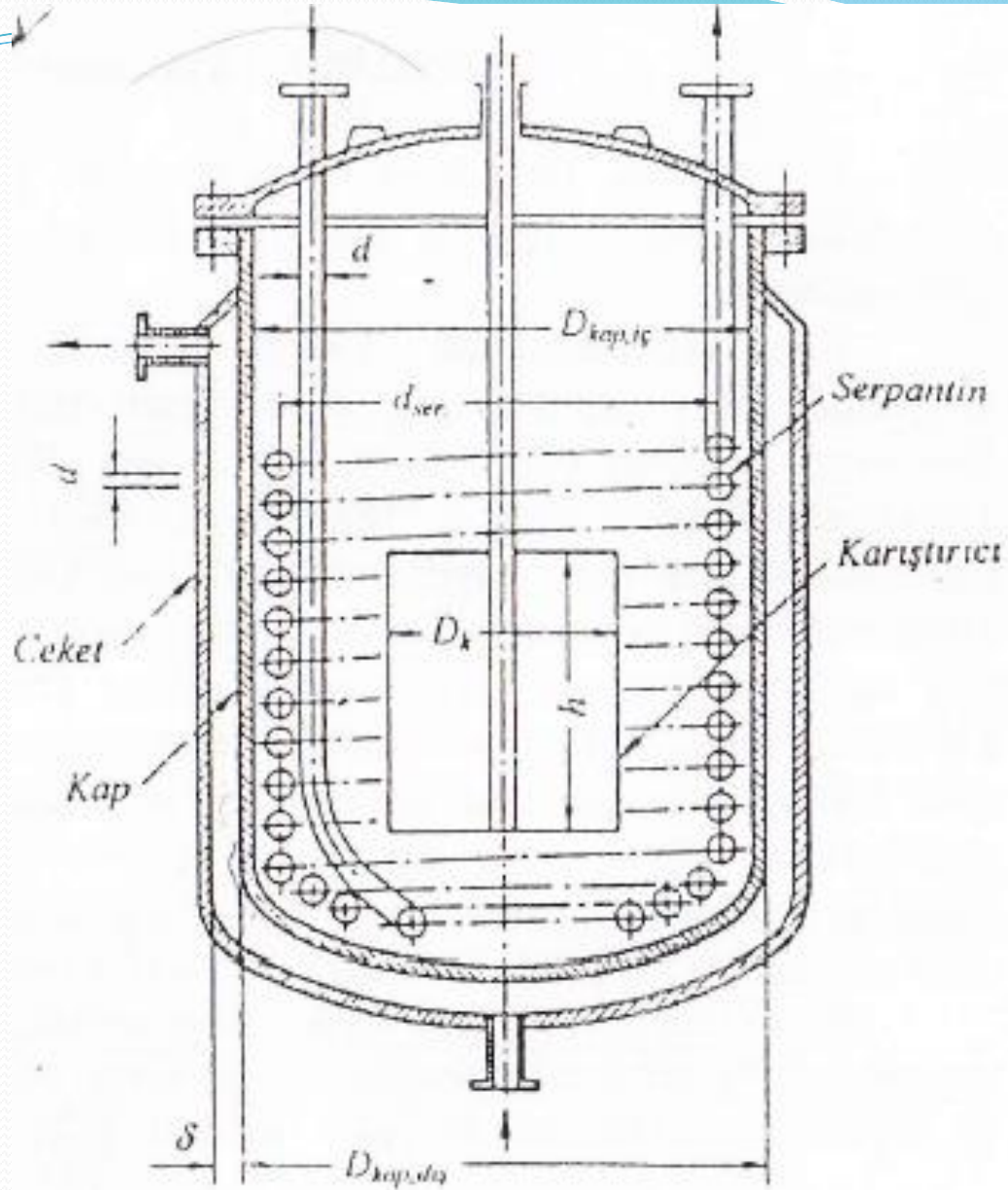
Şekil 2.44 Paket yataklı rejeneratör (Babcock and Wilcox Co.)

2.5 Karıştırılmalı Kaplarda Isı Değişimi

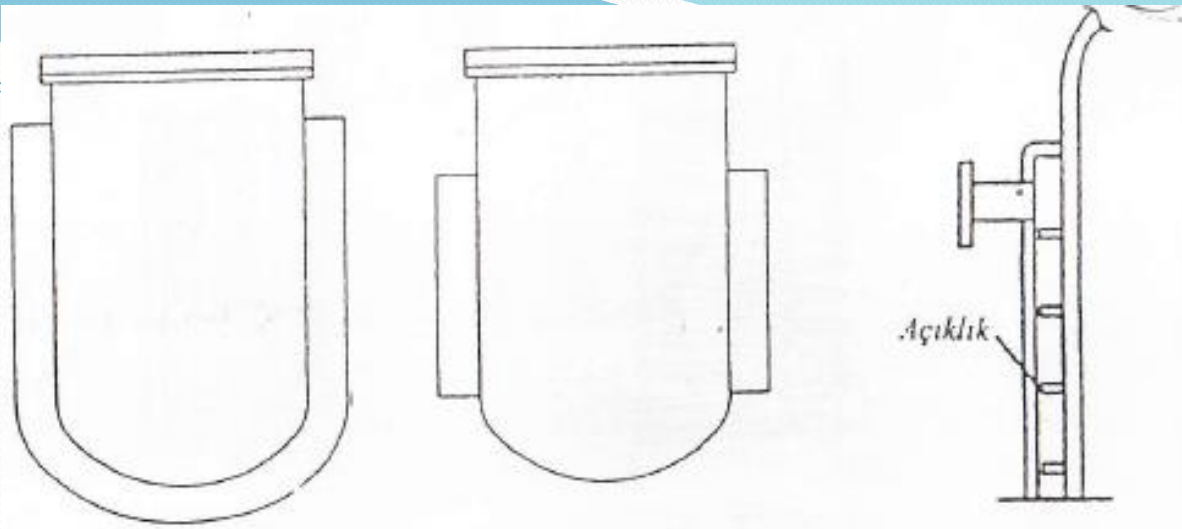
Karıştırılmalı kaplar, özellikle aralıklı çalışan ısıtma ve soğutma işlemlerinde çok kullanılan cihazlardır. Bu cihazlar genellikle;

- Sıvıların ısıtılması veya soğutulması,
- Eriyik veya karışımların, karıştırma ve sıcaklık dengelemesi,
- Sıvı karışımlarında ve süspansiyonlarda kütle geçişini artırmak ve reaksiyonları hızlandırmak,
- Fermantasyon işleminde, gazlar ile sıvıların ve süspansiyonların karışımı,
- Dispersiyon ve emülsiyon,
- Katı parçacıklarının süspansiyon,
- işlemleri için uygulanabilir.
-

Karıştırıcı kaplar içindeki akışkanlar, ya dış yüzeyinden ceket tipi ya da içine yerleştirilen serpantinler yardımıyla ısıtılabilir veya soğutulabilir. Ceket ve serpantin tipi ısıtıcı veya soğutucusu olan, düz kanatlı karıştırıcılı bir kabın kesiti Şekil 2.45'de verilmiştir.



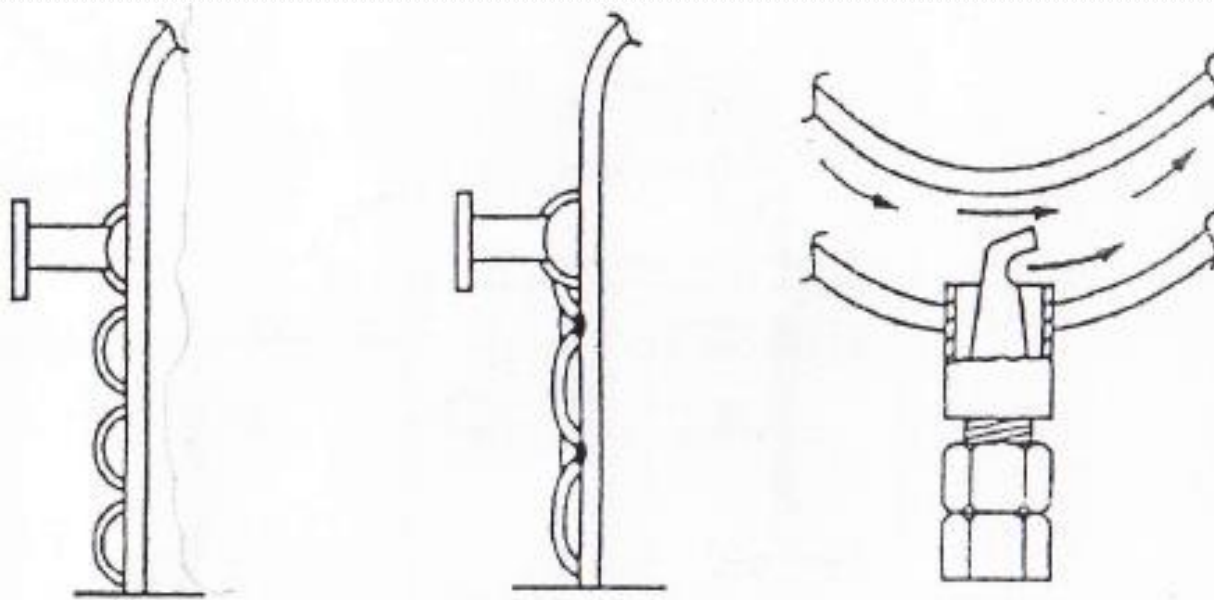
Şekil 2.45 Ceketli, serpantinli ve düz kanatlı karıştırıcılı kap



a) Bütün ceket

b) Kısmi ceket

c) Ayırıcı levhalı ceket

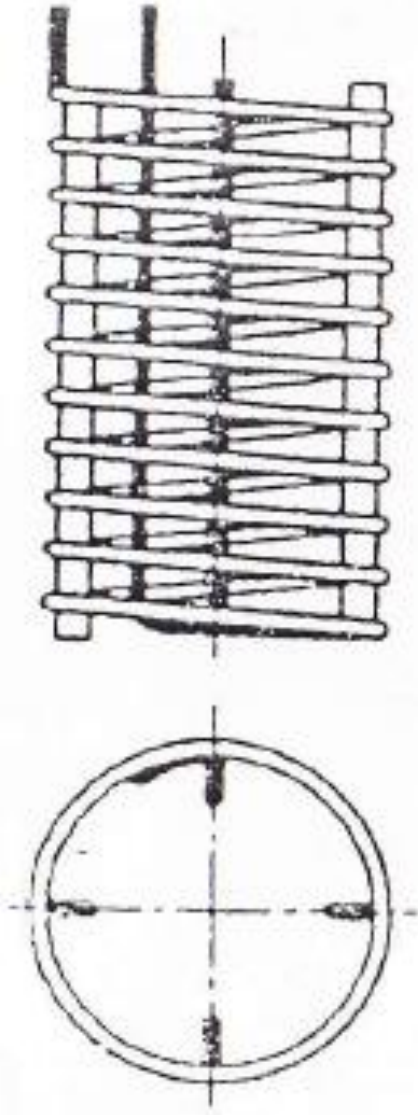


d) Yarım borulu ceket

e) Bombeli ceket

f) Lüle tipli ceket

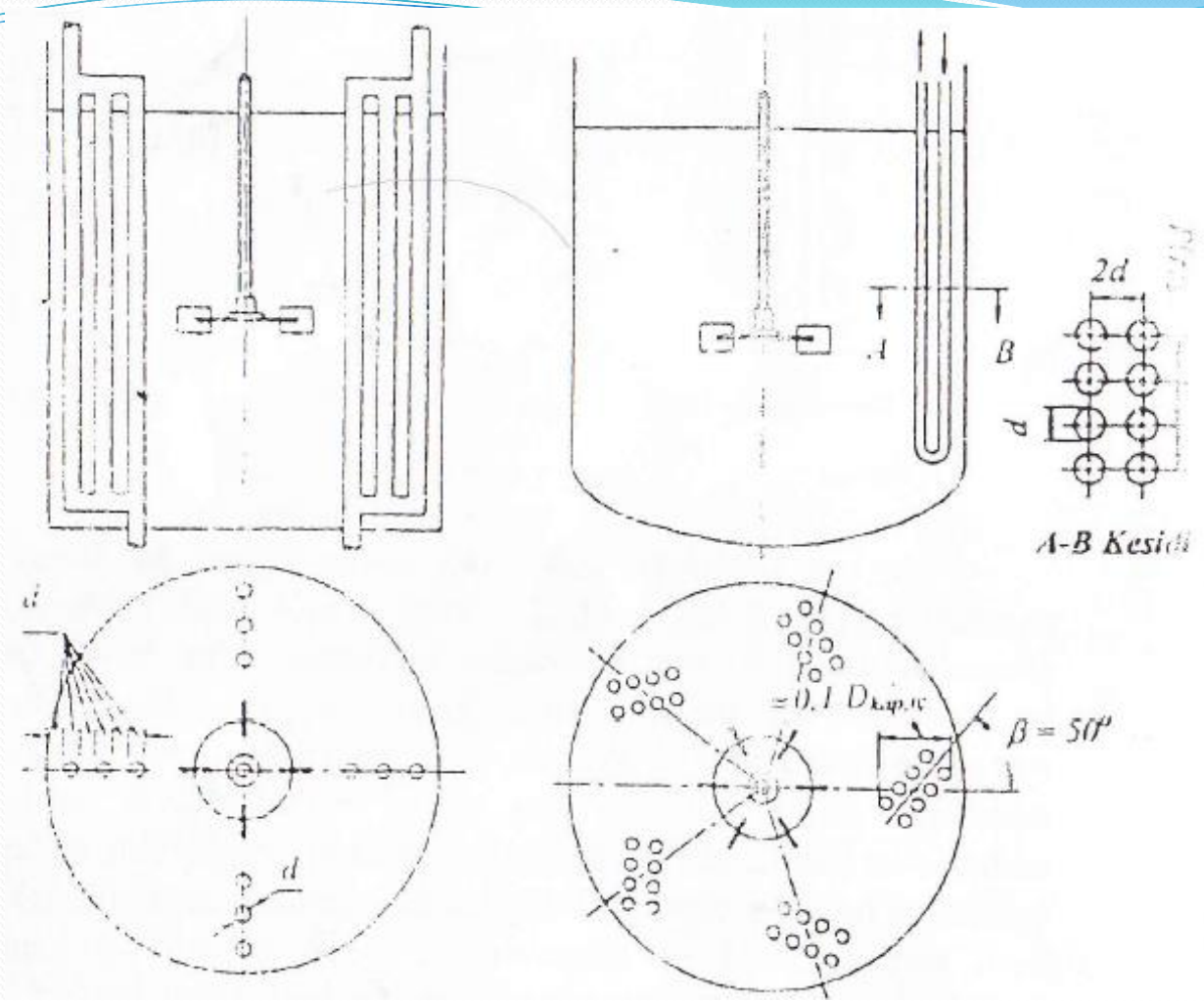
Şekil 2.46 Ceket tipi kaplar



a)Spiral boru



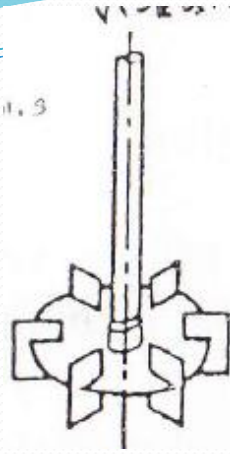
b)Büklüm tipi



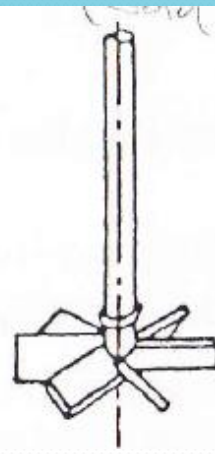
c) Borulu perde

d) Eğik borulu perde

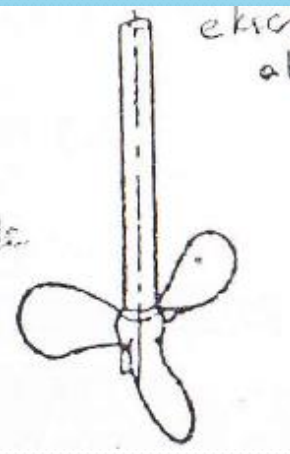
Şekil 2.47 Kap içine yerleştirilen ısıtıcı elemanlar



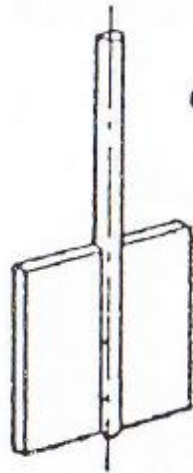
a) Disk



b) Eğimli kanat



c) Pervane



d) Düz kanatlı

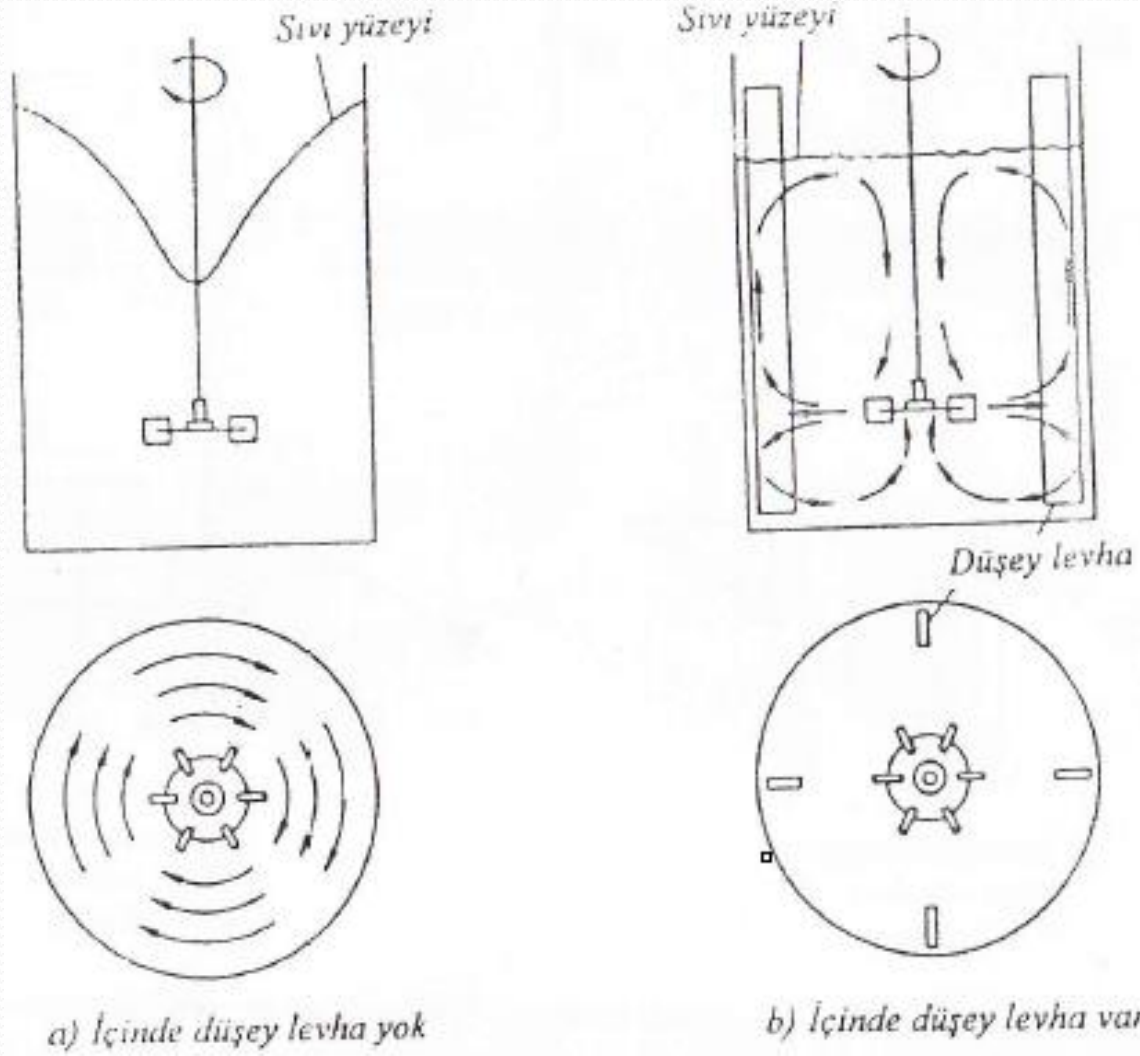


e) Çapa

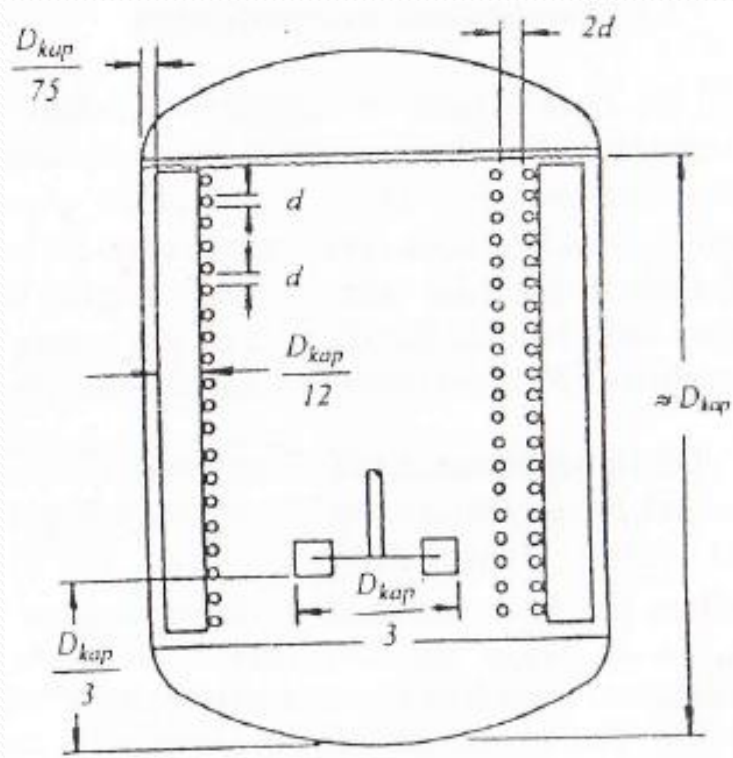


f) Helisel

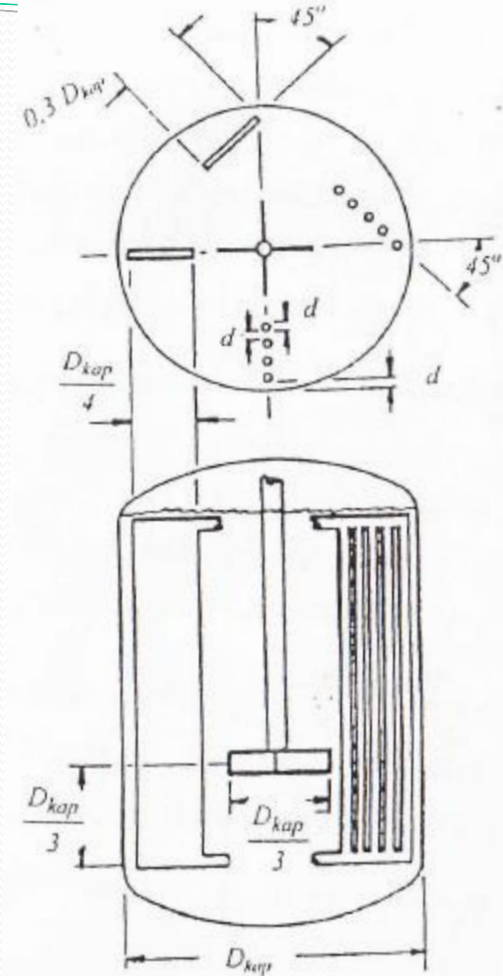
Şekil 2.48 Klasik karıştırıcı tipleri.



Şek 2.49 İçinde düşey levhalar bulunan ve bulunmayan karıştırmalı ısıtıcı karıştırıcı kaplardaki akış modelleri



Şekil 2.50 Cidarında düşey levhalar bulunan helisel serpantinli kap geometrik boyutları



$$d = \frac{D_{kap}}{30}$$

Şekil 2.51 Düşey boru ve levha serpantinleri bulunan kap geometrik ölçüleri



BÖLÜM 3

ISI DEĞİŞTİRİCİLERİNDE

AKIŞ DÜZENLEMELERİ

- Isı değiştiricilerini sınıflandırmada en önemli özelliklerden biriside, içerisinde geçen akışkanların akış şekillerine göre yapılan sınıflandırmadır.
- Akışkanlardan birisinin diğerine göre geçiş sayısı dikkate alınarak bir sınıflandırma yapılırsa;

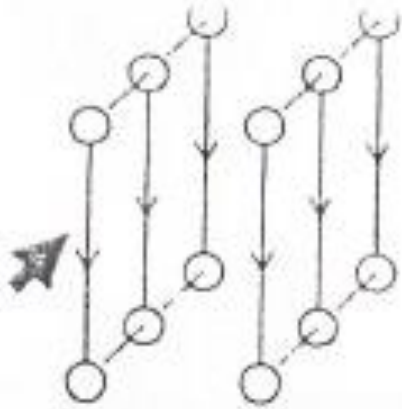
1. Tek geçişli ısı değiştiriciler
2. Çok geçişli ısı değiştiriciler

- Akışkanların akış özelliklerine göre sınıflandırma yapılırsa;

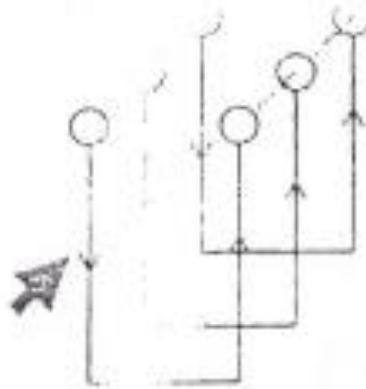
1. Aynı yönlü paralel akım hali
2. Ters (zıt) yönlü paralel akım hali
3. Çapraz akım hali olmak üzere üç grupta incelenebilir.

3.1. Tek geçişli ısı değiştiriciler

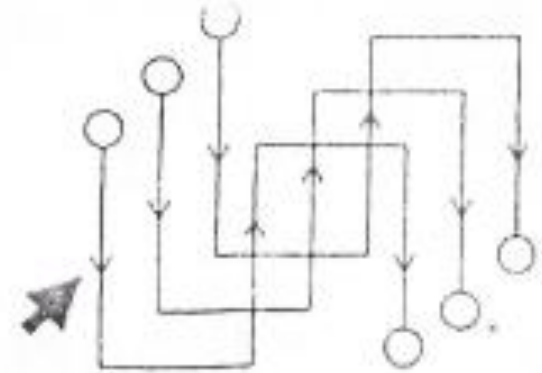
- Isı değiştiricisi içerisinden akan akışkanların ısı değiştirici içerisinde bir birleriyle sadece bir kez karşılaştığı ısı değiştiricilerdir.
- Aynı yönlü (paralel), ters ve çapraz akımlı olmak üzere üç grupta incelenebilir.



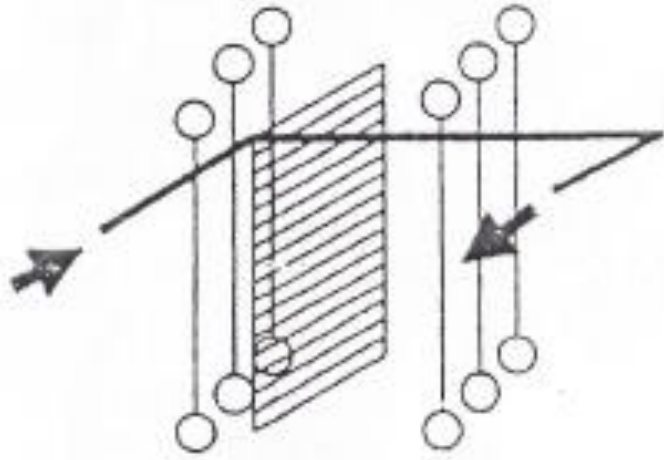
d) Birinci akışkan : 1
İkinci akışkan : 1
(1 – 1 Geçiş)



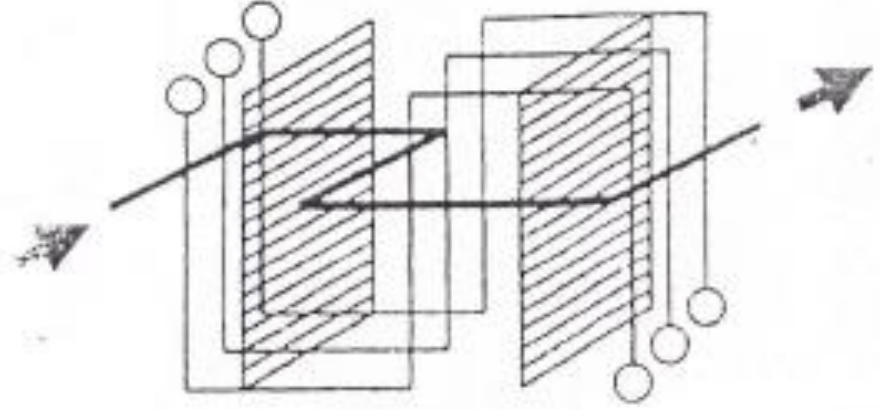
e) Birinci akışkan : 2
İkinci akışkan : 1
(2 – 1 Geçiş)



f) Birinci akışkan : 3
İkinci akışkan : 1
(3 – 1 Geçiş)



g) Birinci akışkan : 1
İkinci akışkan : 2
(1 - 2 Geçiş)

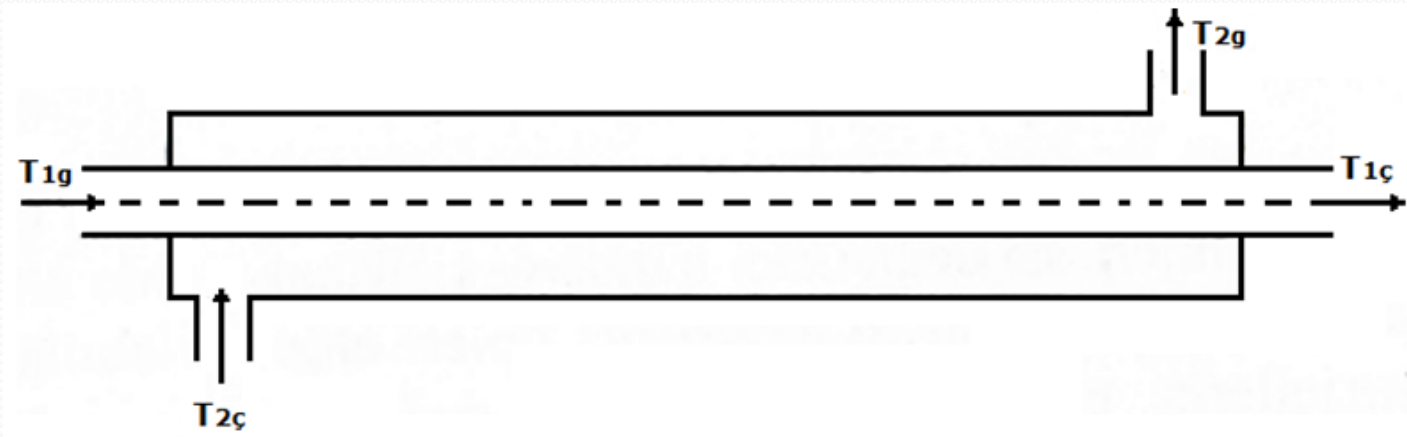


h) Birinci akışkan : 3
İkinci akışkan : 3
(3 - 3 Geçiş)

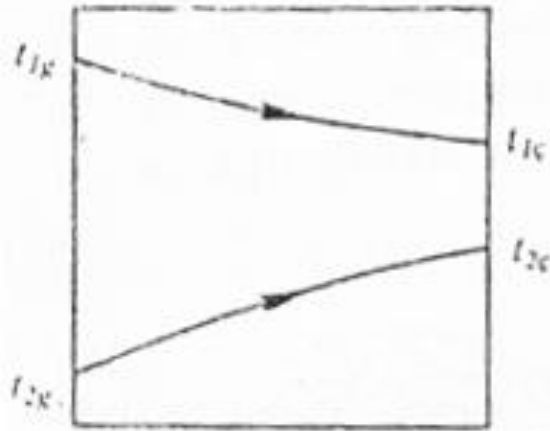
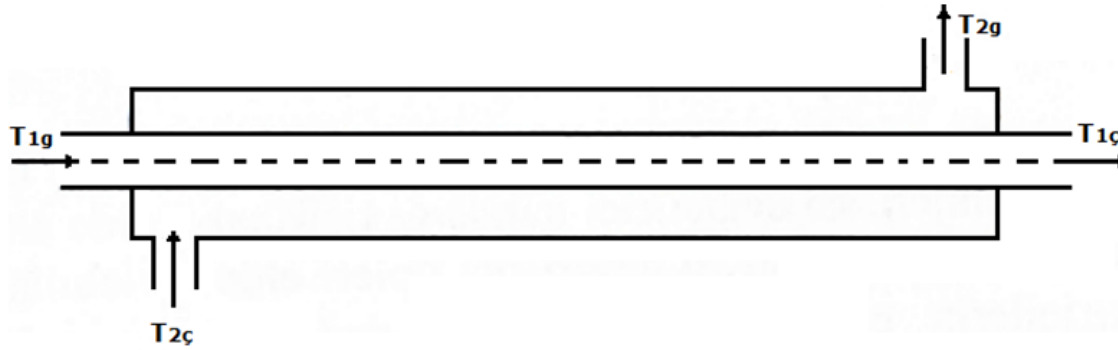
Şekil 3.1. Tek ve çok geçişli ısı değiştiricilerine ait örnekler

3.1.1 Paralel akımlı ısı değiştiricileri

- Bu düzenlemede ısı değiştirici içindeki iki akışkan değiştiricinin aynı uundan girip, birbirlerine paralel olarak akarlar ve değiştiricinin diğer uundan çıkarlar.
- Bu tipte küçük çaplı bir boru ile bunun dışında aynı desenli ikinci bir boru vardır.
- Birinci akışkan küçük çaplı boru içinden akarken, ikinci akışkan iki boru arasındaki daireSEL halkadan akar.
- Pratikte ite küçük çaplı çok sayıda boru, dışta ise bu boruları içine alabilen gövde adı verilen büyük çaplı bir silindir kullanılabilir.

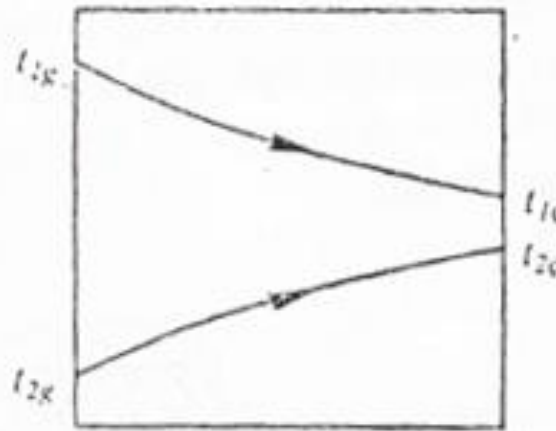


- Bu tip düzenlemelerde ısı değıştirici boyunca akışkan sıcaklığının değışimi tek boyutludur,
- $c(J/kg^{\circ}C)$ akışkanın özgül ısısı, $\dot{m}$ (kg/s) akışkanın kütleel debisi olmak üzere,
- $C = c \cdot \dot{m} (W/^{\circ}C)$ şeklinde tanımlanan, akışkanlara ait ısıl kapasitelerin birbirlerine göre büyük, küçük veya eşit olması,
- ya da akışın tek fazlı veya buharlaşma, yoğuşma gibi iki fazlı olmasına göre, değıştirici boyunca akışkanlarda değışik sıcaklık dağılımları elde edilir.



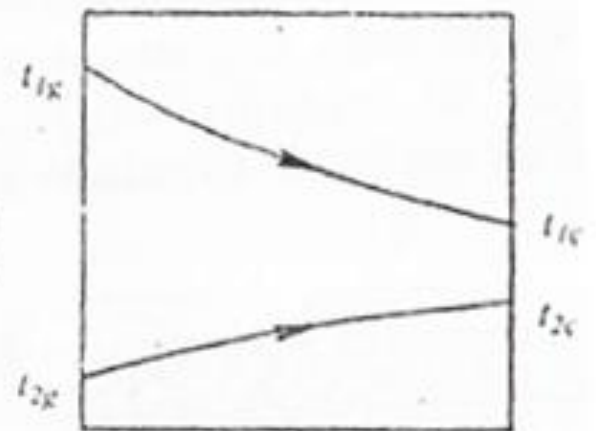
Akış uzunluğu →

$$C_1 > C_2$$



Akış uzunluğu →

$$C_1 = C_2$$

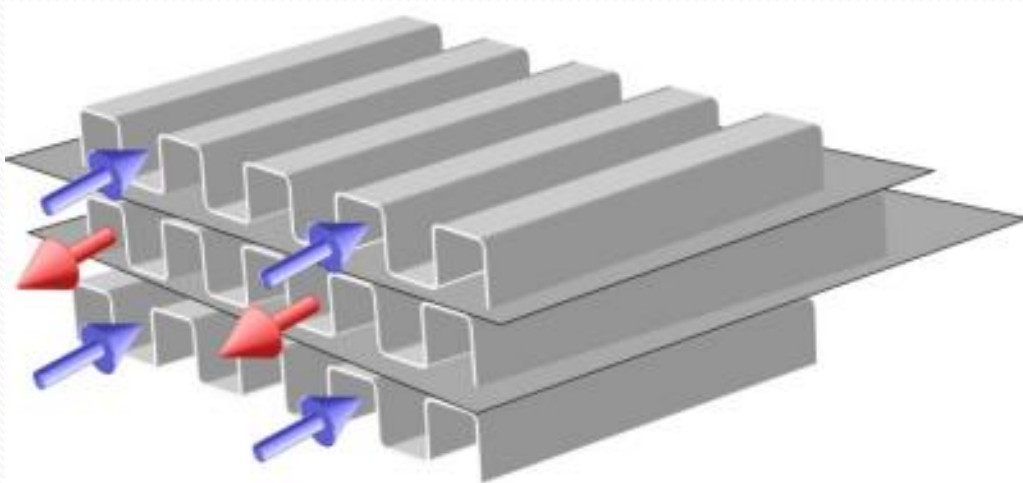
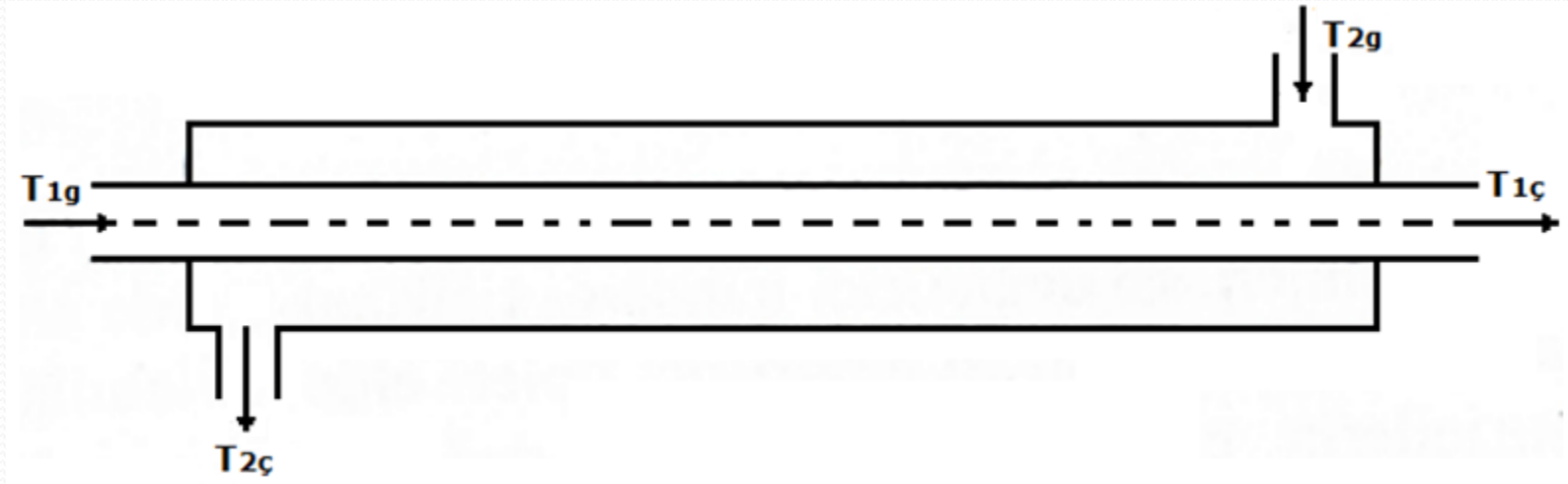


Akış uzunluğu →

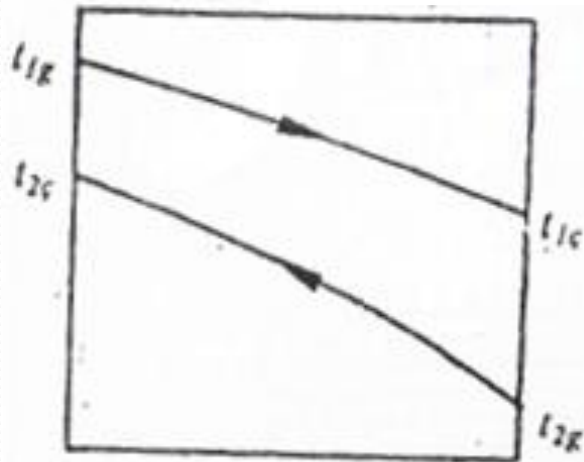
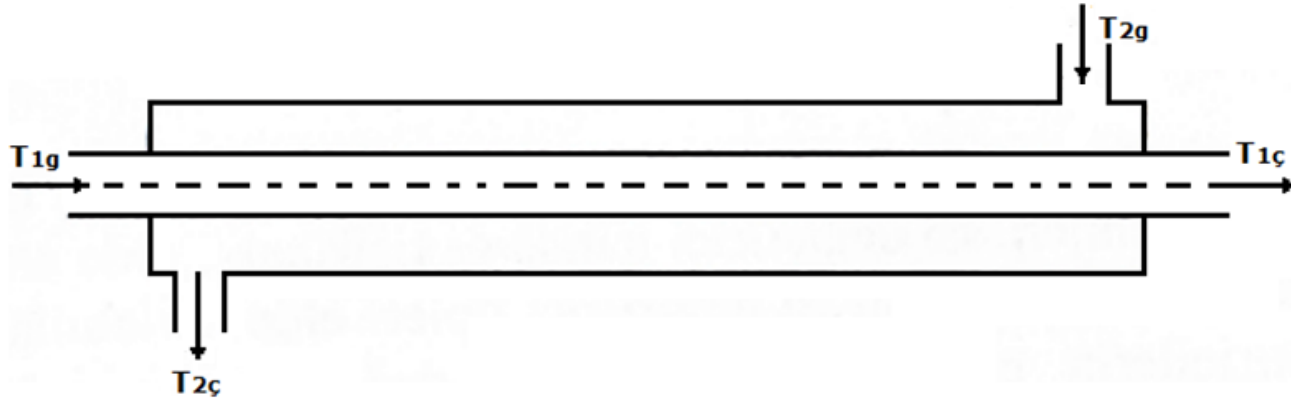
$$C_1 < C_2$$

3.1.2 Ters akımlı ısı değiştiricileri

- Bu tipte akışkanlar ısı değiştirici içinde birbirlerine göre eksenel olarak paralel, fakat ters olarak akarlar.

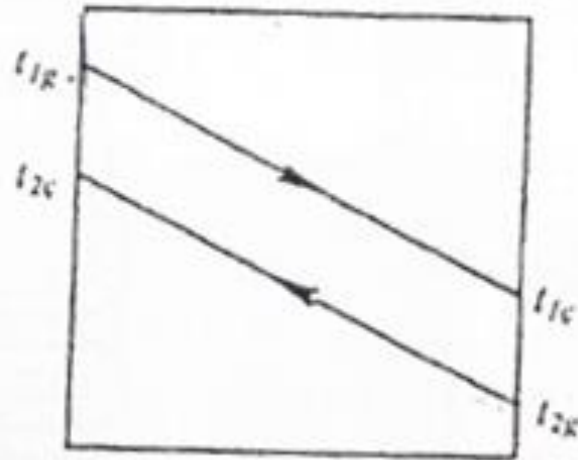


- Ters akımlı ısı değıştirci düzenlemesinde, değıştircideki ortalama logaritmik sıcaklık farkı ve etkenlik, diğerk bütün akış düzenlemelerine göre daha büyüktür.
- Bu üstünlüğünden dolayı, bu tip ısı değıştircileri pratikte genellikle tercih edilir.
- Akışkanların ısıl kapasitelerine ve faz durumlarına göre, ısı değıştirci boyunca sıcaklıklarındaki değışimleri;



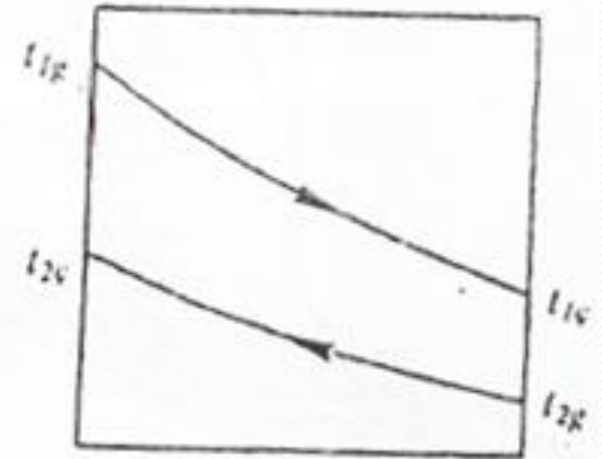
Akış uzunluğu →

$$C_1 > C_2$$



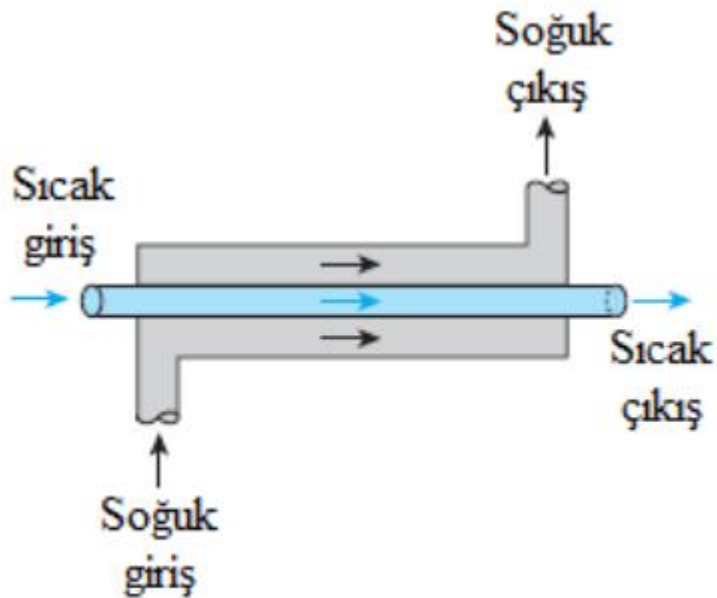
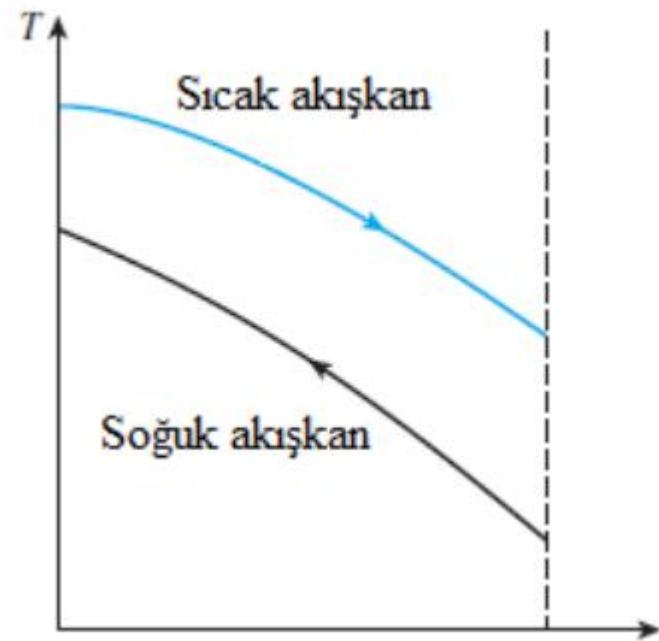
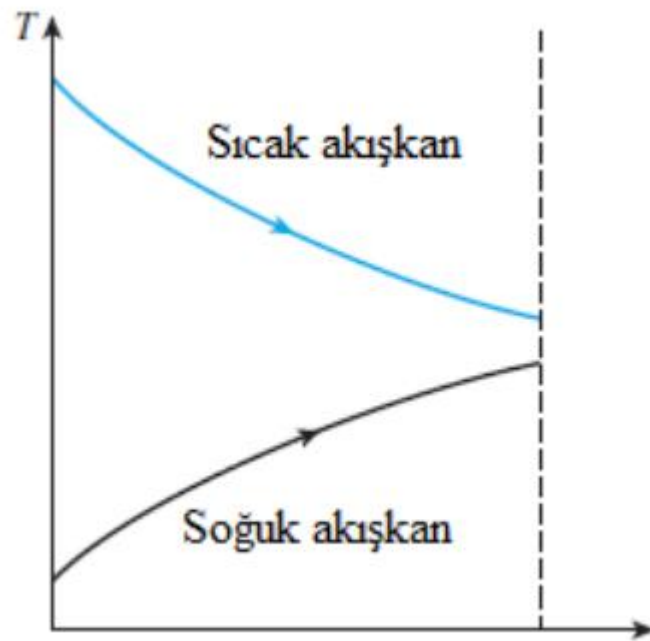
Akış uzunluğu →

$$C_1 = C_2$$

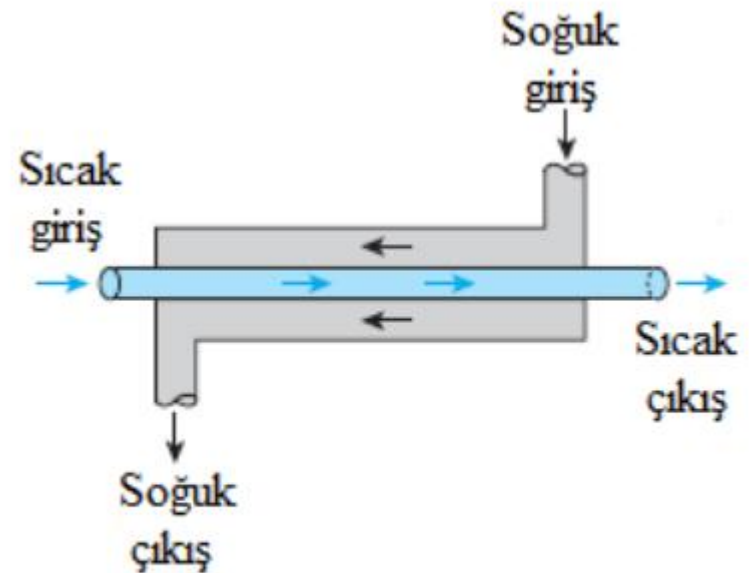


Akış uzunluğu →

$$C_1 < C_2$$



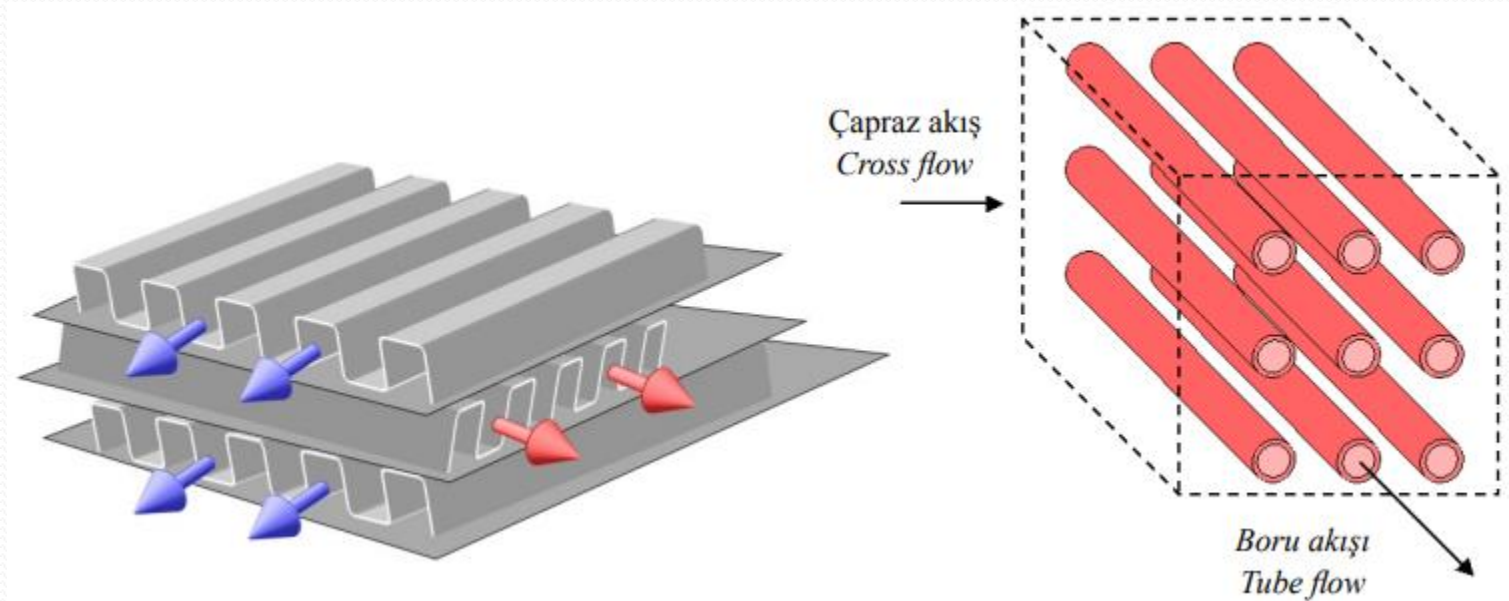
(a) Paralel akış

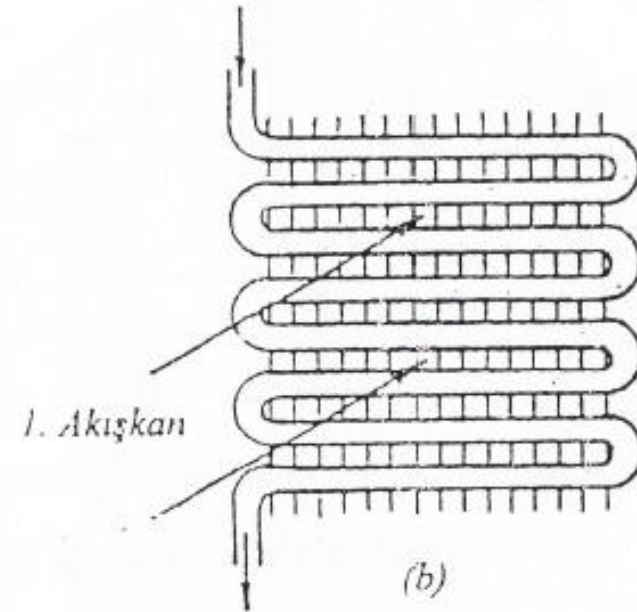
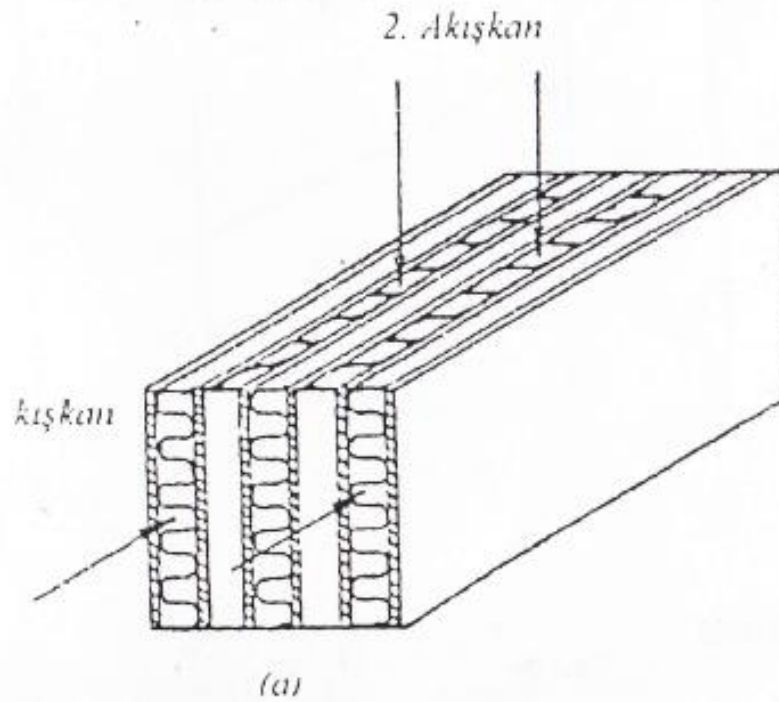
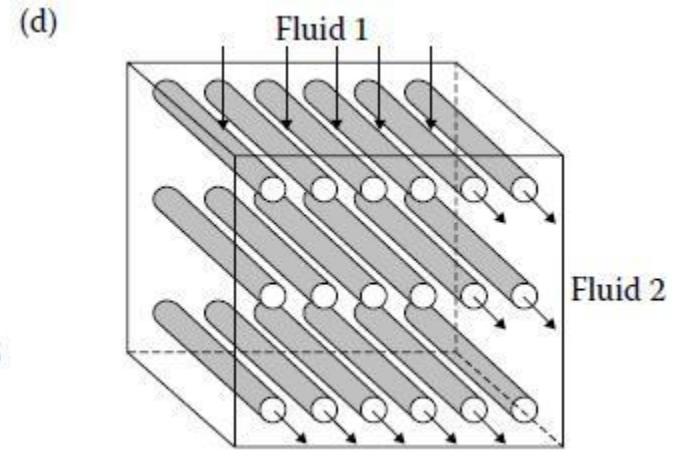
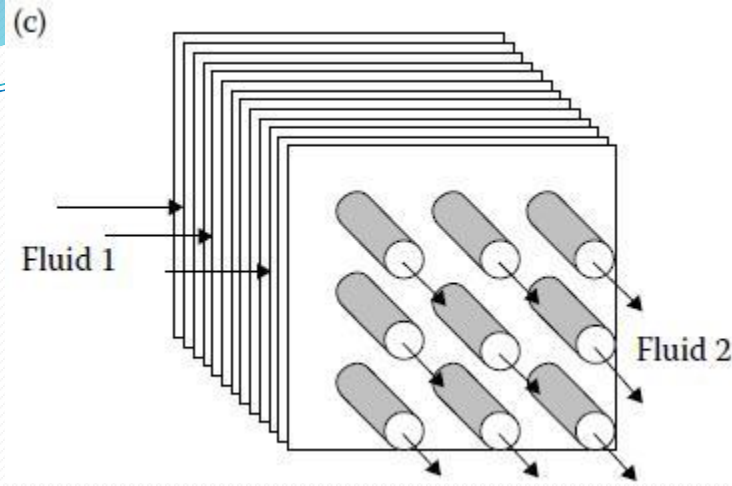


(b) Karşıt (ters) akış

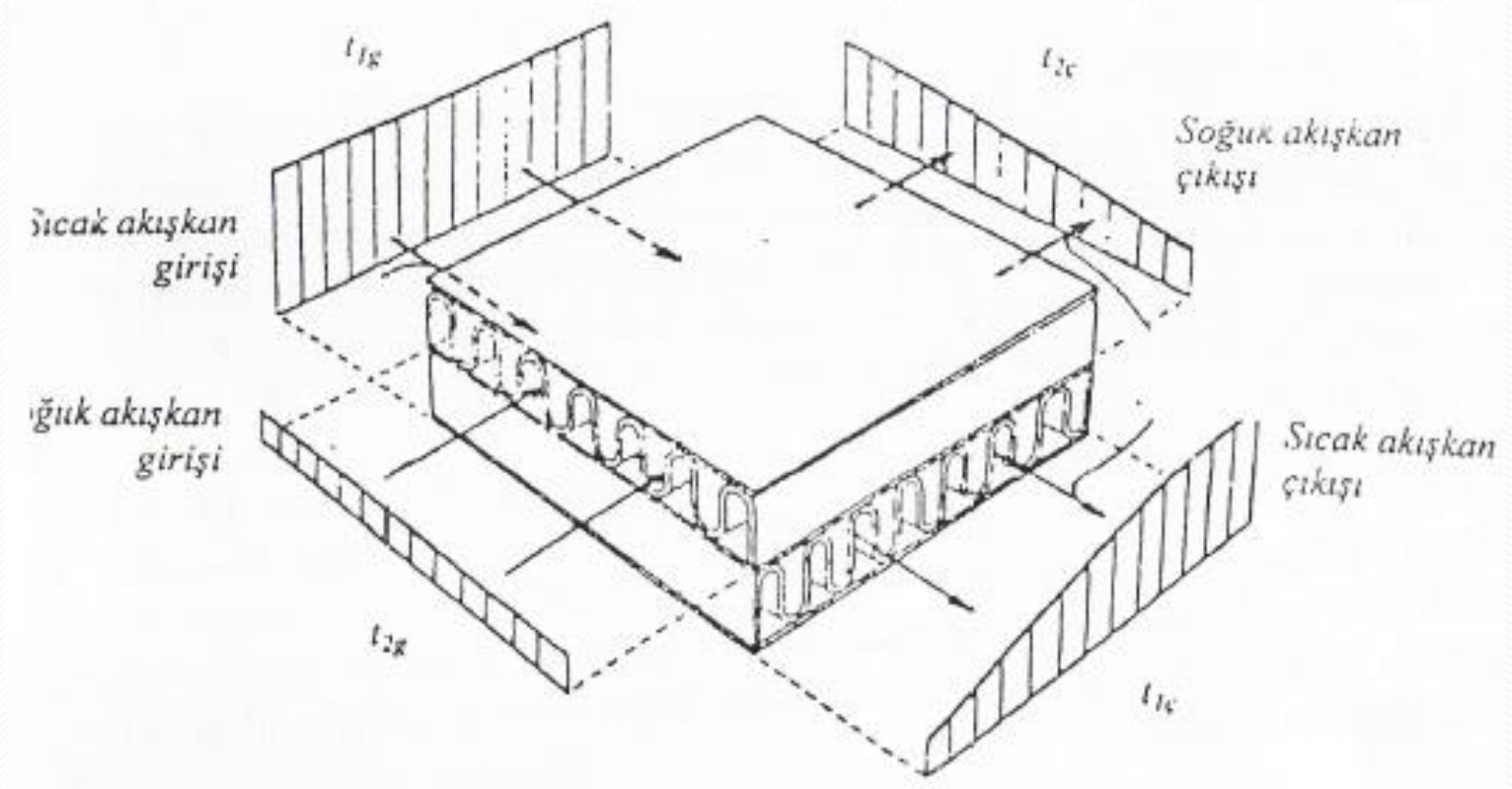
3.1.3 Çapraz akımlı ısı değiştiricileri

- Bu düzenlemede ısı değiştirici içindeki akışkanlar birbirlerine göre dik olarak akarlar.
- Yapılan konstrüksiyona göre, kanatlar veya şaşırtma levhaları yardımıyla, akışkanlar değiştirici içinde ilerlerken kendi kendisi ile karışabilir veya karışmayabilir.
- Akışkan değiştirici içinde bireysel kanallar(veya borular) içinde akıyorsa ve bitişik kanal içindeki akışkan ile karışmıyorsa, bu akışkana karışmayan adı verilir.
- Tersi duruma ise karışan akışkan adı verilir.





Şekil 3.4 (a) Akışkanların ikisinin de karışmadığı levha tipi ısı değiştirici, (b) Akışkanlardan birinin karışıp diğerinin karışmadığı kanatlı boru tipi ısı değiştirici [1].



Şekil 3.5 Akışkanların ikisinin de karışmadığı çapraz akımlı ısı değiştiricisinde giriş ve çıkıştaki sıcaklık dağılımları.

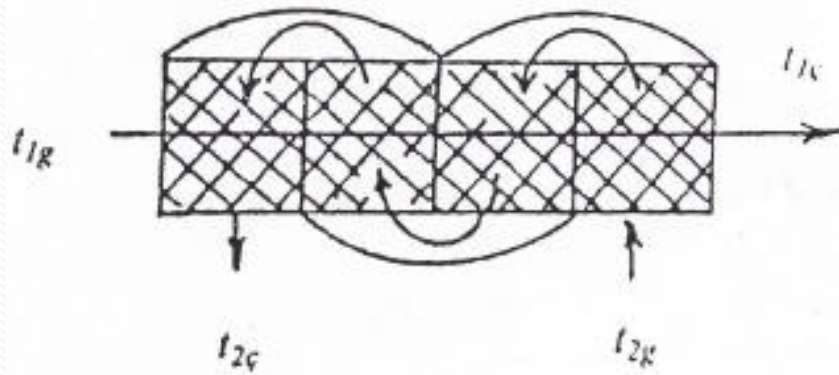
- Akış şekline göre değiştiricilerindeki ortalama logaritmik sıcaklık farkı ve ısı değiştirici etkenliği,
- Çapraz akımlı ısı değiştiricilerinde; paralel akımlılardan daha iyi, ters akımlılardan kötüdür.
- İmalat kolaylığı nedeniyle pratikte kompakt ısı değiştiricilerinin büyük çoğunluğu çapraz akımlı olarak yapılır.

3.2. Çok geçişli ısı değiştiriciler

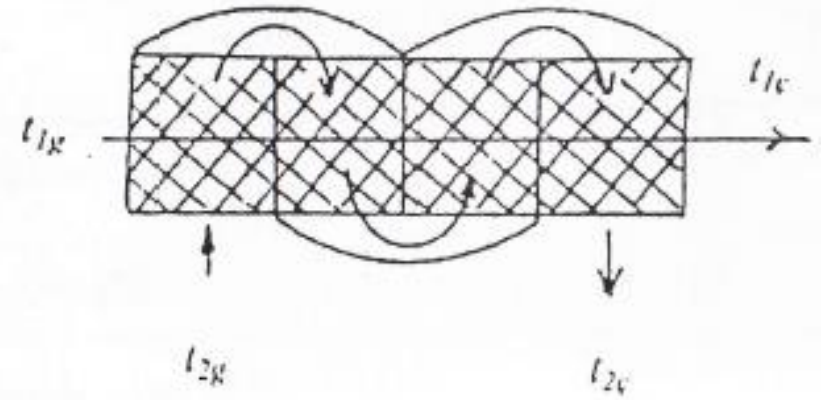
- Bundan nceki kısımda incelenen tek geçiş halindeki paralel, ters ve çapraz  esas geçiş işlemleri, ısı değiştirici içinde değişik şekillerde art arda seri halde düzenlenerek, çok geçişli ısı değiştirici tipleri elde edilebilir.
- Çok geçişli ısı değiştiricilerin en büyük üstünlüğü, değiştiricinin ortalama logaritmik sıcaklık farkını ve etkenliğini artırarak, bu değerleri tek geçişli ters akımlı düzenlemeye yaklaştırmasıdır.
- Isı değiştiricilerinde geçiş sayısı ne kadar fazla ise, ters akımlı düzenlemeye yaklaşım o kadar iyidir.
- Çok geçişli ısı değiştiricileri, kanatlı yüzeyli, gövde borulu ve levhalı tiplerde değişik şekillerde uygulama alanı bulur.

3.2.1 Çapraz-ters ve çapraz-paralel akımlı düzenlemeler

- Bu düzenlemeler genellikle kanatlı yüzeyli ısı değiştiricilerinde tercih edilir iki veya daha fazla sayıda çapraz geçiş arka, arkaya ters veya paralel akımlı olarak seri halde bağlanır.
- Isı değiştirici etkenliği ve ortalama logaritmik sıcaklık farkı, geçiş sayısına ve her bir geçişteki akışkanların karışıp, karışmadığına bağlıdır.
- Her iki durumda da geçiş sayısı artırıldıkça sistemin etkenliği, tek geçişli ters veya paralel akımlı düzenlenmelere yaklaşılabılır.



(a)



(b)

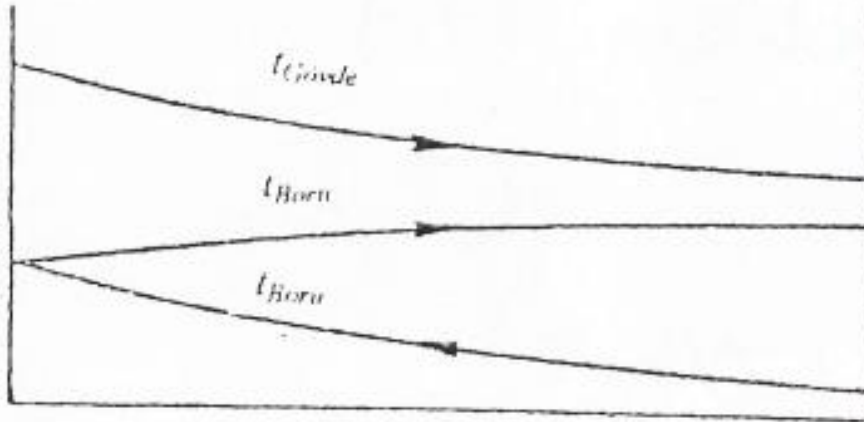
- (a) Çok geçişli çapraz-ters akımlı düzenleme,
 (b) Çok geçişli çapraz-paralel akımlı düzenleme.

3.2.2 Çok geçişli gövde borulu ısı değiştiricileri

- Gövde akışkanının karıştırıldığı, paralel-ters, bölünmüş akımlı, ayırık akımlı düzenlemeler pratikte en çok kullanılan tiplerdir.

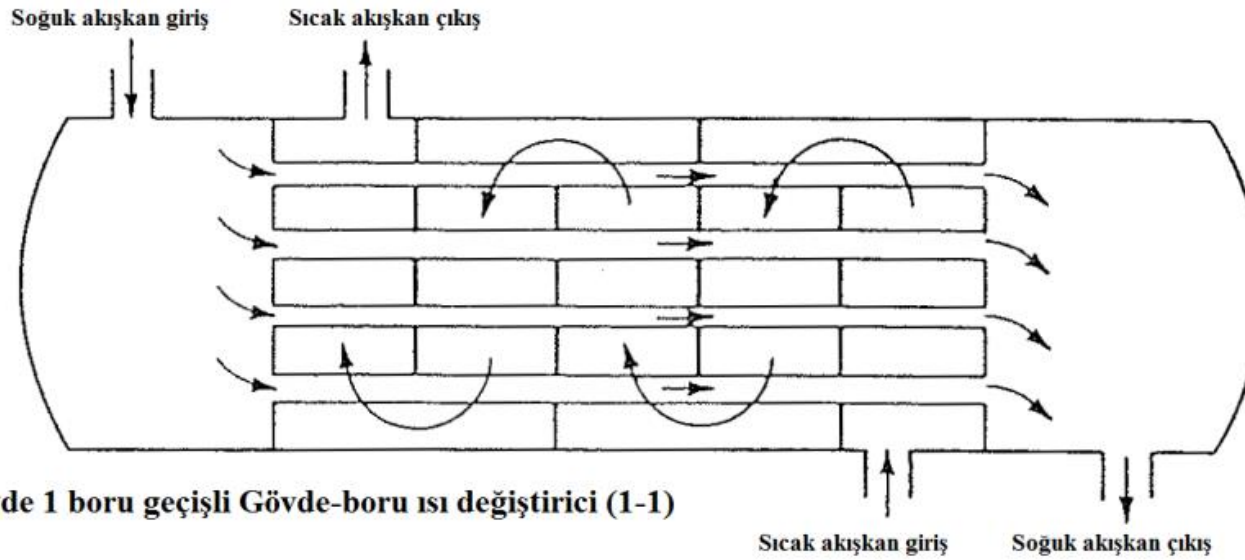


Şematik görünüş

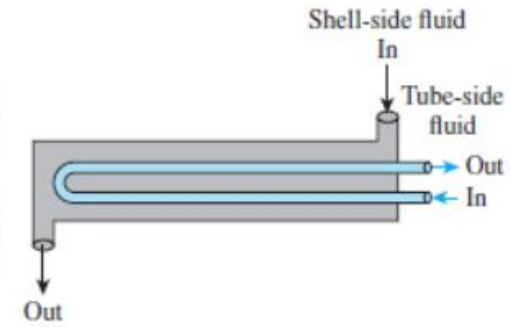


Sıcaklık dağılımı

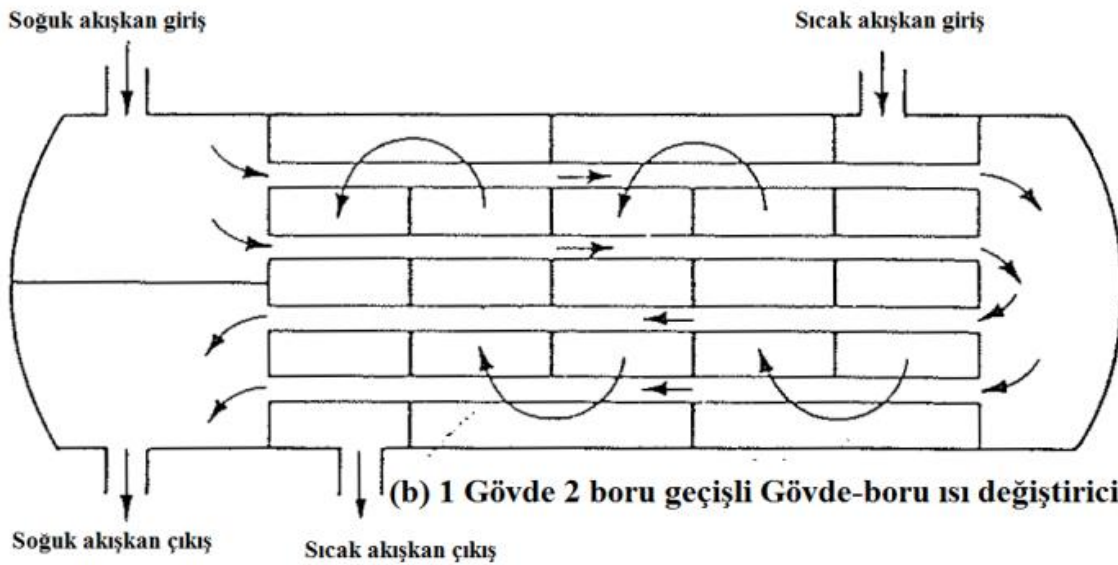
a) 1 gövde, 2 boru geçiş



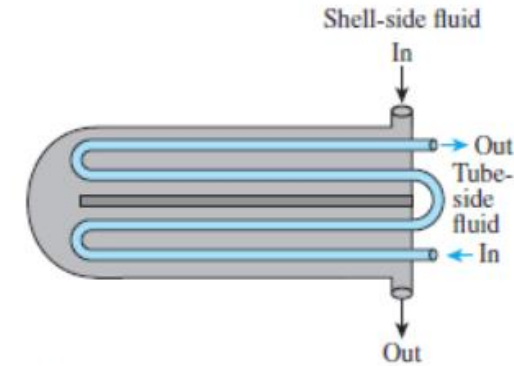
(a) 1 Gövde 1 boru geçişli Gövde-boru ısı değıştirici (1-1)



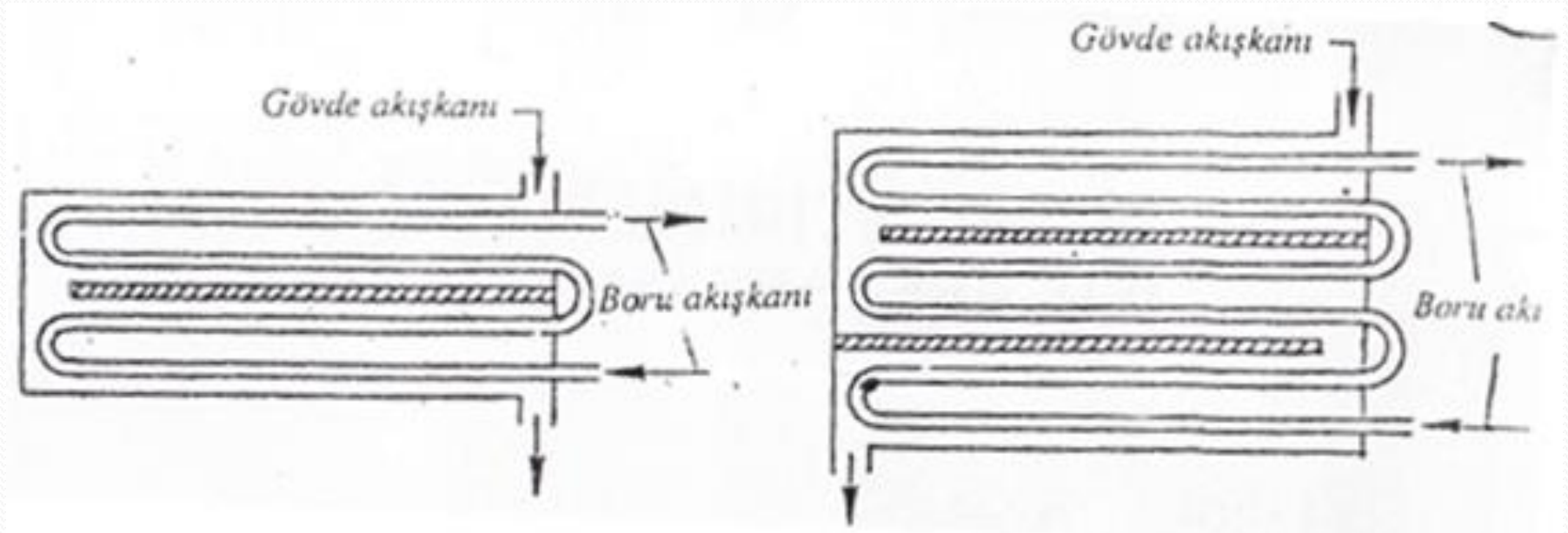
(a) One-shell pass and two-tube passes



(b) 1 Gövde 2 boru geçişli Gövde-boru ısı değıştirici (1-2)



(b) Two-shell passes and four-tube passes



b) 2Gövde, 4 boru geçiş c) 3 Gövde, 6 boru geçiş

