

# BÖLÜM-2 TERMİK SANTRALLER

## 2.1 TERMİK SANTRAL NEDİR VE NASIL ÇALIŞIR?

Yanmayla ortaya çıkan ısı enerjisinden elektrik enerjisi üreten merkez. Yanma, bir kazan yada buhar üreticinde gerçekleştirilir ve suyun buhara dönüştürülmesini, daha sonrada bunun yüksek basınç altında (135 bar),yüksek sıcaklıkta (535 °C) çok ısıtılmasını sağlar. Buhar önce türbinin yüksek basınçlı bölümünde ve daha sonra yeniden çok ısıtıldıktan sonra orta ve alçak basınçlı bölümlerde genişler.Birbirini izleyen bu genişlemeler sırasında ısı enerjisi mekanik enerjiye dönüşür.Kondensede soğutulan buhar tekrar su haline döner; türbinden çektiği buharla çalışan bir yeniden ısıtma bölümüyse suyun ısınıp yükseltip kazana gönderir.Buhar ve su bir kapalı devre halinde dolaştıkları için,bu çevrim sonsuza kadar yenilenir.

Duman kazan çıkışında büyük oranda ısı yitirir ve elektro filtreden sonra havaya verilir; Böylece yanma olayı gerçekleşir. Kömürle çalışan santrallerde dumanın daha sonra elektrostatik düzenekler yardımıyla tozu alınır ve bacadan dışarı atılır. Bu arada türbinde yaratılan mekanik enerji bir alternatöre iletilir ve burada elektrik enerjisine dönüştürülür. Türbo-alternatör gurubunun uzunluğu 600 MW bir güç için bazen 50m'aşar; verilen elektrik akımıysa 20 000 voltluk bir gerilim altında 19 200 ampere ulaşır. Modern bir termik santralin verimi %40 dolayındadır.

Termik santralin bilançosu incelendiğinde, üretilen bir kW için 4000 kJ'dan fazla bir enerjinin soğutma suyuna harcandığı anlaşılmıştır. Su bir akarsudan alınırsa, bu suyun günümüzde en çok 7-10°C arasında ısıtılmasına izin verilmektedir; bu da büyük bir debi gerektirir. Sözelimi, 600 MW'lık bir enerji grubunda soğutma için saniyede 22 metreküp su gerekir. Bu nedenlerden ötürü, büyük santraller ancak büyük akarsuların üzerinde ya da deniz kıyısında kurulur. Bununla birlikte, termik santrallerin yol açtığı ısı artışı, su bitkileri ve hayvanları için ciddi sorunlar yaratır. Suyun az, santrallerin çok sayıda bulunduğu bölgelerde, genellikle hiperbol biçiminde büyük kulelerden oluşan havalı (atmosferik) soğutma sistemlerinden yararlanılır.

Termik santrallerde kullanılan yakıtlar mazot, gaz ve kömürdür. Mazot içi gerekli olan tesisler basit tesislerdir; mazot 30000-40000 m<sup>3</sup> hacimli, silindir biçiminde metalik depolarda saklanır. Depolardan alınıp ısıtılan mazot püskürtülerek brülörlere aktarılır. Gaz kullanımı için gerekli olan donanımlar çok az sayıdadır; Gaz brülörlere gönderilmeden önce yalnızca genişletilir, filtreden geçirilir ve ısıtılır.

Termik santrallerde kömür kullanımı; için gerekli olan tesisler gaz ya da mazota oranla çok daha önemli ve büyüktür. Burada özellikle kömürün demiryolu, akarsu ya da deniz yoluyla santrale getirilmesi, boşaltılması, depolanması, santral alanı içinde dolaştırılması ve kazana verilmesi için gerekli tesisler yapılmalıdır. Kömür önce toz haline getirildikten sonra, önceden mazotla 500 °C'a kadar ısıtılmış olan yanma odalarının brülörlerine kuvvetli bir hava akımıyla gönderilir. Bu odaların birkaç yüz m küp'ü bulan bir hacmi ve birkaç bin m kare büyüklüğünde bir ısıtma alanı vardır. Büyük bir termik santralin kömür tüketimi günde 5000 tonu aşar.

Termik santral, kapalı devre halinde dolaşan suyu buharlaştıran bir kazan ve bir türbo alternatör (bir türbinle harekete geçirilen alternatör) grubu içine girer. Bu tür klasik santrallerde buhar, kömür, fuel-oil ve nadiren doğalgaz veya yüksek fırın gazı yakılarak üretilir.

Termik santralleri büyük debili akarsu yakınında veya deniz kıyısına kurmak gerekiyor; böylece santralde üretilen ısının yarısını boşaltan kondensenin suyla beslenmesi sağlanır. Sıcak su ırmağa doğrudan boşaltıldığı gibi (açık devre soğutma) büyük soğutma kulelerine yollanabilir; burada havayla temas ederek kısmen buharlaştıktan sonra kondenseye basılır (kapalı devre soğutma). Bu son çözüm

daha pahalıdır, ama su alma işlemini ve ırmak sularının ısınmasına bağlı çevre sorunlarını azaltma olanağı sağlar.

Malzemelerin üretim maliyeti sınırlamak ve işletimi kolaylaştırmak için santraller standart ve özerk üretim birimleri halinde gerçekleştirilir. Her üniteye bir buhar kazanı, bir buhar üretici, bir türbo alternatör grubu ve iletişim şebekesine bağlı, gerilim yükseltici bir trafo (transformatör) bulunur.

Daha mütevazı güçteki termik santraller, su buharı çevriminden geçmeden elektrik üretir. Bunlar uçak motorlarının çalışma ilkesine dayanan gaz türbinleridir ve doğrudan doğruya bir alternatörü veya elektrojen dizel gruplarını çalıştırır. Bu türbinler belirli zamanlarında devreye sokulmak üzere tasarlanmıştır ve güçleri 100 MW geçmez; ama oldukça basit olmaları (görece küçük boyut, su buhar devresinin olmaması, havayla soğutma nedeniyle birkaç dakikada devreye alınabilirler. Bu termik tesisler pratik olarak her yerde kurulabilir.

Elektrik santralleri, başka enerji biçimleri (termik, nükleer, hidrolik, jeotermal, güneş, rüzgar, gelgit v.b) elektrik enerjisine dönüştürmek amacıyla bir araya getirilmiş donanımlardan oluşan işletmelerdir. Çağımızda büyük güçlü sınıai donanımların çoğunluğu, hidrolik ve termik (klasik ve nükleer) santrallerden meydana gelmektedir. Türü ne olursa olsun, her elektrik santrali, temel olarak bir enerji kaynağı, hareketlendirici bir aygıt, bir alternatör ve bir dönüştürme istasyonundan meydana gelir. Dönüştürme istasyonu, alternatörün ürettiği gerilimi, genel ulusal veya uluslar arası interkonnekte şebekenin beslenme hatları için uygun bir değere yükselir.

Ülkemizin enerji gereksiniminin önemli bir bölümünü karşılayan ve Türkiye Elektrik Üretim A.Ş.(EÜAŞ) tarafından işletilen termik santraller, fuel-oil, taşkömürü linyit, motorin, jeotermal ve doğal gaz türde enerji kaynağı kullanmakta olup sayıları 30'u aşmaktadır.

## 2.2 TERMİK SANTRALLARDA ELEKTRİK NASIL ÜRETİLİR?

Termik santral bildiğimiz gibi kömür akaryakıtların (fuel-oil,mozot,gaz)yakılması yoluyla mekanik enerji elde edilen bir merkezdir.Burada su kazan bölümünde dolaşan su kızgın buhar haline dönüşür.Ve bu buhar yüksek basınç altında (135 bar) yüksek sıcaklıkta (535 derece) türbinin yüksek basınç bölümüne daha sonra da tekrar kızdırılarak orta ve alçak basınç bölümüne gönderilir.Bu devam eden olaylar sonrasında ısı enerjisi mekanik enerjiye döndürülmüş olur.

Burada elde ettiğimiz mekanik enerji türbin miline bağlı elektrik jeneratörü döndürülmüş olur. Elektrik jeneratörünün çalışma prensibi, bakır gibi iletken bir telin manyetik bir alan içinde hareket ettirilmesi ile sistemine göre çalışır. Elektrik jeneratörü, bir mıknatıs içinde dönen (ROTOR) sarı iletken tellerin bulunduğu (STADOR), ve bu tellerin mıknatıs içinde dönmesiyle elektrik akımı üreten bir makinedir.

## 2.3 TERMİK SANTRAL ÇEŞİTLERİ

Katı, sıvı ya da gaz halindeki fosil yakıtların kimyasal enerjisinin elektrik enerjisine dönüştürüldüğü elektrik santralıdır. Türbin ve yakıt cinslerine göre şu şekilde sınıflandırılır:

- 1) **Buhar Türbinli Linyit Santralleri:** Linyit kömürünü genelde toz veya küçük parçalar haline getirilerek santralde yakılır. Buhar kazanından elde edilen kızgın buhar enerjisi ile türbin ve jeneratör çevrilir.
- 2) **Gaz Türbinli Santraller:** Yüksek sıcaklık ve basınçtaki yanma gazlarının hareket sağladığı ve bu gazların yanmayı gerçekleştiren havayı sağlayan bir kompresörün de çalışmasına imkan verdiği türbin türüdür. Genelde doğalgaz ile çalışırlar.
- 3) **Kombine (buhar ve gaz türbinli) Santraller:** Bir gaz türbini jeneratör ile bu türbinin ekzos gazlarıyla çalışan (ek brülörü olan veya olmayan) bir kazanla, bunun sağladığı buharla çalışarak ek elektrik enerjisi üreten bir buhar türbini jeneratörden oluşan santral türü.

- 4) **Dizel veya Fuel-Oil Santralleri:** Elektrik üretme ve getirme imkanı bulunmayan yerlerde veya ana sistemin pik yüklerinde yardımcı olmak üzere kurulan santrallerdir. Mobil veya sabit olabilirler.
- 5) **Jeotermal santraller:** (Yer Altı Buharı) Jeotermal enerjiyi elektrik enerjisine dönüştüren tesis.
- 6) **Nükleer (enerji) Santraller:** Nükleer yakıtlardan serbest kalan enerjinin elektrik enerjisine dönüştürüldüğü santraldir.

## 2.4 TÜRKİYE'DEKİ TERMİK SANTRALLER VE KURULU GÜÇLERİ

### Türkiye'deki Termik Santraller (Eüaş)

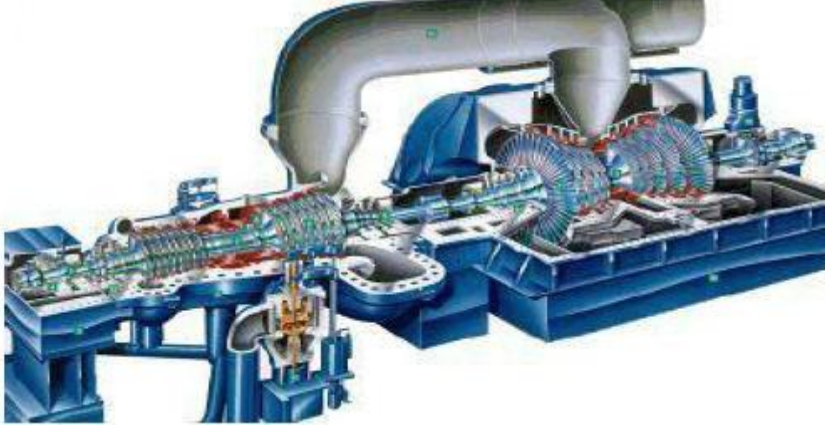
Afşin Elbistan A Termik Santrali - 3 X 340 MW + 1 X 335 = 1.355 MW (Linyit) Afşin Elbistan / MARAŞ  
 Afşin Elbistan B Termik Santrali - 4 x 360 MW = 1440 MW / (Linyit) Afşin Elbistan / MARAŞ  
 Aliağa GTKÇ Santrali 6 x 30 MW = 180 MW (Motorin) Aliağa / İZMİR  
 Engil Gaz Türbinleri 1 x 15 MW = 15 MW (Motorin) Merkez / VAN  
 Ambarlı Fuel Oil - KÇ Santrali - 3 X 110 MW + 2 X 150 MW = 630 MW (Fuel Oil) - Avcılar / İSTANBUL  
 Ambarlı Dogalgaz - KÇ Santrali - 6 X 138.8 MW + 3 X 172.7 MW = 1350.9 MW (Dogalgaz) -Avcılar  
 Bursa DGKÇ Santrali- 4 x 239 MW + 2 x 238 MW = 1.432 MW'lık (Dogalgaz) BURSA  
 Entek A.Ş. - 2 X 42 MW + 1 X 31 MW + 1 X 25 MW = 140 MW - (Dogalgaz) BURSA  
 Entek A.Ş. - 1 X 27 MW + 1 X 24 MW + 1 X 12 MW = 140 MW - (Dogalgaz - Kombine çevrim) İZMİR  
 İç Taş Termik Santrali - 1 X 130 MW = 130 MW Biga / ÇANAKKALE  
 Çan 18 Mart Termik Santrali- 2 x 160 MW = 320 MW (Linyit - Akışkan Yataklı) Çan / ÇANAKKALE  
 Çatalağzı Termik Santrali -2 X 150 MW = 300 MW / (Taşkömürü) Çatalağzı / ZONGULDAK  
 Hopa Termik Santrali - 2 x 25 MW = 50 MW (Fuel Oil) Hopa / ARTVİN  
 Jeotermal Santrali (Doğal Buhar)- 1 X 15 MW = 15 MW Saraykent / DENİZLİ  
 Kangal Termik Santrali -2 x 150 MW + 1x 157 MW = 457 MW (Linyit) Kangal /SİVAS  
 Orhaneli Termik Santrali- 1 x 210 MW = 210 MW (Linyit) Orhaneli / BURSA  
 Seyitömer Termik Santrali- 4 X 150 MW / = 600 MW (Linyit) Seyitömer / KÜTAHYA  
 Tunçbilek Termik Santrali-1 X 65 MW + 2 X 150 MW = 365 MW (Linyit) Tunçbilek / KÜTAHYA  
 Hamitabat DGKÇ Santrali - 12 ÜNİTE = 1120 MW (Doğal Gaz) - Lüleburgaz / KIRKLARELİ  
 Soma A Termik Santrali - Soma / MANİSA  
 Soma B Termik Santrali 8 ÜNİTE = 1034 MW (Linyit) Soma / MANİSA  
 Kemerköy (Gökova) Termik Santrali- 3 x 210 MW = 630 MW Kemerköy (Gökova) / MUĞLA  
 Yatağan Termik Santrali- 3 x 210 MW = 630 MW (Linyit) Yatağan / MUĞLA  
 Yeniköy Termik Santrali- MW ? MUĞLA  
 Çayırhan Termik Santrali - 2 x 160 + 2 x 157 MW = 634 MW Çayırhan / ANKARA  
 Yumurtalık Sugözü Termik Santrali - 2 x 605 MW = 1210 MW (İthal Kömür) Yumurtalık / ADANA

### Mobil (Fuel Oil) Termik Santraller

Van II - 4 X 6.184 MW = 24.7 - (Fuel Oil) Merkez / VAN  
 Batman - 4 X 18.380 MW + 3 X 14.781 MW = 117.9 MW (Fuel Oil) Merkez / BATMAN  
 PS3A İdil II - 4 X 6.1 MW = 24.4 MW -(Fuel Oil) Merkez / ŞIRNAK  
 Hakkari II - 4 X 6.2 MW = 24.8 MW - (Fuel Oil) Merkez / HAKKARİ  
 Isparta - 4 X 6.982 MW = 27.9 MW - (Fuel Oil) Merkez / ISPARTA  
 Siirt - 4 X 6.4 MW = 25.6 MW - (Fuel Oil) Merkez / SİİRT  
 Mardin - 3 X 11.35 MW = 34.1 MW - (Fuel Oil) Merkez / MARDİN  
 Kırıkkale - 13 X 11.075 MW + 1 X 9.903 MW = 153.9 MW - (Fuel Oil) Merkez / KIRIKKALE  
 Esenboğa - 7X 7.68 MW = 53.8 MW - (Fuel Oil) Merkez / ANKARA  
 Samsun I - 7 X 17.535 MW + 1 X 8.590 MW = 131.3 MW - (Fuel Oil) Merkez / SAMSUN  
 Samsun II - 7 X 17.535 MW + 1 X 8.590 MW = 131.3 MW - (Fuel Oil) Merkez / SAMSUN

## 2.5 BUHAR TÜRBLİ LİNYİT SANTRALLERİ

Termik santrallerde buhar kazanlarında yakıt ve hava karışımı uygun şartlarda yakılır. Bu esnada kazanda bulunan sudan, yüksek sıcaklıkta yüksek basınçlı buhar elde edilir. Elde edilen yüksek basınçlı buhar, buhar türbinine gönderilerek mekanik enerji elde edilir. Buhar türbinine akuple olan alternatörde bu enerjiyi elektrik enerjisine dönüştürür. Bu prensiple çalışan termik santrallere buhar türbinli santraller denir.

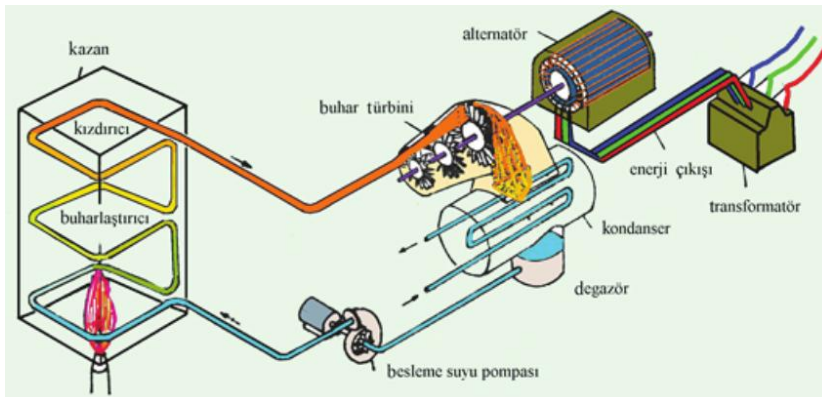


Şekil-2.1 Buhar türbinli santral kesiti

Buhar türbinli santrallerde yakıt olarak linyit kömürü, fuel-oil, doğal gaz ve büyük şehirlerin çöp atıkları vb. kullanılır. Termik santraller, üretilen elektrik enerjisinin maliyetini daha fazla artırmamak için kullanılan yakıtın bulunduğu yerin yakınına kurulur.

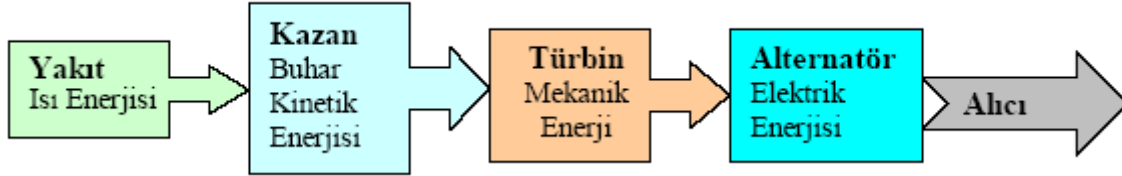
Santralin kurulacağı yere yakın, büyük su kaynağının da bulunması gerekir. Çünkü buhar elde etmek için çok fazla suya ihtiyaç vardır. Örneğin; Afşin-Elbistan Termik Santrali'nin saatteki su ihtiyacı 5.400 ton, yakıt ihtiyacı ise saatte 3.000 tondur.

Prensip olarak bir buhar türbinli termik santralin çalışmasını Şekil-2.1'deki şemaya göre anlatacak olursak; besleme suyu pompasından basılan su kazana gönderilir. Kazanda ısıtılan su ilk önce buharlaşır, sonra kızdırıcılardan geçerek kızdırılır (nemi alınır). Elde edilen kızgın buhar, buhar türbinine gönderilir. Buhar türbininin kanatlarına çarpan buhar, türbini döndürür. Buhar türbinine bağlı alternatör bu dönme şeklindeki mekanik enerjiyi elektrik enerjisine dönüştürür. Alternatör çıkışı bir yükseltici trafo ile enerji nakil hatlarına verilir. Buhar türbininde işi biten çürük buhar, kondanser denilen yoğunlaştırıcılara gelerek tekrar su haline dönüştürülür ve besleme suyu pompası ile tekrar kazana girer. Bu işlem bir döngü içerisinde devam ederek termik yolla elektrik enerjisi üretimi gerçekleşmiş olur.



Şekil-2.2 Buhar türbinli termik santralin prensip şeması ve bölümleri

Buhar türbinli santraller; yıllık yağış ortalamasının düşük olduğu zamanlarda, hidroelektrik santrallere alternatif olarak, termik enerji kaynakları kullanılarak elektrik enerjisi üretimine devam ederler. Yılın her mevsiminde istenilen niteliklerde ve sürekli enerji üretebilmesi özelliğinden dolayı elektrik enerjisi üretiminde önemi büyüktür. Isı değeri düşük linyit kömürü gibi katı yakıtların değerlendirilmesine imkan sağlamakla beraber, santral bacalarından çıkan atıklar nedeniyle asit yağmuru ve sera gazı etkisi yaratmaları da söz konusudur.



Şekil-2.3 Termik santral enerji dönüşüm şeması

## 2.6 BUHAR TÜRBİNLİ SANTRAL BÖLÜMLERİ VE GÖREVLERİ

1. **Ham kömür silosu (Bunker):** Vagonlarla getirilen işlenmemiş kömürün depolandığı yerdir.
2. **Besleyici:** Öğütücü makine için, uygun miktarda kömürü otomatik olarak ayarlayan makinedir.
3. **Öğütücü (Değirmen):** Kömürü çok ince toz haline getirir.
4. **Ocak (Yakıcı):** Yakıtın yakıldığı kısımdır.
5. **Kazan:** Boru demetinde, sudan ayrılan buharın ve ekonomizörden gelen düşük yoğunluklu buharın toplandığı kısımdır.
6. **Kızdırıcı:** Kazandan gelen, düşük ısılı buharın sıcaklığını ve dolayısıyla basıncını artıran kısımdır.
7. **Ekonomizör:** Kazan boru demetini terk eden, gaz halindeki yanma ürünleri yüksek sıcaklıktadır. Bunların, bacadan direkt olarak atılması fazlaca enerji (ısı) kaybına neden olur. Atılmak üzere giden sıcak gazların, bir kısmından faydalanmak için ekonomizör kullanılır. Besleme suyunu bir miktar ısıtır.
8. **Dom:** Ekonomizör ve buharlaştırıcı borulardan gelen suyun toplandığı yarısı buhar yarısı su olan tanktır.
9. **Toz tutucu (Elektro Filtre):** Atılmak üzere bacaya giden, çevreye zararlı tozların tutulduğu yerdir.
10. **Emme fanı:** Yanmış gazları, kazanın ısı transfer yüzeyinden, kızdırıcıdan, ekonomizör ve hava ısıtıcısından çekerek ocak basıncını atmosfer basıncının biraz altında tutan elemandır.
11. **Hava ısıtıcı:** Bacaya giden, yüksek ısıdaki yanmış gazların ısını bir miktar düşüren, yanma için gerekli havayı ısıtan bununla birlikte öğütücüdeki kömürün kurutulması için sıcaklık temin eden kısımdır.
12. **Türbin:** Yüksek basınçlı buharın kinetik enerjisini, mekanik enerjiye dönüştüren makine düzeneğidir. Buhar türbinlerinde, enerji doğrudan türbin miline geçtiğinden verimleri yüksektir. Türbinler yüksek devirler elde etmek için, yatay milli olarak yapılmışlardır. Enerji üretmede kullanılan buhar sıcaklığı 600°C ile 950°C arasındadır. Verimi, türbinin büyüklüğüne buhar basıncına ve sıcaklığına göre değişir.
13. **Kondenser (Yoğunlaştırıcı):** Türbinden çıkan kullanılmış buhar, kondensere gönderilir. Buharın tekrar suya dönüştürülmesi (yoğunlaştırılması) işlemini yapan kısımdır. Kondenser, içinden soğuk suların pompalandığı borulardan oluşan büyük bir odadır.
14. **Degazör:** Kondenserden gelen yoğunlaşmış buharın su haline gelerek toplandığı su tankı ve aynı zamanda kazan tasfiye sisteminden gelen saf suyun da depolandığı su tankıdır.
15. **Kondenser pompası:** Kondenserde elde edilen yoğunlaştırılmış buhar ortalama 20°C-40°C arasındadır. Yoğunlaşan buharı, tekrar ısıtıcılara pompalayan elemandır.
16. **Kazan suyu besleme pompası:** Alçak ve yüksek basınç ısıtıcılarında ısıtılan suyu, ekonomizöre gönderen elemandır.

Şekil-2.4 Çayırhan Termik Santrali çalışma prensip şeması



**17. Alçak basınç-Yüksek basınç ısıtıcıları:** Besleme suyunu, türbinden aldığı buharla ısıtan kısımdır.

**18. Yumuşatıcı:** Buhar elde etmek için kullanılan su içerisinde bulunan, kireç maddelerinin sistemde kabuk-tortu oluşturmamasını temin için kullanılan elemandır.

**19.Baca:** Kazan içindeki işi biten duman gazının dışarı atıldığı kısımdır.

**20. Jeneratör (Alternatör):** Türbin mekanik enerjisini, elektrik enerjisine dönüştüren makinedir.

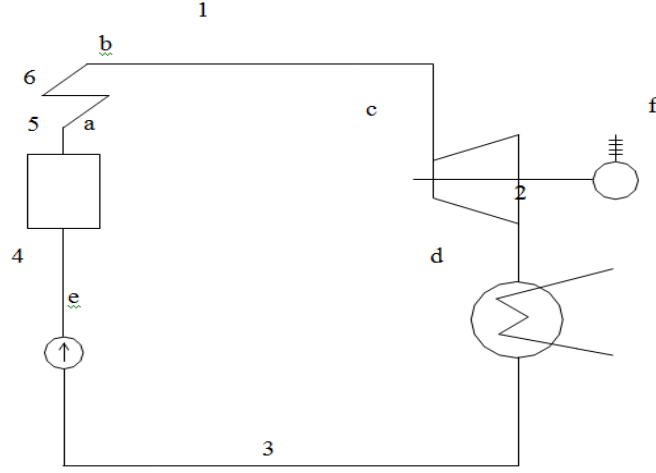
**21.Külhan:** Yakılan kömürün küllerinin toplandığı kısımdır.



Şekil-2.5 Afşin-Elbistan termik santrali

## 2.7 TERMİK SANTRAL ÇEVİRİMİ

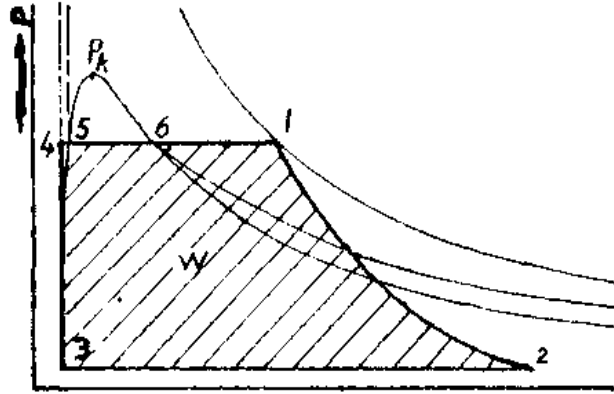
Şekil-2.6'da bir buhar santrali en basit şekliyle gösterilmiştir. Kazanın buharlaştırıcı bölümünde (a) yüksek basınç altında (kazan basıncı) bulunan besleme suyu, düşük bir sıcaklıktan (kondensat sıcaklığı) buharlaşma sıcaklığına kadar izobar olarak ısıtılır ve buharlaştırılır. Doymuş buhar, daha sonra kızdırıcılarda (b) kızdırılır. Buradan çıkan kızgın buharın sıcaklığına "taze buhar sıcaklığı" denir. Kızgın buhar daha sonra türbinde (c) adyabatik olarak kondenser basıncına kadar genişler. Bu genişleme sırasında buhar sıcaklığı da kondensat sıcaklığına kadar düşer. Türbinden çıkan çürük buhar kondenserde (d) izobar ve izotermik olarak yoğuşturulur. Bu yoğuşmanın sağlanabilmesi için, soğutma suyu ile buharın kondensasyon ısısının alınması gerekir. Son olarak kondensat besleme suyu pompası (e) ile tekrar adyabatik olarak kazan basıncına çıkartılır. Borulardaki sürtünme ve ısı kayıplarını dikkate almazsak, bu çevrimde besleme suyu pompası çıkışından türbin girişine kadar devam eden sabit basınca kazan basıncı, türbin çıkışından besleme suyu pompası girişine kadar devam eden sabit basınca da kondenser basıncı denir.



Şekil-2.6 Basit bir buhar santrali çevrimi

Taze buhar sıcaklığı kızdırıcı çıkışından türbin girişine kadar, kondensat sıcaklığı ise türbin çıkışından kazan girişine kadar sabit olarak devam eder. Yani yüksek basınç besleme suyu pompasında, yüksek sıcaklık ise kazanda elde edilir. Her ikisi de türbinde düşüşe uğrar. Bu çevrime Clausius-Rankine çevrimi denir. Clausius-Rankine çevriminin basit  $p,v$  diyagramı şekilde görülmektedir.

Şekil 2.6 ile Şekil-2.7'deki aynı harf ve sayılar aynı noktaları göstermektedir.  $P-v$  diyagramının çevrelediği alan elde edilen iş miktarını verir.

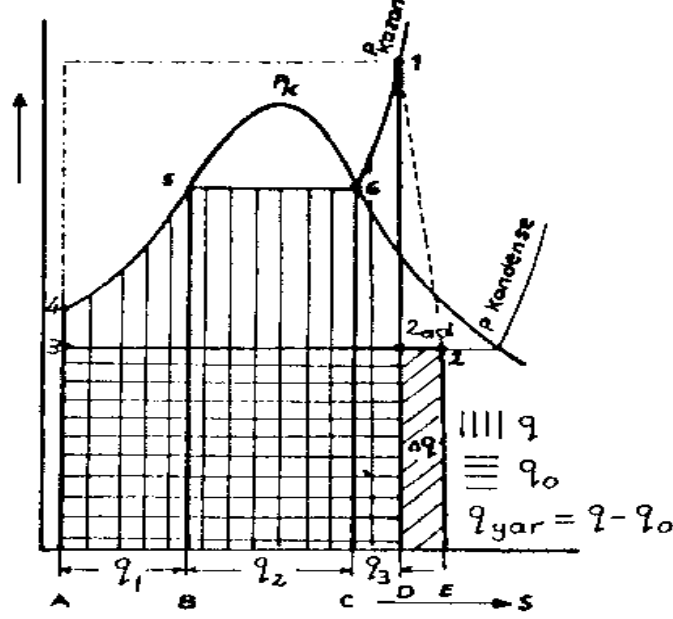


Şekil-2.7 Buhar güç çevriminin  $P-v$  diyagramı

Clausius-Rankine çevrimi, buhar santrallerinin gerçek su-buhar çevrimi ile karşılaştırılabilmesi yönünden önem taşır. Bu çevrim ideal bir çevrimdir. Çünkü pratikteki izobar ve adyabatik durum değişikliklerinden meydana gelen sapmalar yok sayılmıştır.

Clausius-Rankine çevrimi, Şekil-2.6 ve 2.7'deki sayılar kullanılarak Şekil-2.8'deki  $T-s$  diyagramında yeniden gösterilmiştir.





Şekil-2.8 Buhar güç çevriminin T-s diyagramı

Besleme suyu pompası durum 3 teki suyu kondenser basıncından kazan basıncına kadar sıkıştırır (durum4). Bu, izentropik bir işlemdir. Durum 4 teki su kazanda, izobar olarak durum 5'e kadar ısıtılır ve bu arada suya  $q_1$  ısı verilmış olur.

Durum 5 de kazan basıncının karşılığı olan buharlaşma sıcaklığına erişilmiştir.

Daha sonra suya  $q_2$  ısı verilerak 5-6 çizgisi boyunca buharlaştırılır ve sonunda  $q_3$  ısının verilmesiyle 6-1 çizgisi boyunca kızdırılır.

Şu halde kazana verilen toplam ısı miktarı

$$q = q_1 + q_2 + q_3$$

$T_1$  sıcaklığına kadar kızdırılmış olan buhar, türbinde kondenser basıncına kadar eş entropide genişletirilir (durum 2ad). Türbinden çıkan buhar, kondenserde D2ad3A ısını vererek yoğuşur. Bu ısıyı  $q_0$  ile gösterelim.

## 2.8 TERMİK SANTRAL VERİMİ

Şekil-2.8'deki T-s diyagramında, kazana verilen toplam  $q$  ısı ve kondenserden alınan  $q_0$  ısı, bu ısıların karşılığı olan alanlar ile gösterilmiştir. Bu iki değer in farkı yararlı ısı miktarını ( $q_{yar}$ ) verir. Bu yararlı ısı miktarı şekilde 1-2ad-3-4-5-6-1 ile gösterilmiş olan çevrimin içerisinde kalan alana eşittir ve teorik olarak, türbinde yararlı işe dönüşür.

$$q_{yar} = q - q_0$$

Yararlı işin, kazana verilen toplam ısıya olan oranı bize Clausius-Rankine çevriminin termik (ısı) verimi hakkında bir fikir verebilir:

$$\eta = q_{yar} / q = q - q_0 / q$$

Termodinamik hesaplarda h-s diyagramı T-s diyagramına oranla çok daha kullanışlıdır. Çünkü bu diyagramlardan elde edilen entalpi düşüşleri, basit formüller yardımı ile bizi sonuca ulaştırır.



O halde termik verim ile iç verim bize gerçek termik verimi (ısı verim) verecektir.

$$\eta_{ger} = \eta_{ter} \cdot \eta_{iç} = \frac{h_1 - h_2}{h_1 - h_4}$$

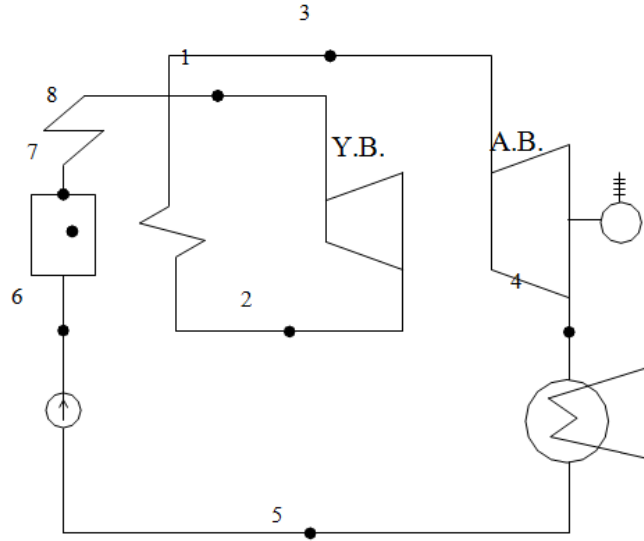
## 2.9 ÇEVİRİM VERİMİNİ ARTIRMA YOLLARI

### 2.8.1. Ara Kızdırma

Buhar çevriminde başlangıç basıncı artırılıp, kondenser basıncı sabit tutulursa entalpi düşüş miktarı artar. Ancak basınç arttırılırken aynı anda sıcaklık da arttırılmazsa ıslak buhar bölgesine girilmiş olur. Termik ve mekanik nedenlerle, türbin çıkışındaki buhar ıslaklığı %10'dan büyük olmamalıdır ( $1-X < 0,10$ ). Aksi halde su damlacıkları türbin kanatlarında erozyona sebep olur.

Buharın ıslaklık derecesi, buhar basıncı arttırıldığında, buhar sıcaklığının da arttırılması ile gerekli limitlerin altında tutulabilirse de bu çok zordur ve büyük harcamaları gerektirir.

Bu nedenle türbin tek bir gövde yerine, yüksek basınç, orta basınç ve alçak basınç gövdelerinden meydana getirilir. Taze buhar önce yüksek basınç basamaklarından geçerek sınır eğrisi yakınlarına kadar genişler.



Y.B. = Yüksek basınç A.B. = Alçak basınç

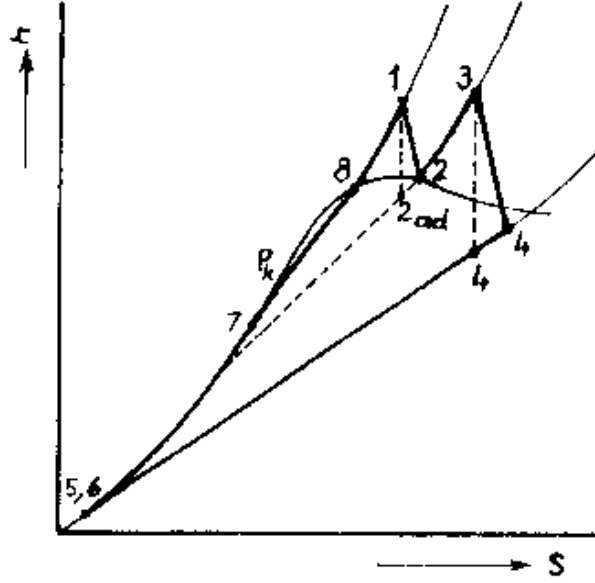
Şekil-2.10 Ara kızdırmalı bir buhar santrali

Daha sonra türbinden çıkan buhar, ara kızdırıcıda izobar olarak (2-3) yeniden ve mümkünse başlangıç sıcaklığına kadar kızdırılır. Buradan çıkan buhar türbinin orta basınç ve alçak basınç basamaklarından geçerek kondenser basıncına kadar genişler. Bu yolla buharın ıslaklık derecesi istenilen limitler içerisinde tutulmuş olur.

Şekil-2.11'de ki ara kızdırmadaki buhar santralının h-s diyagramı Şekil 2.12'de görülmektedir. Böyle bir buhar çevrimi için gerçek ısı verimi aşağıdaki gibidir.

$$\eta = \frac{(h_1 - h_2) + (h_3 - h_4)}{(h_1 - h_6) + (h_3 - h_2)}$$

Ara kızdırma, buhar çevrimi veriminde % 3-5 oranında bir artma sağlar. Ancak bununda bazı dezavantajları yok değildir. Türbinler çok gövdeli ve uzundur, yol vermesi daha zordur, gerekli boru miktarı çok fazladır ve ara kızdırıcının eklenmesi sonucu kazan maliyeti daha yüksektir.

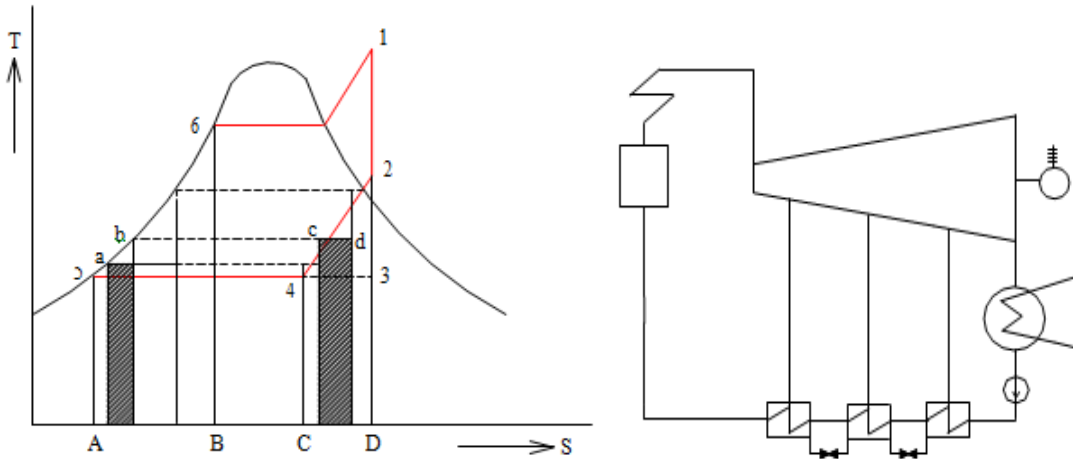


Şekil-2.11 Ara kızdırmalı bir buhar santralının h-s diyagramı

### 2.8.2. Ara Buhar Alma

Buhar çevrimini yükseltmek için uygulanabilecek bir başka metot da türbin kademelerinden alınan ara buhar ile besleme suyuna ön ısıtma uygulanmasıdır. Bu metoda rejeneratif metot da denilmektedir.

İdeal bir çevrimde ısıtmanın tümü, Carnot çevriminde olduğu gibi, mümkün olan en yüksek sıcaklıkta türbine verilmeli ve en düşük sıcaklıkta çekilmelidir. Ara buhar alma ile bu şart yaklaşık olarak sağlanabilir. Şekil-2.12'de böyle bir çevrimin T-s diyagramı ve bu çevrime göre çalışan düzenin çalışma şeması görülmektedir.



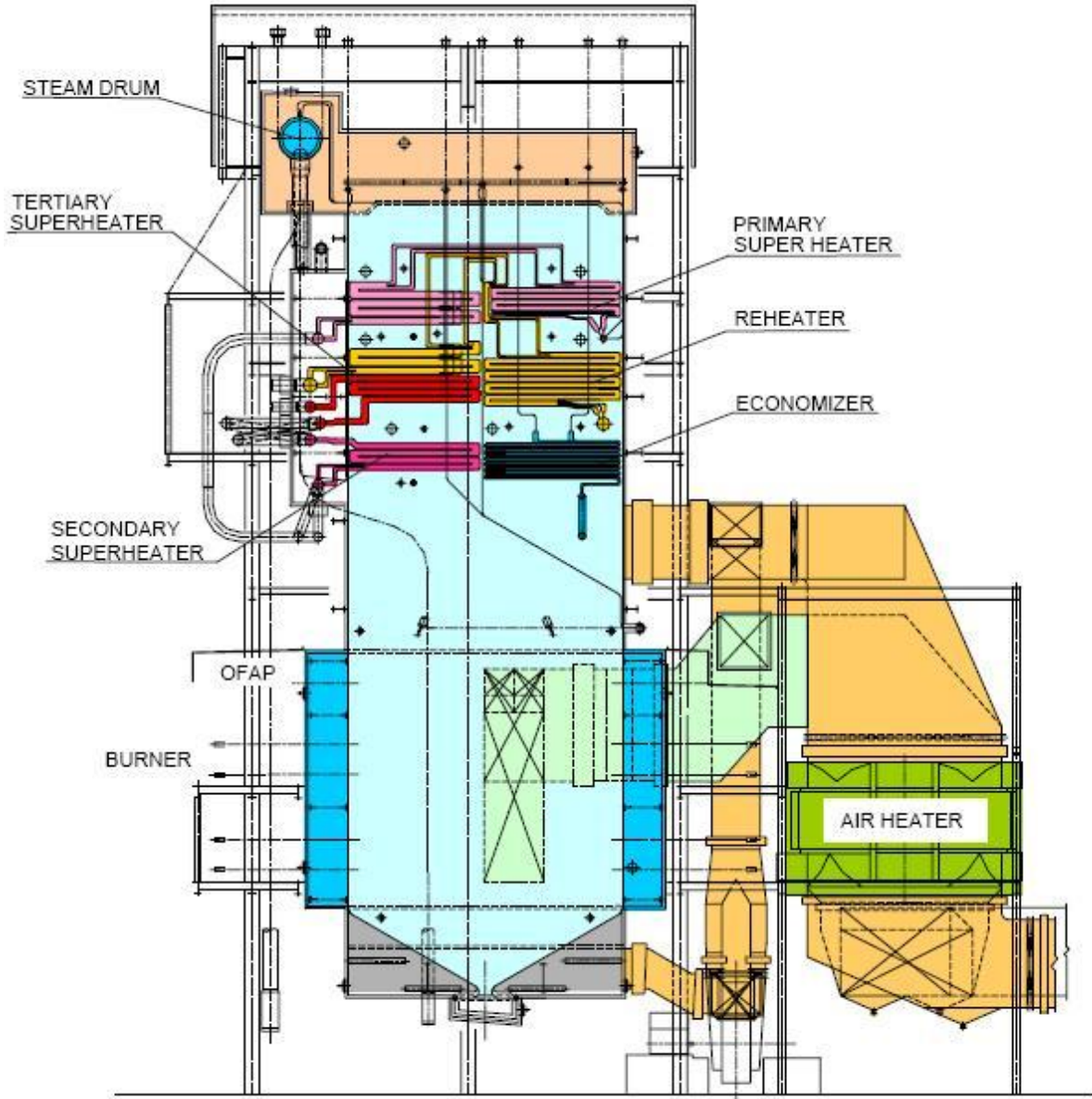
Şekil-2.12 Ara buharlı bir santralin çalışma şeması ve T-S diyagramı

## 2.9 BUHAR KAZANLARI

Yakıtın çeşitli ateşleme sistemleri ile yakılıp ısının elde edildiği bölümdür. Kazan sıcaklığı kazanın türüne göre 800-1300°C arasında değişir. Isı kazan etrafındaki ve içindeki borulardaki suyu buhar haline getirerek uygun sistemlerle türbine gönderir. Termik santral kazanlarının birçok çeşidi vardır. Bunlardan bazıları:

- Pulverize Kazanlar
- Sürüklemeli Kazanlar
- Akışkan Yataklı Kazanlar
- Atık Isı Kazanları

Ülkemizde en fazla Pulverize Kazan teknolojisi kullanılmaktadır. Bu sistemde kömür değirmenlerde öğütülerek mikron boyutunda parçalara ayrılır. Bu şekilde yanmanın homojen bir şekilde gerçekleşmesi sağlanır bu da verimi artırır.



Şekil-2.13 Termik santral kazanı ve yapısı

## 2.10 TÜRİN-JENERATÖR

Sıcak ve basınçlandırılmış buhar (genelde 500°-600°C ve 80 - 100 bar) izole boru sistemleri ile türbine gönderilir. Buhar bünyesinde barındırdığı büyük miktardaki enerjiyle türbin kanatlarını döndürmeye başlar. Türbin miline akuple edilmiş jeneratör rotoru türbinle aynı hızda döner türbin hızı belirli bir hıza ulaştığında(Çatalağzı T.S 'de 3000 dev/dak) jeneratör rotuna ikaz verilir ve jeneratör çıkışından elektrik enerjisi elde edilmiş olur, böylece santralin nihai amacı olan elektrik enerjisi elde edilmiş olur.



Şekil-2.14 Türbin-jeneratör sistemi

## 2.11 KONDENSER VE SOĞUTMA KULESİ

Türbinden çıkan, buhar enerjisi diğer bir deyişle basınç ve sıcaklığı azalmış buhar yoğunlaştırıcı (kondenser) denilen bölümde soğutulup su haline dönüştürülür. Bu işlemin sebebi buharın depolanamamasına karşılık suyun depolanabilme özelliğinin olmasıdır. Oluşan su sonra, tekrar kullanılmak üzere santralin ısı üretilen bölümüne geri gönderilir. Yoğunlaştırıcıda soğutma işini sağlayabilmek için deniz, göl veya ırmaklarda bulunan su kullanılır. Su kaynaklarından uzak bölgelerde ise santralin hemen yanında bulunan soğutma kuleleri kullanılır. Bu kulelerin üzerinde görülen beyaz duman su buharıdır. Bu suyu sisteme geri gönderen soğutma suyu pompaları ile bu işlem kapalı çevrim şeklinde sürekli devam etmektedir.





Şekil-2.15 Bir kömür santralinin soğutma kuleleri

## 2.12 TERMİK SANTRALLERİN AVANTAJLARI VE DEZAVANTAJLARI

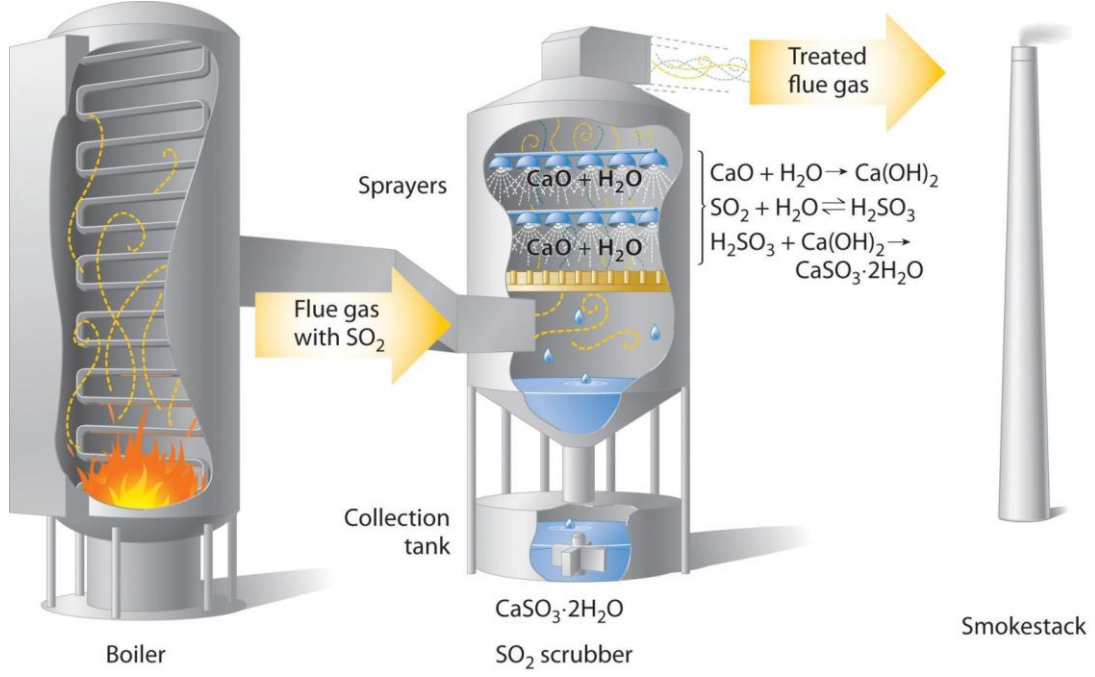
Enerji ihtiyacının giderek arttığı günümüzde fosil yakıtlardan enerji elde etmek kaçınılmaz ve oldukça gerekli bir yöntemdir. Özellikle kömür ve linyitin kullanıldığı termik santrallerin dünya üzerinde giderek yaygınlaştığı da bilinmektedir. Burada önemli olan nokta çevresel riskleri ve zararları minimuma indirilmiş sistemler tasarlamak ve kullanmaktır. Termik santrallerin yararlarını ve zararlarını şu şekilde sıralayabiliriz:

- Kurulum maliyetleri yatırımcı için oldukça uygundur.
- Yakıtın taşınabildiği her yere kurulabilir.
- Kalitesiz linyit kömürü, kömür tozları ve yakılması güç fuel-oil kullanılabildiği için ekonomiktir.

En büyük dezavantajı termik santrallerin çevresel sorunlara neden olmasıdır. Bulunduğu çevrede su, hava ve toprak kalitesini yeterli önlemler alınmadığında düşürebilir. Atmosfere SO<sub>x</sub> ve NO<sub>x</sub> emisyonları yayarak havayı kirletirler. Fakat teknolojinin gelişmesiyle birlikte bu emisyonlar minimuma indirilebilmektedir.

## 2.13 TERMİK SANTRALLERDE SOX VE NOX GİDERME

Kömür ve linyite dayalı termik santrallerde yanma sonucu kömürün yapısındaki piritik kükürt ve benzeri zararlı minerallerden kaynaklanan SO<sub>2</sub>, NO, NO<sub>2</sub> gibi atmosfere zararlı gazlar açığa çıkmaktadır. Bu gibi gazları temizlemek ve zararlarını minimum düzeye indirmek amacıyla kullanılan yöntemlere baca gazı arıtma yöntemi denir. (FGD: Flue Gas Desulphurization) . Bu yöntemler ıslak prosesler ve kuru prosesler olmak üzere ikiye ayrılır.



Şekil-2.16 Baca gazı arıtma sistemi ve ıslak kireçtaşı reaksiyonları

Bu gibi yöntemlerden en belirgini ve yaygını ıslak kireçtaşı kullanımıdır. Kireç ve SO<sub>2</sub> tepkimeye girerek bir çökelek oluşturur. Bu da zararlı gazların dışarıya verilmesini önler. Baca gazı salınmadan önce çeşitli filtre sistemleri ile zararlı gaz içeriği kireç tarafından absorblanır. Buna benzer birçok yöntem söz konusudur, aynı işlem soda tarafından yapılabilmektedir. Fakat kireç hem çok bulunabilir olmasından hem de maliyet uygunluğu açısından en çok tercih edilen malzemedir.

## 2.14 TERMİK SANTRALLERDE KULLANILAN SU

Termik santrallerde kullanılan su;

1-Su-buhar çevrimi suyu,

2-Soğutma suyu olmak üzere iki ana gruba ayrılır:

**1. Su-Buhar Çevrimi Suyu:** Yanma esnasında kazan çeperlerinde bulunan boruların içinden geçen saf su buhara dönüştürülür.

Santralde kullanılan saf suyu elde etmek için belirli kimyasal işlemlerden faydalanılır. Örnek olarak verecek olursak Çatalağzı Termik Santralinde bu su santrale 3 km uzaklıkta olan Dereköy mevkiinde bulunan göletten temin edilir.

**2. Soğutma Suyu:** Santralde soğutma suyu olarak kullanılan deniz suyu, pompalarla denizden alınır ve klorlama işlemine tabi tutulduktan sonra pompalarla sisteme gönderilir. Deniz suyu, kül ve curufun ıslanması ve nakledilmesinde, soğutma suyu tanklarında ve kondanse soğutma suyu olarak kullanılır.

**a) Kondanse Soğutma Suyu:** Alçak basınç türbininde iş görmüş buharı yoğuşurma işleminde kullanılan deniz suyudur. Sirkülasyon pompaları vasıtasıyla kondanseye basılan bu su, borulardan geçerek üzerine dökülen çürük buharı yoğuşturur.

**b) Yardımcı Soğutma Suyu:** Santralin çeşitli yerlerinde çalışan parçaların soğutulmasında kullanılan saf sudur. Soğutma işlemini tamamladıktan sonra sıcaklığı artan su, kondanse soğutma suyu ile soğutulur.

### Su Yumuşatma Yöntemleri

- Reçine Yöntemi
- Ters Osmos Yöntemi

### Reçine Yöntemi

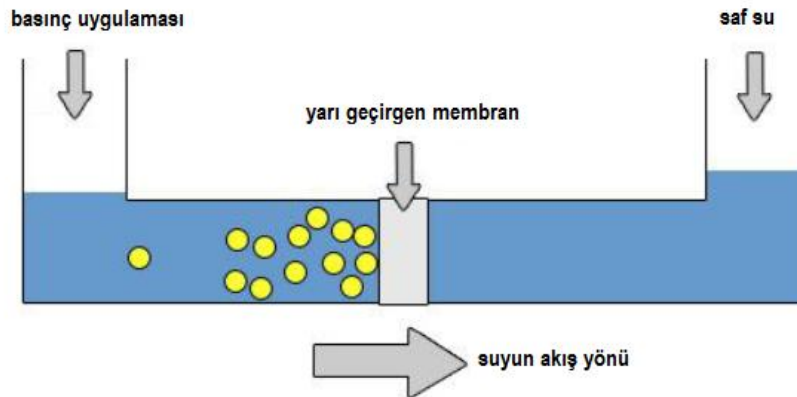
- Su kuyularından alınan su önce kum filtrelerinden geçirilir. Burada askıdaki katı partiküller ve kum filtresinde bulunan antrasit tarafından Fe tutulur.
- Kum filtresinden çıkan su kuvvetli katyon reçinesiyle dolu olan kolona gelir. Bu kolonda suyun sertliğine neden olan  $\text{Ca}^{+}$ ,  $\text{Mg}^{+}$  gibi iyonlar reçinelere tutunmuş olan  $\text{H}^{+}$  ile yer değiştirir.
- Katyon reçinelerinden geçirilip (+) iyonlarından kurtulmuş olan su degazöre gelir. Degazörde üstten yağmurlama şeklinde verilir alttan da havayla temas ettirilerek (mekanik çarpıştırma) uçucu gazlardan
- ayrıştırılır. ( $\text{CO}_2$  gibi)
- Degazörden çıkan su kuvvetli iyonik reçinesiyle dolu anyon kolonlarına gider. Sudaki (-) yüklü iyonlar ( $\text{CO}_3$ ,  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Cl}$  vb.) reçinelere tutunmuş olan  $\text{OH}^{-}$  ile yer değiştirir.
- Daha sonra su MIX-BED'e (karışık yatak) gelir. Burada katyon ve anyon reçineleri karışık olarak bulunur. Daha önceki işlemlerde kurtulmuş olabilecek iyonları bu kolon tutar.

### Reçine Yönteminde Tazeleme (Rejenerasyon):

- Katyon reçineleri işlevini yitirdiğinde yani reçinelere tutunmuş olan  $\text{H}^{+}$  iyonları azaldığında reçineler  $\text{H}^{+}$  yüklemesi için  $\text{HCl}$  ile yıkanır. Anyon reçineleri için de aynı şekilde  $\text{NaOH}$  ile yıkanarak  $\text{OH}^{-}$  yüklemesi yapılır.
- Rejenerasyon sonucu açığa çıkan atık su nötralizasyon havuzuna gelir. Burada 6 – 9 arası pH ayarlaması yapılarak doğaya verilir.
- Santralde kullanılan suyun saf olmaması buhar üretim sistemlerinde malzemenin ömrünün kısılmasına, tıkanmaya, bakım maliyetlerinde artışa sebep olur.
- $\text{Ca}$ ,  $\text{Mg}$  gibi metaller kireç yapıcı olduklarından suda istenmez. Anyon reçinelerinde tutulan  $\text{SiO}_2$  ise çok sert olduğundan buhar türbininin kanatçıklarına zarar verir. Bu nedenle sudaki miktarı en aza indirilir.

### Ters Osmos Yöntemi

- Kuyulardan çekilen suya  $\text{NaOCl}$  dozajlanır. Bunun sebebi filtreler için zararlı olan bakteri oluşumunu önlemektir. Daha sonra su kum filtresine gelir, burdan çıkışta verilen  $\text{NaOCl}$ 'yi elemine etmek için SMBS(Sodyum MetaBisülfat) verilir.
- Ayrıca sudaki kireç yapıcı iyonları askıda tutmak için antiskalat verilir. Buradan su RO-1'e gelir, iyonlar ters osmos ile tutulur.
- Arkasından RO-2'ye gelen suyun tabaka oluşturmasını engellemek için yani iyonlaşmanın kolay olması için ikinci kademelere kostik verilip pH yükseltilerek  $\text{CO}_2$  elimine edilir. ( $\text{Mg}^{+2}$  ve  $\text{Ca}^{+2}$  ayrıştırdığı için pH'nın yükselmesi sorun olmaz.)
- Verilen suyun %75'i ürün olarak alınır, %25'i atılır. (iletkenliği çok yüksektir.)



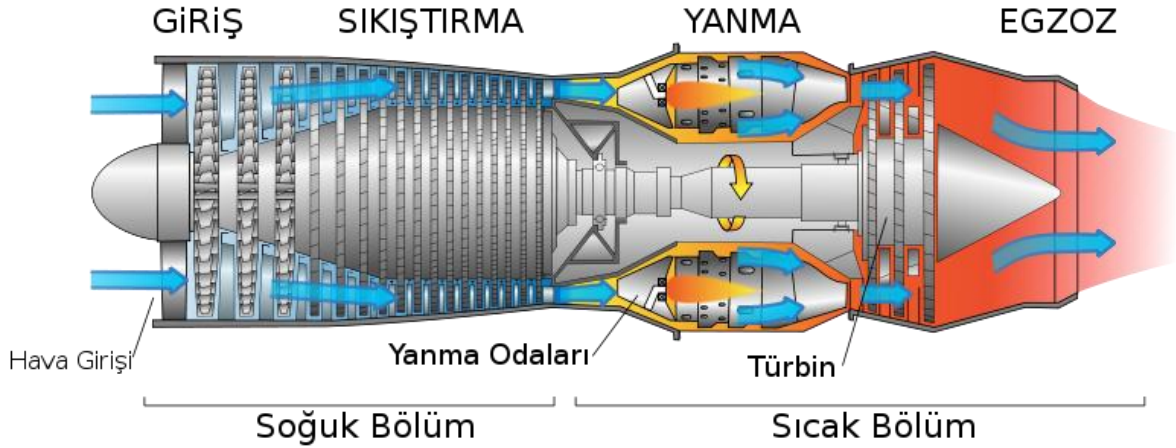
Şekil-2.17 Ters osmoz yöntemi ile suyun yumuşatılması

RO-3'ten çıkan su buraya gelir. Suyun iyonlarını alma işleminde membranlar ya anyonların ya da katyonların geçmesine izin verecek şekilde elektrotların arasına sırayla yerleştirilirler. Elektrotlar yüklendikçe anyonlar ana akımdan ayrılırlar ve anyon seçici membran içinden geçerek konsantre hücrede birikirler. Bitişik hücre duvarı katyon seçici olduğundan anyonlar buradan geçemezler. Benzer şekilde katyonlar da aynı yolu izler.

## 2.15 GAZ TÜRBİNLERİ

Gaz türbininin temel tanımını yapacak olursak, gaz türbini dönen kompresörde havayı sıkıştıran, yanma odasında yakıt-hava karışımını yakarak yanmış gazların elde edilmesini ve bunların türbinde genişlemesini sağlayarak iş elde eden içten yanmalı bir makinedir. Gaz türbinleri kompresör, yanma odası ve türbin olmak üzere üç ana donanımdan oluşmaktadır. Uçak motorlarında da kullanılan gaz türbinlerinin devir sayısı oldukça yüksektir. Çalışma prensibi ise kısaca şöyledir: Türbin ve kompresör bir mil ile birleştirilmiş olup, türbin aynı zamanda kompresörü çalıştırır. Sıkıştırma ve genişleme basınçları oranları hemen hemen aynıdır. Türbine giren gaz yüksek sıcaklıktadır ve genişlemesi sonucu, sıkıştırma için gerekli olandan daha fazla iş ortaya çıkar. Bu fazlalık motorda kullanılır. Bir gaz türbininin temel bileşenleri:

- Hava Alığı
- Kompresör
- Yanma odası
- Türbin
- Nozul



Şekil-2.17 Tipik bir gaz türbinli jet motoru şekli

Gaz türbinlerinin diğer içten yanmalı motorlara nazaran en önemli üstünlüğü, onun dönme hareketinin motor parçalarının daha yüksek hızla dönmesini sağlamasıdır. Bu sebepten verilen bir büyüklükten daha fazla güç elde edilir. buharlı türbinlere göre ise, yakıt hızlı hareket eden bir akımda yüksek basınçta yandığı için, daha küçük yanma odasına ve yüksek saflıktaki su yerine, havaya ihtiyaç duyar. Buhar türbinlerinden biraz daha farklı bir çalışma yapısına sahip olan gaz türbinleri genellikle doğalgaz yakıtlı santrallerde kullanılmaktadır. Buhar ve gaz türbinlerinin temel farkları ise şöyledir.

- Buhar türbinlerinde kanatları döndürmek için su buharı kullanılırken gaz türbinlerinde genişlemiş
- sıcak hava kullanılır
- Buhar türbinlerinde dakikadaki devir sayısı genelde 3000 rpm iken gaz türbinlerinde bu sayı oldukça fazla olup 8000-9000 rpm dir.
- Buhar türbinleri genelde kömür ve nükleer yakıtlı santrallerde kullanılırken gaz türbinleri genelde doğalgaz yakıtlı santrallerde kullanılır.

## 2.16 DOĞALGAZ KOMBİNE ÇEVİRİM SANTRALLERİ

*Doğalgaz yakıtlı kombine çevrim termik santralleri diğer fosil kaynaklı yakıt kullanan termik, nükleer ve hidroelektrik santrallerine göre daha düşük kurulum maliyeti ile daha kısa sürede işletmeye alınabilmektedirler.*

*Kombine çevrim santrallerindeki asıl amaç, atık ısı gazlarından yararlanarak buhar eldesiyle elektrik üretmek ve verimi arttırmaktır. Gaz santrallerinin tek başına verimleri düşüktür ama kombine çevrim olduğunda verimleri daha da artmaktadır ve milli ekonomiye katkı sağlanmaktadır.*

*Kombine çevrim santrallerinde gaz türbinleri ve buhar türbinleri birlikte kullanılmaktadır. Yakıt olarak doğal gaz kullanılan gaz türbinlerinden elde edilen elektrik enerjisinin yanı sıra türbin egzozundan yüksek sıcaklığa sahip egzoz gazlarının atık ısının kazana verilmesiyle elde edilen buhar ile buhar türbinlerinden de ek elektrik üretimi sağlanmaktadır.*

*Bu santrallerde gaz türbinli çevrimlerin üst sıcaklığının yüksek olması ve buhar türbinli çevrimlerin alt sıcaklıklarının düşük olması avantajları birleştirilerek tasarım koşullarında çalışmak üzere kombine çevrim verimi %50-60 civarında gerçekleştirilebilmektedir.*

### **Kombine Çevrim Santralinin Kısımları**

- Bağımsız Atık Isı Kazanı(HRSG)
- Buhar Türbin Jeneratörü(STG)
- Kondenser
- Soğutma Kulesi
- Gaz Türbini
- Jeneratör

### **Bağımsız Atık Isı Kazanı(HRSG)**

*Bağımsız atık ısı kazanı üç basınç derecesine sahiptir.*

- HP: Yüksek basınç, 45 bar civarındadır (400°C).
- IP: Orta basınç, 12 bar civarındadır (224°C).
- LP: Düşük basınç, 4 bar civarındadır (120°C).
- HP basıncı doğrudan buhar türbininde kullanılmaktadır.
- Gerekğinde IP basıncı ile desteklenmektedir.
- IP basıncı ayrıca çevre fabrikalara satılmaktadır.
- LP tesisin ihtiyacını karşılamakta ayrıca degazör grubunu beslemektedir.

### **Buhar Türbin Jeneratörü(STG)**

*STG'nin görevi, HRSG'den gelen IP ve HP buharlarının enerjisini, aynı rotorla bağlı bulunduğu jeneratör vasıtasıyla elektrik enerjisine çevirmektedir. Santralde kullanılan kontrol sistemi STG üzerinde sınırlı bir kontrole sahiptir.*

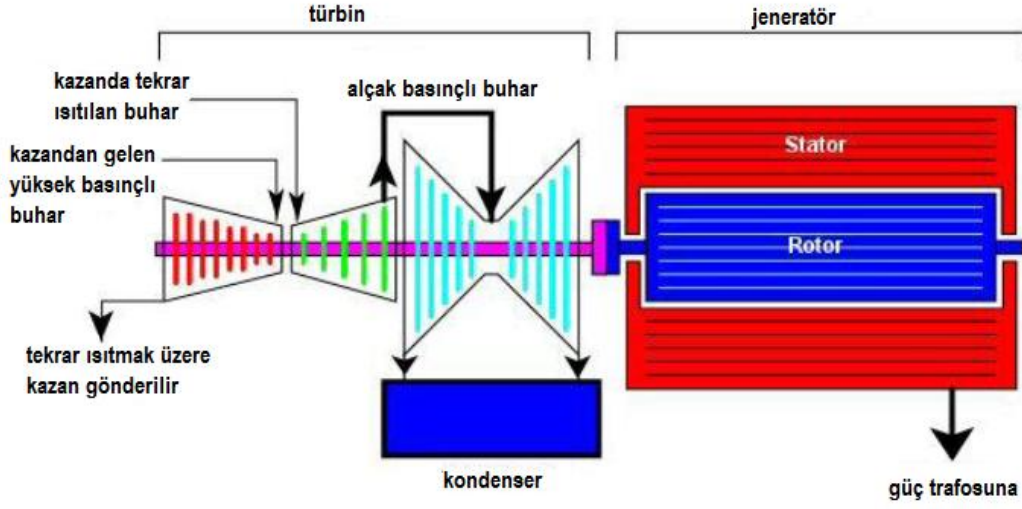
*STG buhar girişinden çıkışına doğru hacmi genişleyen bir yapıya sahiptir, 16 kademesi bulunur. Rotor üzerine yerleştirilmiş kanatçıklar ve bu kanatçıklar arasında dış gövdeye sabit olarak bağlı stator kanatçıkları sistemin temelini oluşturur.*

### **Kondenser**

*STG'nin tüm kademelerinden geçen ve özellikleri büyük ölçüde değişen buhar atılmaz ve yine STG'ye bağlı olan kondensere gönderilir. Kondenserde, soğutma kulesinden gelen 24°C deki suyu sirküle eden boru demeti bulunur. Buhar bu borular arasından geçirilerek yoğuşturulur ve yeniden kullanıma hazır hâle gelir.*



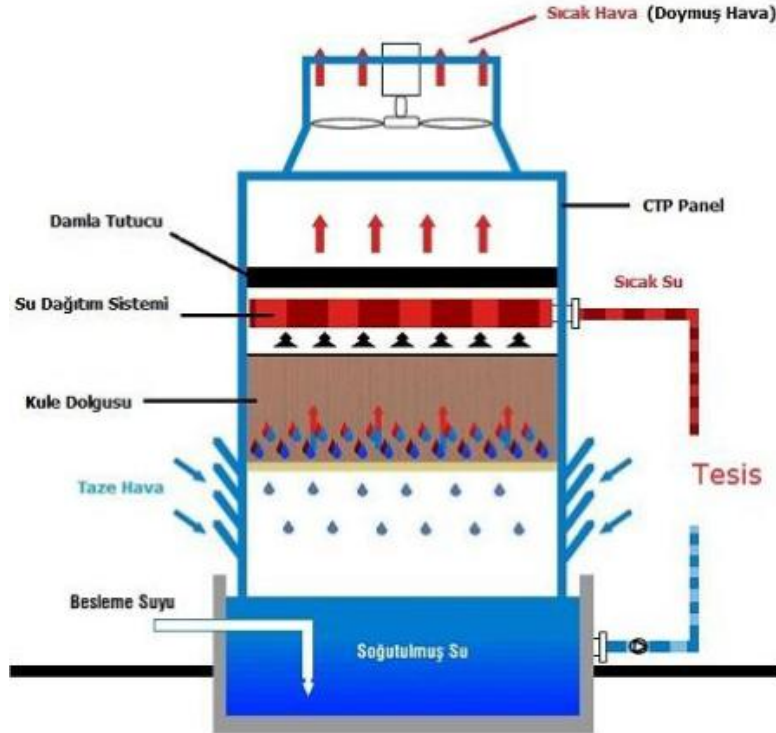
Kondenser içindeki borularda gezdirilen su ise buhar ile ısı alış-verişine girmiş ve oldukça ısınmıştır. Soğutulmak amacıyla soğutma kulesine gönderilir.



Şekil-2.18 Buhar Türbini ve Jeneratör (STG)

### Soğutma Kulesi

Su üstten bırakılır, üstteki pervaneler havayı emer ve su-hava arasında ısı alış-verişi meydana gelir. Bu işlemle soğuyan su havuza düşer. Buradan da pompalarla kondensere yeniden pompalanır.

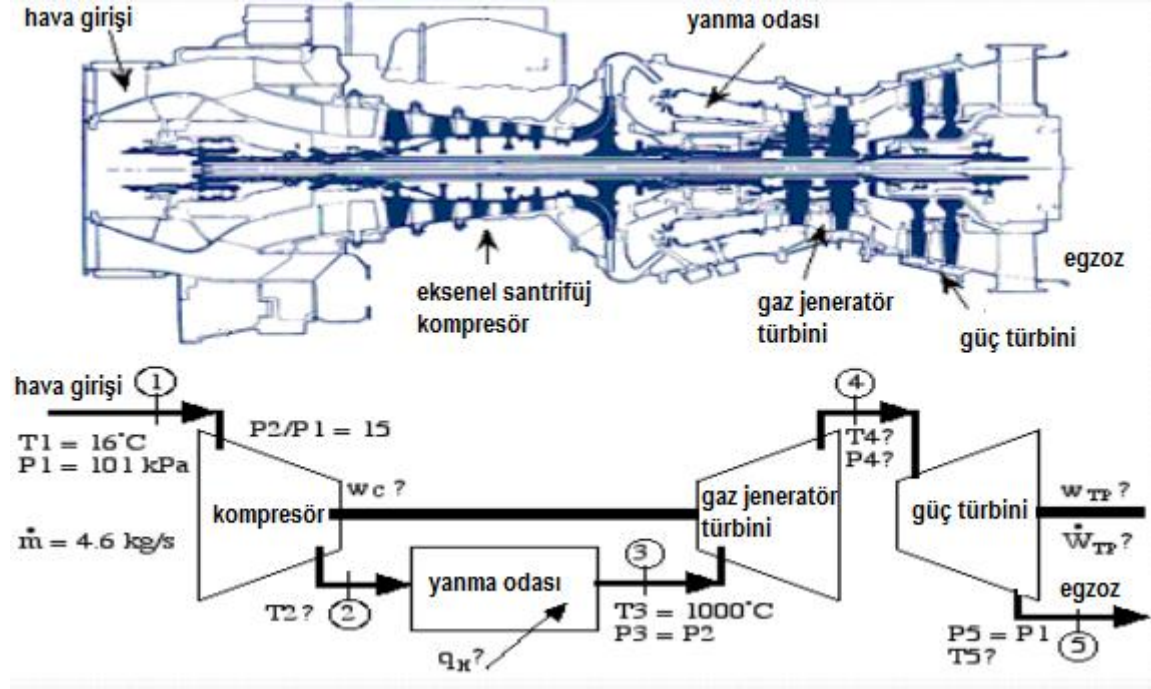


Şekil-2.19 Su soğutma kulesi



### Gaz Türbini

- Bu motorlar uçak motorlarının bir türevi olup radyan çalışan motorlardır. Birbirinin içinden geçen iki şaft mevcuttur. Şaftların birine düşük basınç kompresörü (LPC) diğerine yüksek basınç kompresörü (HPC) bağlıdır.
- Soğuyan havanın hacmi azalır prensibinden hareketle hava gaz türbinine alınmadan önce soğutulur. Hava filtresinden geçerek kompresöre gelir. Burada yüksek basınçlar-da sıkıştırılır. Sıkışan havaya doğal gaz verilip yanma odalarında ateşlenir.
- Yanma sonucu genleşen karışım türbin kısmını çevirerek güç elde edilir ve bu güç de jeneratörü çevirir. Elde edilen güç 40 MW civarındadır.



Şekil-2.20 Gaz türbini ve çevrim şeması

### Jeneratör:

Jeneratör türbin şaftının dönmesiyle oluşan mekanik gücü elektriksel güce çeviren makinedir.

N – S kutupları arasında dairesel olarak hareket ettirilen bir bobinde alternatif gerilim indüklenir. Elektrik enerjisi genellikle alternatif gerilim olarak üretilmektedir. AC jeneratörler bobin gruplarından oluşan temel iki ana parçadan oluşur.

**Stator:** Üzerinde elektrik enerjisinin indüklendiği sargının bulunduğu bölümdür.

**Rotor:** N – S kutuplarını meydana getiren sargıların bulunduğu bölümdür.

### 2.17 KOMBİNE GAZ TÜRBİNİ ÇEVİRİMLERİ

Kombine güç çevrimleri gaz ve buhar türbinlerinin birlikte kullanıldığı çevrimlerdir. Kombine çevrim fikri basit Brayton çevriminin verimini, yüksek sıcaklıklarda çalışmanın sağladığı kazançlardan yararlanmak ve egzoz gazlarıyla atılan ısı enerjisini geri kazanarak bu enerjiyi buharlı güç çevrimi gibi bir alt çevrimde ısı kaynağı olarak değerlendirmek fikrinden hareketle ortaya çıkmıştır. Kombine güç çevrimleri geçen yüzyılın başından beri tasarlanan sistemler olmasına rağmen ilk kombine çevrim santrali 1950'de kurulmuş olup, daha sonra ise hızla artan uygulamaları ile günden güne gelişim göstermektedir.

Kombine çevrimli santraller yüksek verim ve güç sunmanın yanında esnek işletme koşullarına uygun, çabuk devreye alınabilen, tam yük ve değişken yük durumlarına kolay adapte olabilen, hatta değişken yük durumlarında da yüksek verimle çalışma özelliklerine sahiptirler.



TABLO-2.1 Ülkemizde faal olan kombine çevrim santrallerinin ısı verimleri

| <b>Çevrim tipi</b>                                                                                                                   | <b>Net verim (%)<br/>ISO LVH</b> |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|
| Gaz türbini (Doğalgaz yakıtlı-Türbin giriş sıcaklığı:1042 °C)<br>(Ambarlı % no'lu GT ünitesi performans değeri:1989)                 | 33,8                             |
| Buhar türbini (buhar şartları 60 bar/530 °C)                                                                                         | 34                               |
| Buhar türbini (buhar şartları 120 bar/530 °C)                                                                                        | 37                               |
| Tekrar kızdırmalı buhar türbini (190 bar/530 °C/530 °C)                                                                              | 41                               |
| Süper kritik basınçlı-tekrar kızdırmalı buhar türbini (254 bar /541 °C/569 °C)<br>(20x80 MW ShidongkouTS/Çin-Performans değeri 1992) | 42                               |
| Akışkan yataklı kombine çevrim santrali (140 bar/540 °C/540 °C)<br>(2x80 MW GT + 573 MW BT-GT giriş sıcaklığı 830 °C)                | 44,1                             |
| Kömür-Gaz kombine çevrim santrali<br>(110 bar/520 °C/520 °C) Kobra 300 MW demonstrasyon santrali-Goldenberg)                         | 45                               |
| İki basınç kademeli-tekrar kızdırmalı kombine çevrim<br>(Ambarlı K. Ç. Santrali 1.Blok Performans değeri:1991)                       | 52,5                             |
| Üç basınç kademeli – Tekrar kızdırmalı kombine çevrim<br>(1400 MW Bursa Kombine Çevrim Santrali Garanti Değeri)                      | 55<br>(ISO)                      |

**Performans Kriterleri**

- Güç santrallerinin tasarımında performans kriterleri çevrim performansını en üst düzeyde tutacak şekilde seçilir.
- Çevrim maksimum sıcaklığı gaz türbini sisteminde kullanılan malzemeye bağlı olarak seçilir.
- Performansa etki eden diğer bir etken ise çevre koşullarıdır. Santral elemanlarının tasarımında santralin tam yükte çalıştığı ve çevre koşulları olarak da genellikle 15°C çevre sıcaklığı, %60 bağıl nem ve 101,3 kPa atmosfer basıncı (ISO koşulları) baz alınır. Santralin işletmesi esnasında çevre koşullarını santralin bulunduğu yerdeki ortam basıncı, sıcaklığı ve bağıl nem oluşturur, bu parametreler ise tasarım koşullarından bağımsızdır. Dolayısıyla çevre koşullarının tasarım koşullarından farklı olmasına bağlı olarak santralin performansı artar veya azalır. Basınç ve bağıl nemin değişiminin santral performansı üzerindeki etkisi genel olarak sıcaklığın etkisi yanında ihmal edilebilecek düzeydedir.