



---

# ADSORBSİYONLU SOĞUTMA

---

KLİMA TESİSATI



# Adsorbsiyonlu ve Absorbsiyonlu Soğutma Sistemi

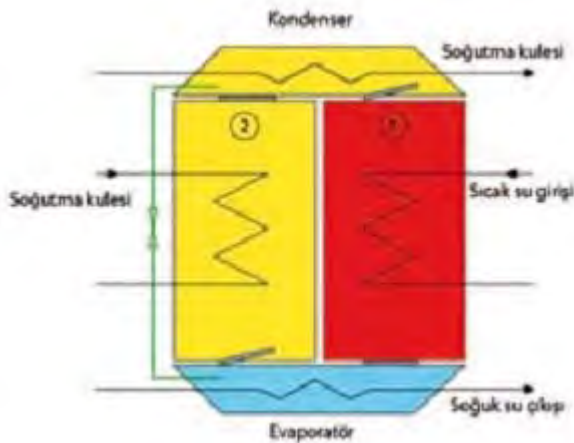
## Adsorbsiyonlu Soğutma

Aktif karbon, silika-jel ve zeolit gibi maddelerin gözenekleri büyük miktarda gaz emer. Bu gibi katı maddelerin bu özelliklerinden yararlanılarak adsorbsiyonlu soğutma sistemleri geliştirilmiştir. Bu tür sistemlerde genelde silika-jel/H<sub>2</sub>O, Zeolit/H<sub>2</sub>O ve silika-jel-NH<sub>3</sub> çiftleri kullanılmaktadır. Silika-jel/H<sub>2</sub>O ve Zeolit/H<sub>2</sub>O su soğutma gruplarında kullanılmakta, silika-jel ve zeolit emici, su ise soğutucu akışkan işlevi görmektedir. Silika-jel/NH<sub>3</sub> ise soğutma uygulamalarında kullanılmakta, silika-jel emici amonyak ise soğutucu akışkan olmaktadır.

Soğutma uygulamaları için sistem, bir kaynatıcı (aynı zamanda absorber) yoğuşturucu ve bir buharlaştırıcıdan oluşmaktadır. Kaynatıcı içerisine elektrikli ısıtıcılar ve soğutma serpantinleri yerleştirilmiştir. Kaynatıcının ısıtılması ile silika-jel ısınır ve emmiş olduğu amonyak buharlaşarak, silika-jel'in bünyesinden ayrılır. Belirli bir basınca ulaştığında çıkış valfini açarak yoğuşturucuya geçer. Burada çevreye ısı vererek sıvı hale gelen amonyak, buharlaştırıcı içine akar. Bir süre sonra buharlaştırıcı içindeki şamandıra yükselerek, elektrikli ısıtıcı devresini kapatır. Soğutma suyu vanasını açar ve ısıtıcı soğumaya başlar. Ortamdan ısı çekerek buharlaşan amonyak, elektrikli ısıtıcı kapandığında absorber görevini üstlenen kaynatıcıdaki silika-jel tarafından emilmeye başlanır. Soğuyan kaynatıcı içerisindeki basınç düşümü sayesinde, amonyağın buharlaşması kolaylaşmış olacaktır. Oluşan amonyak buharı, emme valfini açarak, tekrar absorbere döner. Bir süre sonra buharlaştırıcıda sıvı seviyesi düşer ve şamandıra, soğutma suyu vanasını kapatıp, ısıtıcıyı devreye sokar. Bu şekilde sirkülasyon devam eder.

Adsorbsiyonlu sistemler su soğutma grupları olarakta kullanılmaktadır. Adsorpsiyon su soğutma grupları sıvı solüsyon yerine katı solüsyon maddeler kullanan makinelerdir. Günümüze kadar uygulamada su, soğutucu akışkan, silika-jel ise emici olarak kullanılmıştır. Son yıllarda ise bazı üreticiler emici olarak silika-jel yerine zeolit kullanmaya başlamışlardır. İki farklı uygulama mevcuttur; Silika-jel/ H<sub>2</sub>O ve Zeolit/ H<sub>2</sub>O.

Aşağıdaki şekilde görülebileceği gibi sistem biri buharlaştırıcı diğeri ise yoğuşturucu olmak üzere iki emici bölümden oluşmaktadır. Birinci bölümdeki emici, dış ısı kaynağından (örneğin atık enerji, güneş enerjisi) gelen sıcak su ile ayrıştırılırken, ikinci bölümden emici buharlaştırıcıdan gelen su buharını adsorbe eder. Sürekli bir **adsorpsiyon** sağlamak için ikinci bölüm soğutmakulesinden gelen soğutma suyu ile soğutulmalıdır. Buharlaştırıcıdan düşük basınç şartlarından dolayı buharlaşan akışkan, buharlaştırıcıya giren suyun soğumasını sağlar.



### Adsorbsiyonlu su soğutma devre şeması

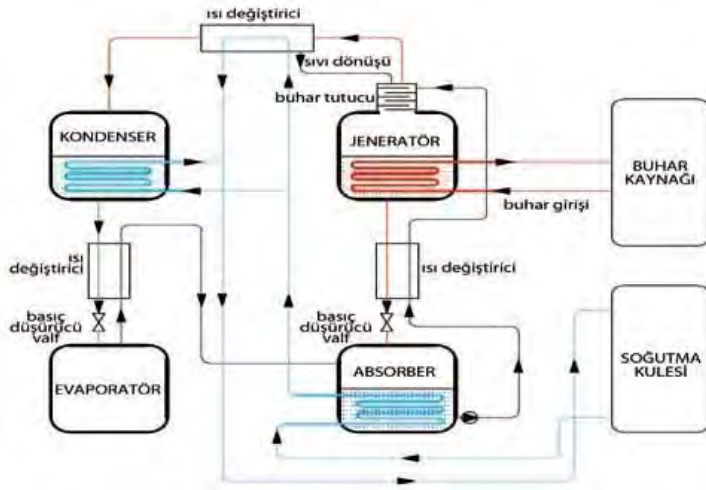
Günümüzde Asya ve Avrupa'da olmak üzere çok az sayıda adsorbsiyon su soğutucu üreticisi bulunmaktadır. En eski üretici Japonya olmasına rağmen günümüzde Almanya'daki üreticiler sektör içerisinde yer almaya başlamışlardır. Normal çalışma şartlarında sıcak su giriş sıcaklığı 80°C ve bu şartlardaki EER değeri ise yaklaşık 0,6 değerinde olmaktadır. Fakat sıcak su giriş sıcaklığı 60°C'ye kadar sistem çalışabilmektedir. Su soğutma kapasitesi aralığı ise 5,5-500 kW arasındadır.

Yapıları basit ve sağlamdır. Kristalleşme riskleri yoktur. Solüsyon pompasına ihtiyaç yoktur ve elektrik tüketimi yok denecek kadar azdır. Kapladıkları hacim ve ağırlıkları fazladır. Üretimleri fazla olmadığı için üretim maliyetleri yüksektir. Isı değiştiricileri tasarımı geliştikçe adsorbsiyon su soğutma gruplarının kapladığı hacim ve ağırlığın azalacağı belirtilmektedir.

## Absorbsiyonlu Soğutma

Absorbsiyonlu soğutma sistemleri temelde çalışma prensibi olarak buhar sıkıştırma mekanik soğutma sistemlerine benzer. Absorbsiyonlu soğutma sistemlerinde, buhar sıkıştırma mekanik soğutma sistemlerinde akışkan dolaşımını sağlayan ve en fazla elektrik enerjisi tüketen mekanik kompresörler yerine termik kompresörler olarak da bilinen jeneratör ve absorber düzeneği kullanılır. **Absorbsiyonlu** soğutma sistemlerinde iki farklı akışkan dolaşır. Bu akışkanlardan birincisi soğutucu akışkan diğeri ise soğurucu olarak görev yapar. Çok fazla akışkan çift olmasına rağmen son yıllarda uygulamada Amonyak (NH<sub>3</sub>)-Su ve Su-Lityum Bromür (LiBr) çiftleri kullanılmaktadır.

**Amonyak-Su Çifti:** Amonyak soğutucu akışkan, su ise soğurucu olarak kullanılmaktadır. Soğutucu akışkan olarak amonyak kullanıldığı için soğutma sistemlerinde ve düşük sıcaklık uygulamalarında bu tür absorbsiyonlu soğutma sistemleri kullanılmaktadır. Amonyak-su soğutma makinasının patenti, 1859 yılında Fransız Ferinand Carre tarafından alınmıştır. İlk başlangıçta bu makineler buz yapmak ve gıdaların soğutulması için kullanılmıştır. Aşağıdaki şekilde amonyak/su kullanılan absorbsiyonlu soğutma sistemi gösterilmektedir.



Absorbsiyonlu soğutma sistemi (Amonyak/su)

Küçük soğutma kapasiteli düşük sıcaklık (-40°C'ye kadar) uygulamalarında amonyak-su çifti kullanılmaktadır. Soğutma kapasitesi küçük olan uygulamalarda genellikle hava soğutmalı kondenserler kullanılmaktadır. Büyük kapasiteli uygulamalarda ise su-LiBr uygulamalarında olduğu gibi su soğutma kuleleri ile birlikte çalışan su soğutmalı kondenserler kullanılmaktadır. Buhar kaynağı veya diğer enerji kaynağından alınan enerji ile jeneratörde buharlaşan amonyak ısı değiştiriciden

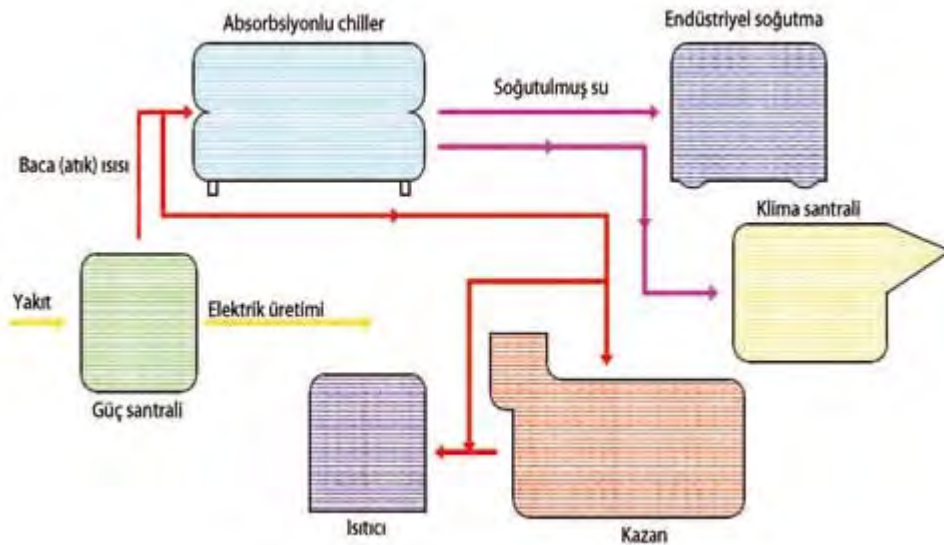
geçirilerek amonyak içerisine karışan su, tekrar jeneratöre döndürülür. Amonyak, kondenserde sıvı hale getirilir, genişleme vanasından geçilerek basıncı düşürülür. Genleşme vanasında basıncı düşürülen amonyak evaporatörde buharlaşarak soğutma işlemi gerçekleşir. Evaporatörde buharlaşan akışkan absorbere gelir. Burada jeneratörden gelen su ile kondenserden gelen soğutma suyu sayesinde karışım tekrar eriyik haline gelir. Sıvı haldeki karışım, pompa vasıtasıyla tekrar jeneratöre gönderilir ve işlem bu şekilde devam eder.

Özellikle elektriğin olmadığı bölgelerde veya kamp yerlerinde kullanılan küçük kapasiteli amonyak-su absorpsiyonlu soğutma sistemleri de mevcuttur. Bu tür uygulamalarda taşıyıcı görevini pompanın yerine üçüncü bir akışkan olan hidrojen yapmaktadır. Isı kaynağı olarak ise genellikle propan kullanılmaktadır.

**Su-Lityum Bromür (LiBr) Çifti:** Su soğutucu akışkan, Lityum Bromür (LiBr) ise soğurucu olarak kullanılmaktadır. Soğutucu akışkan olarak su kullanıldığı için 0°C'ye ulaşmak oldukça zordur. Bu tür sistemlerde genelde evaporatördeki su vakum altında 4°C'de buharlaştırılmakta ve soğutulması istenilen su ise uygulama ihtiyacına göre 6-7°C sıcaklığa kadar soğutulabilmektedir. Bu tür absorpsiyonlu soğutma sistemleri endüstriyel prosesler ve merkezi klima sistemleri için soğuk su üretmektedirler. Genelde dört tip uygulaması mevcuttur.

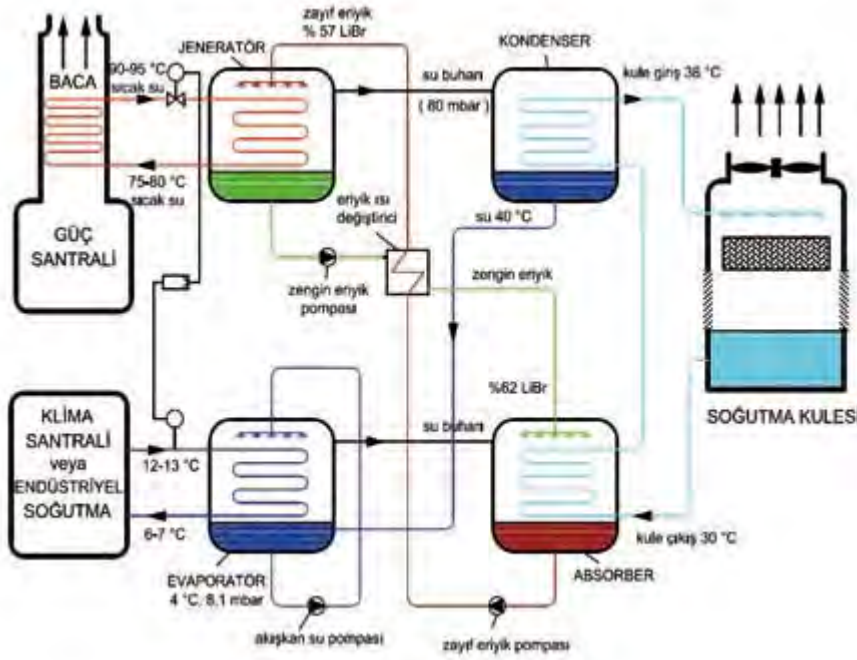
- Tek etkili absorpsiyonlu chiller
- Çift etkili absorpsiyonlu chiller
- Üç etkili absorpsiyonlu chiller
- Direkt yanmalı absorpsiyonlu chiller

**Tek etkili absorpsiyonlu chiller:** Bu tür sistemler özellikle atık buhar, baca gazı ve sıcak su enerjilerinin bulunduğu işletmeler için uygundur. Jeotermel ve güneş enerjisi vb. gibi enerji kaynakları olan ülkelerde absorpsiyonlu chillerlerin kullanılması uygun olmaktadır. Ayrıca doğalgazın çok ucuz olduğu ülkelerde direkt yanmalı absorpsiyonlu sistemlerin kullanılması avantajlı olmaktadır. Son yıllarda elektrik maliyetlerinin yüksek olması nedeniyle büyük alışveriş merkezleri ve sanayi tesisleri elektrik ihtiyacını karşılamak için doğalgazlı güç santralleri kurmaya başladılar. Buradan çıkan atık ısı ile, kışın ısıtma veya proses ısıtma suyu, yazın ise proses soğutma suyu veya merkezi klima için gerekli olan soğuk su ihtiyaçları karşılanmaktadır. Günümüzde çok daha fazla yaygın olarak kullanılmaya başlayan bu sistemler "trigeneration" uygulamalar olarak ifade edilmektedir. Trigeneration uygulamalarda elektrik üretimi, ısıtma ve soğutma ihtiyaçlarına göre karşılanabilmektedir. Aşağıdaki şekilde trigeneration uygulaması şematik olarak gösterilmektedir. Ayrıca kurutma ihtiyacı olan işletmeler için "Quattro-generation" uygulaması da yapılabilir.



## Trigeneration uygulaması

Tek etkili absorpsiyonlu chiller; jeneratör, kondenser, evaporatör, absorber ve ısı değiştirici gibi temel elemanlardan oluşmaktadır. Bunların dışında akışkan pompası ve eriyik pompaları sistemde mevcuttur. Ayrıca sistem vakumda çalıştığı için vakum pompası ve ölçüm elemanları sistem üzerinde kullanılmaktadır. Jeneratör, kondenser, evaporatör ve absorber ünitelerinde kapasiteye bağlı olarak oldukça fazla sayıda bakır boru kullanılmaktadır. Kullanılan borular, düz ve ısı transfer yüzeyini artırmak için genellikle yivli borulardır.



Tek etkili absorpsiyonlu chiller devre şeması

Yukarıdaki şekilde gösterildiği gibi tek etkili absorpsiyonlu soğutma sistemi, elektrik üreten güç santralinin baca gazından elde edilen enerji ile çalışmaktadır. Baca gazı vasıtasıyla yaklaşık 90-95°C sıcaklığa kadar ısıtılan yeterli debideki su ile, absorber'dan zayıf eriyik pompası tarafından jeneratöre basılan %57 oranındaki zayıf LiBr eriyiği ısıtılmakta ve eriyik içerisindeki soğutucu akışkan su, ayrıştırılmaktadır. Ayrışan soğutucu akışkan su, kondensere gitmektedir. Diğer taraftan jeneratördeki zengin eriyik, zengin eriyik pompası vasıtasıyla ısı değiştiriciden geçirilerek absorbere gönderilmektedir. Kondensere giden soğutucu akışkan su, burada soğutma kulesinden ilk önce absorbere, oradan kondensere gelen soğutma kulesi suyu ile yoğuşmaktadır. Yoğunlaşan 40°C soğutucu akışkan su, kondenserden sıvı olarak çıkmakta ve sifon yardımı ile evaporatöre gelmektedir. Evaporatördeki bu su, akışkan su pompası ile nozullardan pulvarize edilerek basıncı (8,1 mbar) düşürülmekte ve 4°C de buharlaşmaktadır. Buharlaştırılan bu su ile endüstriyel soğutma işlemleri veya klima uygulamaları için kullanılan 12-13°C dönüş suyu, 6-7°C'ye kadar soğutulmaktadır.

Tek kademeli absorpsiyonlu soğutma sistemlerinin EER değerleri 0,7-1 aralığındadır. Bunlar kojenerasyon tesislerinde kullanılabilme olasılığı en yüksek tiplerdir. Bu sistemlerde iki türlü akışkan kullanılmaktadır.

· *Düşük basınçlı buhar*: Tek etkili absorpsiyonlu su soğutma sistemlerinde jeneratör buhar giriş basıncı 150 kPa (1,5 bar)- 450 kPa (4,5 bar) aralığında olmalıdır.

· **Sıcak su:** Tek etkili absorpsiyonlu su soğutma sistemlerinde jeneratör su giriş sıcaklığı 90-135°C aralığında olmalıdır. Son zamanlarda yapılan iyileştirme çalışmaları ile bu sıcaklık değerleri aşağıya doğru çekilmeye çalışılmaktadır. Çoğu sistemler 80-90°C sıcaklık arasında çalıştığı belirtilmekle birlikte jeneratör giriş sıcaklığının 105°C altına düştüğü zaman absorpsiyonlu su soğutma gruplarının veriminin azaldığı belirtilmektedir. Uygulamada bu tür sistemlerin 90-95°C sıcaklığa kadar ekonomik olduğu kabul edilmekle birlikte, bu değerlerin altındaki uygulamalar için kaynağın maliyetine göre ekonomik açıdan değerlendirilmeleri gerekmektedir. Bu alandaki büyük firmalar 35 kW-10000 kW kapasiteli tek kademeli absorpsiyonlu cihaz üretimi yapmaktadır. Eğer daha yüksek basınçlı buhar mevcut ise EER değeri daha yüksek iki kademeli absorpsiyonlu soğutma sistemleri tercih edilmelidir. Sistemin kapasitesine göre uygun su debisi sağlanmalıdır.

**Çift etkili absorpsiyonlu chiller:** Çift etkili absorpsiyonlu chiller; 1. kademe jeneratör, 2. kademe jeneratör, kondenser, evaporatör, absorber ve ısı değiştiriciler gibi temel elemanlardan oluşmaktadır. Bunların dışında akışkan pompası ve hız kontrollü eriyik pompaları sistemde mevcuttur. Çift etkili absorpsiyonlu su soğutma gruplarının tek etkililere göre temel farkı, yüksek basınçlı buhar ve ikinci kademe jeneratör kullanılmasıdır. EER değeri 1,2-1,4 arasında değişmektedir. Fakat aynı kapasite için ilk yatırım maliyeti açısından çift etkililer, tek etkili absorpsiyonlu su soğutma gruplarına göre ortalama %40 ile %50 arasında daha pahalı olmaktadır. Çift etkili sistemlerde buhar basıncının yüksek olması gerekmektedir. En düşük buhar basıncının 400 kPa (4 bar), ideal buhar basıncının ise 700 kPa (7 bar) ile 900 kPa (9 bar) arasında olması gerekmektedir.

**Üç etkili absorpsiyonlu chiller:** Etkinlik katsayısının artırılması için son yıllarda üç etkili olan absorpsiyonlu su soğutma gruplarının ticari anlamda kullanılması için araştırma ve çalışmalar sonuçlanmış ve yaklaşık EER değerlerinin 1,7 civarında olduğu belirtilmiştir.

**Direkt yanmalı absorpsiyonlu chiller:** Direkt yanmalı absorpsiyonlu chiller tek etkili veya çift etkili olabilirler. Bu tür uygulamalarda EER değeri daha yüksek olan çift etkili absorpsiyonlu soğutma grupları tercih edilmektedir. Genellikle direkt yanmalı su soğutma grupları çift etkili olmaktadır. Aynı sisteme sahip olan bu tür uygulamalardaki fark, enerji kaynağı olan sıcak suyu veya buharı cihazın kendisinin üretmesidir. Bunun için cihaz üzerinde sıcak su veya buhar üretmek için kazan bulunmaktadır. Genellikle bu amaç için yakıt olarak doğalgaz kullanılmaktadır. Özellikle doğalgazın ucuz olduğu ülkelerde bu sistemler avantajlıdır ve yaygın olarak kullanılmaktadır.