



# Termodinamik 2

## Rankine Çevrimi

Hakan Aktaş 18065037

Problemde bizden bir buharlı güç santrali sayesinde küçük bir yerleşim yerinin ihtiyacını karşılamamız isteniyor. Bu istek basit bir Rankine çevrimi ile gerçekleştirilecektir. Ancak yapacağımız analizde uygun kabullere ve bilinmesi gereken verilere ihtiyacımız var.

1-Çevrimdeki pompa ve türbinin izantropik verimi(şoruda %90 olarak belirtilmiştir.)

2\_Çevre koşullarının bilinmesi

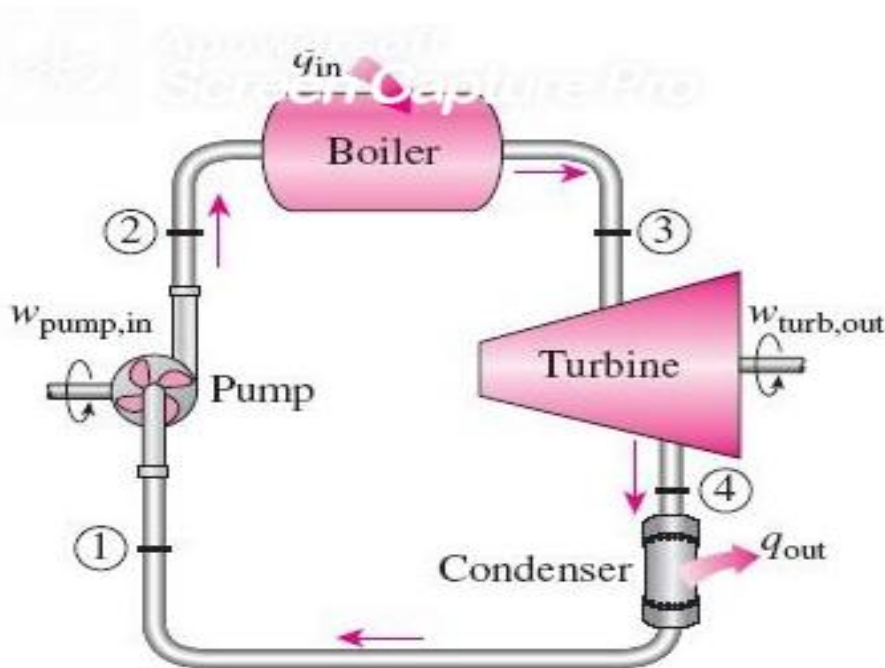
3-Türbine girecek olan akışın basınç ve sıcaklık değerlerinin bilinmesi.

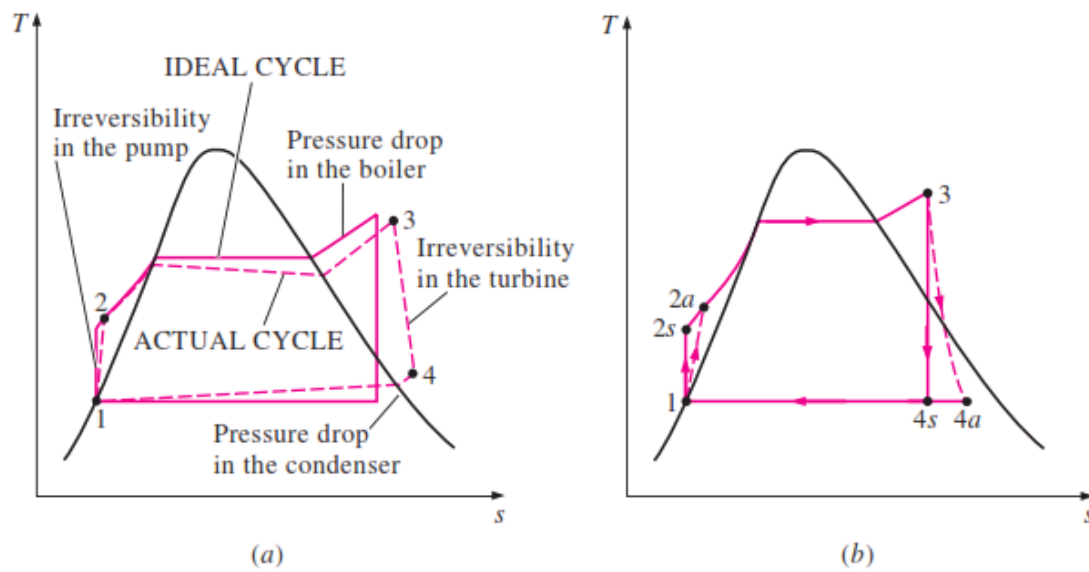
4-Yoğuşturucudaki yoğuşma basıncının bilinmesi.

5-Akışa verilecek olan ısı enerjisinin sahibi olan kaynağın sıcaklığının bilinmesi.

6-Fazla ısının verildiği ortamın sıcaklığının bilinmesi.

7-Cycle tempo programının çalışma prensibinden dolayı;başta üretilecek bir enerji değeri hedeflenmesi gerekiyor.





### 1-2 compression in the pump

$$mBE: \dot{m}_1 = \dot{m}_2$$

$$EBE: \dot{m}_1 h_1 + \dot{W}_{pump} = \dot{m}_2 h_2$$

$$h_1 + w_{pump} = h_2$$

$$w_{pump} = v(P_2 - P_1) \checkmark$$

$$EnBE: \dot{m}_1 s_1 + \dot{S}_{gen} = \dot{m}_2 s_2 \checkmark$$

$$\underline{s_1 + s_{gen} = s_2 \Rightarrow s_{gen} = 0!}$$

$$= (ideal) \checkmark$$

$$ExBE: \dot{m}_1 ex_1 + \dot{W}_c = \dot{m}_2 ex_2 + \dot{E}x_D$$

$$ex_1 + w_c = ex_2 + ex_D \checkmark$$

## 2-3 Constant-pressure heat addition in the boiler

$$mBE: \dot{m}_2 = \dot{m}_3 \quad \checkmark$$

$$EBE: \dot{m}_2 h_2 + \dot{Q}_{in} = \dot{m}_3 h_3$$
$$h_2 + q_{in} = h_3 \quad \checkmark$$

$$EnBE: \dot{m}_2 s_2 + \frac{\dot{Q}_{in}}{T_s} + \dot{S}_{gen} = \dot{m}_3 s_3$$
$$s_2 + \frac{q_{in}}{T_s} + s_{gen} = s_3 \quad \checkmark$$

$$ExBE: \dot{m}_2 ex_2 + \dot{E}x^{Q_{in}} = \dot{m}_3 ex_3 + \dot{E}x_D \quad \checkmark$$
$$ex_2 + ex^{Q_{in}} = ex_3 + ex_D$$

## 3-4 isentropic expansion in the turbine

$$mBE: \dot{m}_3 = \dot{m}_4 \quad \checkmark$$

$$EBE: \dot{m}_3 h_3 = \dot{m}_4 h_4 + \dot{W}_T$$

$$h_3 = h_4 + w_T \quad \checkmark$$

$$EnBE: \dot{m}_3 s_3 + \dot{S}_{gen} = \dot{m}_4 s_4$$

$$\underline{s_3} + \underline{s_{gen}} = \underline{s_4} \quad \checkmark \quad s_{gen} = 0 \text{ (ideal)}$$

$$ExBE: \dot{m}_3 ex_3 = \dot{m}_4 ex_4 + \dot{W}_T + \dot{E}x_D$$

$$ex_3 = ex_4 + w_T + ex_D \quad \checkmark$$

#### 4-1 Constant-pressure heat rejection in the condenser

$$\begin{aligned} mBE: \dot{m}_4 &= \dot{m}_1 \\ EBE: \dot{m}_4 h_4 &= \dot{m}_1 h_1 + \dot{Q}_{out} \\ h_4 &= h_1 + q_{out} \end{aligned}$$

$\dot{m}_{cw,in} = \dot{m}_{cw,out}$   
 $\dot{m}_{cw} \cdot h_{in} + \dot{Q}_{in} = \dot{m}_{cw} \cdot h_a$

$$EnBE: \dot{m}_4 s_4 + \dot{S}_{gen} = \dot{m}_1 s_1 + \frac{\dot{Q}_{out}}{T_b}$$

$$s_4 + s_{gen} = s_1 + \frac{q_{out}}{T_b}$$

$$ExBE: \dot{m}_4 ex_4 = \dot{m}_1 ex_1 + \dot{E}_x^{Q_{out}} + \dot{E}_x^D$$

$$ex_4 = ex_1 + ex^{Q_{out}} + ex^D$$

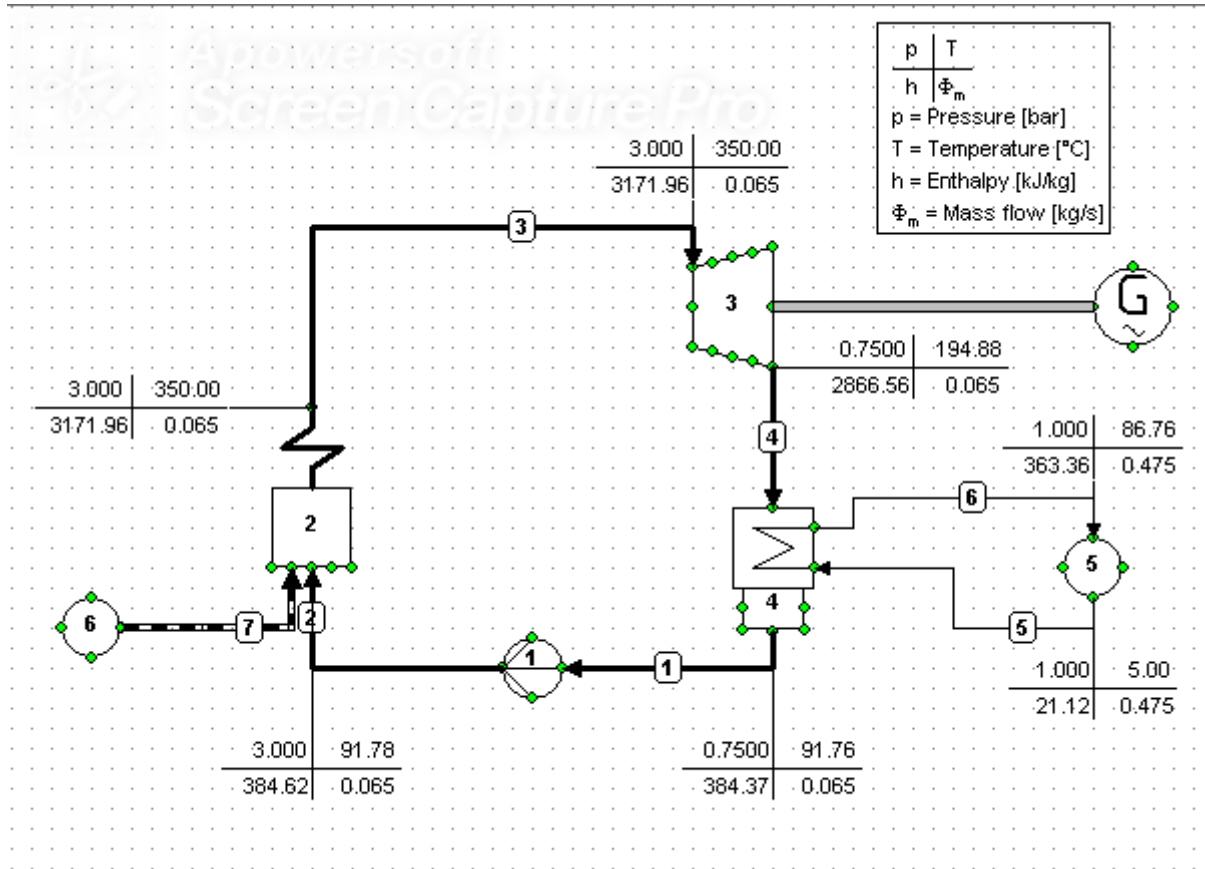
O halde problemi oluşturalım: Rankine çevrimine göre çalışan bir güç santrali düşünelim. Akışın türbine girişteki basıncı 3MPa ve 350 Celcius derece; yoğuşturucudaki kısılma basıncı ise 75kPa'dır. Gerekli ısı ise 400 Celcius derece sıcaklığındaki bir kaynaktan sağlanmakta atık ısı ise 5 Celcius derece sıcaklığındaki bir ortama verilmektedir.

\*Güç santralini üretmeyi hedeflediği enerji 0.02 MegaWatt değerindedir.

(Çevre koşulları 15 Celcius derece ve 1.01325 bardır.)

\*\*Cycle tempo programı başlangıçta akışa katılan madde ile yakıt olacak maddenin aynı olması gerekiyor. Aksi halde uygulama hata vermektedir.

Bu bilgiler ışığında sistemde IF97Water/Steam dolaşımının sonuçları şöyledir:



\*Uygulama verilen bilgilere göre otomatik olarak kütle akış hızını belirlemektedir.

Pipe no.	Medium	Mass flow [kg/s]	Molar flow [kmol/s]	Volume flow [m3/s]	Pressure [bar]	Temperature [°C]	Enthalpy [kJ/kg]	Entropy [kJ/kg.K]	Quality [%]
1	WATERSTM	0.065	0.004	6.7927e-05	0.7500	91.76	384.37	1.2130	0.00
2	WATERSTM	0.065	0.004	6.7920e-05	3.000	91.78	384.62	1.2130	0.00
3	WATERSTM	0.065	0.004	0.062452	3.000	350.00	3171.96	7.8749	100.00
4	WATERSTM	0.065	0.004	0.18786	0.7500	194.88	2866.56	7.9488	100.00
5	WATERSTM	0.475	0.026	0.00047499	1.000	5.00	21.12	0.0763	0.00
6	WATERSTM	0.475	0.026	0.00049094	1.000	86.76	363.36	1.1549	0.00
7	WATERSTM	0.000	0.000	0.0000	1.000	400.00	3278.54	8.5451	100.00
				0.0000	3.000	400.00	3278.54	8.0392	100.00

No.	Name	Type	Energy loss (enthalpy) [kW]	Energy loss (HHV) [kW]	Energy loss (LHV) [kW]
2	Boiler	1	-182.54	-182.54	-182.54
3	Turbine	3	20.00	20.00	20.00
4	Condenser	4	0.00	0.00	0.00
1	Pump	8	-0.02	-0.02	-0.02
5	Sink/Source	10	162.56	162.56	162.56
6	Sink/Source	10	0.00	0.00	0.00
7	Pipe		0.00	0.00	0.00
	Total:		0.00	0.00	0.00

	No.	Parameters	Type	Energy [kW]	Totals [kW]
Absorbed power	2	Boiler	1	182.54	182.54
Delivered gross power	1	Generator	G	20.00	20.00
Aux. power consumption	1	Pump	8	0.03	0.03
Delivered net power					19.97
Efficiencies	gross			10.957 %	
	net			10.941 %	

Aşağıda uygulamanın verileri kullanılarak hesaplanan enerji ekserji ve entropi denklemleri görülmektedir.

**1-2 Pompa ile Sıkıştırma**  
 $W_{Pompa} = \dot{m}(h_2 - h_1), \dot{m} = \dot{m}_2 = \dot{m}_1$   
 $= 0,065(384,62 - 384,37) = 0,01625 \text{ kW}$   
 $\dot{S}_{\text{üretilen}} = \dot{m}(s_2 - s_1) = 0,065(1,2130 - 1,2130)$   
 $(1-2) \approx 0, \dot{X}_{\text{yıkım}} = T_0 \dot{S}_{\text{üretilen}} \approx 0$   
 $(1-2) \quad (1-2)$

**2-3 Sabit Basıncıta Isı Girişi**  
 $\dot{Q}_{\text{giriş}} = \dot{m}(h_3 - h_2), \dot{m}_2 = \dot{m} = \dot{m}_3$   
 $= 0,065(3171,96 - 384,62) = 181,1771 \text{ kW}$   
 $\dot{S}_{\text{üretilen}} = \dot{m}(s_3 - s_2) - \frac{\dot{Q}_{\text{in}}}{T_{\text{ortam}}} =$   
 $(2-3) \quad 0,065(7,8749 - 1,2130) - \frac{181,1771}{673} = 0,1638 \frac{\text{kJ}}{\text{s} \times \text{K}}$   
 $\dot{X}_{\text{yıkım}} = T_0 \dot{S}_{\text{üretilen}} = 288 \times 0,1638 = 47,1744 \text{ kW}$   
 $(2-3) \quad (2-3)$

**3-4 Türbinde Genişleme**  
 $\dot{W}_{\text{türbin}} = \dot{m}(h_3 - h_4), \dot{m}_3 = \dot{m}_4 = \dot{m}$   
 $= 0,065(3171,96 - 2866,56) = 19,851 \text{ kW}$   
 $\dot{S}_{\text{üretilen}} = \dot{m}(s_4 - s_3) = 0,065(7,9488 - 7,8749)$   
 $(2-3) = 4,8035 \times 10^{-3} \text{ kJ/s} \times \text{K}$   
 $\dot{X}_{\text{yıkım}} = T_0 \dot{S}_{\text{üretilen}} = 288 \times 4,8035 \times 10^{-3} = 1,3834 \text{ kW}$   
 $(3-4) \quad (3-4)$

**4-1 Sabit Basıncıta Isı Geçisi**  
 $\dot{Q}_{\text{çıkış}} = \dot{m}(h_4 - h_1), \dot{m}_4 = \dot{m}_1 = \dot{m}$   
 $= 0,065(2866,56 - 384,37) = 161,34235 \text{ kW}$   
 $\dot{S}_{\text{üretilen}} = \dot{m}(s_1 - s_4) + \frac{\dot{Q}_{\text{çıkış}}}{T_{\text{ortam}}}$   
 $(4-1) = 0,065(1,2130 - 7,9488) + 161,3425/278$   
 $= 0,14254 \text{ kJ/s} \times \text{K}$   
 $\dot{X}_{\text{yıkım}} = T_0 \dot{S}_{\text{üretilen}} = 288 \times 0,14254 = 41,05152 \text{ kW}$   
 $(4-1) \quad (4-1)$

Hakan Aktaş  
18065037

\*Sürekli bir akışa sahip olduğumuz düşünülürse ekserji yıkımını ortam sıcaklığı ile üretilen entropi değerinin çarpımı ile bulabiliriz.\*

Toplam tersinmezlik ise bütün proseslerde oluşan ekserji yıkımlarının toplamıdır. Yani;  $47,1744 + 1,3834 + 41,05152 = 89,60932 \text{ kW}$ .

(Uygulamada ekserji ile alakalı denklemlere ulaşamadım. Nedeni demo sürümünden dolayı olabilir bilemiyorum.)

Denklemlerle hesaplanan enerji değerleri uygulamanın verdiği değerlere oldukça yakındır. Bu da tutarlı bir çevrim oluşturduğumuzu göstermektedir. Ayrıca  $W_{\text{net}}$  değeri  $19,8185 \text{ kW}$  olarak bulunuyor.



4 kişilik bir ailenin ayda ortalama 230KW\*saat elektrik tüketiminde bulunduğunu düşünürsek 62 hanelik bir yerleşim yerinin saatlik elektrik ihtiyacını karşılayabilecek enerjiyi üretebiliyoruz.

\*Dikkat edilmelidir ki  $\dot{W}_{t\ddot{u}rbin}$  ile değil  $\dot{W}_{net}$  ile işlem yapıyoruz. Her ne kadar elde edilecek enerji  $\dot{W}_{t\ddot{u}rbin}$  değeri olsa da (jeneratörün %100 verim ile çalıştığını düşünelim.) Bu değerin bir kısmı ( $\dot{W}_{pompa}$ ) pompayı çalıştırmak için geri iş olarak harcanıyor.\*

Sistemin verimini elde ettiğimiz değerler ile hesaplayacak olursak;

$$1. \text{Yasa Verimi} = \dot{W}_{net} / \dot{Q}_{giren} = (\dot{W}_{t\ddot{u}rbin} - \dot{W}_{pompa}) / \dot{Q}_{giren}$$

$$= (19,981 - 0,1625) / 181,1771 = 0,109387 \cong \%11$$

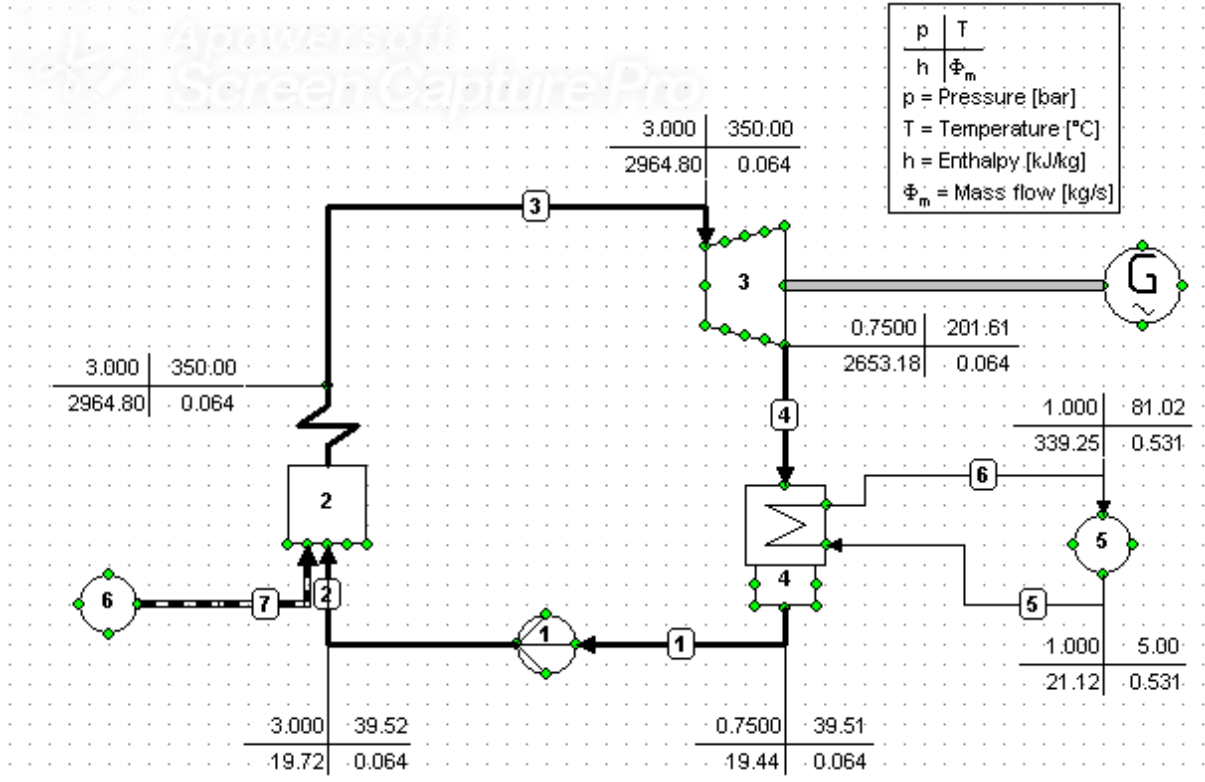
$$2. \text{Yasa Verimi} = \dot{W}_{net} / E_{x^{Q_{in}}} = (19,981 - 0,1625) / ((1 - 288/673)181,1771)$$

$$= 0,191214 \cong \%19$$

Hakan Aktaş 18065037

Peki bu değerler ne anlama geliyor? Birinci yasa veriminden anlıyoruz ki; 100 birimlik enerji verip 11 birimlik enerji elde etmişiz.2.yasa veriminin bize söylediği şey ise; mükemmel koşullarda en fazla elde edilebilecek enerji 100 birimken biz 18 birim enerji elde etmişiz.Sonuçlar pek de iç açıcı görünmüyor.

şimdi de çevrimde %30'luk amonyak/su karışımını kullanalım:(Önemli noktaları ilk örnekte açıkladık.Tekrar değinmeye gerek olduğunu düşünmüyorum.)



hakan2: Data for all pipes

Pipe no.	Medium	mass flow [kg/s]	mole flow [kmol/s]	Volume flow [m3/s]	Pressure [bar]	Temperature [°C]	Enthalpy [kJ/kg]	Entropy [kJ/kg.K]	Quality [%]	Mass fraction [-]
1	NH3-H2O	0.064	0.004	6.9896e-05	0.7500	39.51	19.44	0.5049	0.00	0.2000
				6.9896e-05	0.7500	39.51	19.44	0.5049	0.00	0.2000
2	NH3-H2O	0.064	0.004	6.9889e-05	3.000	39.52	19.72	0.5050	0.00	0.2000
				6.9889e-05	3.000	39.52	19.72	0.5050	0.00	0.2000
3	NH3-H2O	0.064	0.004	0.061948	3.000	350.00	2964.80	7.9095	100.00	0.2000
				0.061948	3.000	350.00	2964.80	7.9095	100.00	0.2000
4	NH3-H2O	0.064	0.004	0.18895	0.7500	201.61	2653.18	7.9837	100.00	0.2000
				0.18895	0.7500	201.61	2653.18	7.9837	100.00	0.2000
5	WATERSTM	0.531	0.029	0.00053135	1.000	5.00	21.12	0.0763	0.00	
				0.00053135	1.000	5.00	21.12	0.0763	0.00	
6	WATERSTM	0.531	0.029	0.00054711	1.000	81.02	339.25	1.0874	0.00	
				0.00054711	1.000	81.02	339.25	1.0874	0.00	
7	NH3-H2O	0.000	0.000	0.0000	1.000	400.00	3080.90	8.6004	100.00	0.2000
				0.0000	3.000	400.00	3080.90	8.0884	100.00	0.2000

hakan2: System efficiencies

	No.	Apparatus	Type	Energy [kW]	Totals [kW]
Absorbed power	2	Boiler	1	189.02	189.02
Delivered gross power	1	Generator	G	20.00	20.00
Aux. power consumption	1	Pump	8	0.03	0.03
Delivered net power					19.97
Efficiencies gross				10.581 %	
net				10.566 %	

hakan2: Energy balance

No.	Name	Type	Energy loss (enthalpy) [kW]	Energy loss (HHV) [kW]	Energy loss (LHV) [kW]
2	Boiler	1	-189.02	-189.02	-189.02
3	Turbine	3	20.00	20.00	20.00
4	Condenser	4	0.00	0.00	0.00
1	Pump	8	-0.02	-0.02	-0.02
5	Sink/Source	10	169.03	169.03	169.03
6	Sink/Source	10	0.00	0.00	0.00
3	Pipe		0.00	0.00	0.00
7	Pipe		0.00	0.00	0.00
	Total:		0.00	0.00	0.00

Aşağıda uygulamanın verileri kullanılarak hesaplanan enerji ekserji ve entropi denklemleri görülmektedir.

**1-2 Pompa'da Sıkıştırma**

$$W_{pompa} = \dot{m}(h_2 - h_1), \dot{m} = \dot{m}_2 = \dot{m}_1$$

$$= 0,064(19,72 - 19,44) = 0,01792 \text{ kW}$$

$$\dot{S}_{\text{üretilen}} = \dot{m}(s_2 - s_1) = 0,064(0,5050 - 0,5049)$$

$$(1-2)$$

$$= 6,4 \times 10^{-6} \text{ kJ/s} \cdot \text{K}, \dot{X}_{\text{yıkım}} = T_0 \dot{S}_{\text{üretilen}} (1-2)$$

$$= 288 \times 6,4 \times 10^{-6} = 1,8432 \times 10^{-3} \text{ kW}$$

**2-3 Sabit Basıncıta Isı Girişi**

$$\dot{Q}_{\text{giren}} = \dot{m}(h_3 - h_2), \dot{m}_2 = \dot{m} = \dot{m}_3 =$$

$$0,064(2964,80 - 19,72) = 188,4851 \text{ kW}$$

$$\dot{S}_{\text{üretilen}} = \dot{m}(s_3 - s_2) - \frac{\dot{Q}_{\text{giren}}}{T_{\text{köşnek}}}$$

$$(2-3)$$

$$= 0,064(7,9095 - 0,5050) - 188,4851/673 =$$

$$= 0,19382 \text{ kJ/s} \cdot \text{K}, \dot{X}_{\text{yıkım}} = T_0 \dot{S}_{\text{üretilen}} (2-3)$$

$$= 288 \times 0,19382 = 55,82016 \text{ kW}$$

**3-4 Türbinde Genişleme**

$$W_{\text{Türbin}} = \dot{m}(h_3 - h_4), (\dot{m} = \dot{m}_3 = \dot{m}_4) = 0,064(2964,80 -$$

$$2653,18) = 19,94368 \text{ kW}$$

$$\dot{S}_{\text{üretilen}} = \dot{m}(s_4 - s_3) = 0,064(7,9837 - 7,9095)$$

$$(3-4)$$

$$= 4,7488 \times 10^{-3} \text{ kJ/s} \cdot \text{K}$$

$$\dot{X}_{\text{yıkım}} = T_0 \dot{S}_{\text{üretilen}} = 288 \times 4,7488 \times 10^{-3} = 1,3676544 \text{ kW}$$

$$(3-4) \quad (3-4)$$

**4-1 Sabit Basıncıta Isı Geçiş**

$$\dot{Q}_{\text{çıkan}} = \dot{m}(h_4 - h_1), (\dot{m} = \dot{m}_4 = \dot{m}_1) = 0,064(2653,18 -$$

$$19,44) = 168,55936 \text{ kW}$$

$$\dot{S}_{\text{üretilen}} = \dot{m}(s_1 - s_4) + \frac{\dot{Q}_{\text{çıkan}}}{T_{\text{kışkık}}}$$

$$(4-1)$$

$$= 0,064(0,5049 - 7,9837) + 168,55936/278$$

$$\approx 0,12768 \text{ kJ/s} \cdot \text{K}$$

$$\dot{X}_{\text{yıkım}} = T_0 \dot{S}_{\text{üretilen}} = 36,77184 \text{ kW}$$

$$(4-1) \quad (4-1)$$

Hakan Aktaş 1806503

Toplam tersinmezlik 92.598592 KW olarak bulunuyor.

Wnet değeri 19.92576 KW olarak bulunuyor. Bu da yaklaşık olarak 62 hanenin saatlik elektrik ihtiyacı karşılanabiliyor demektir.

Şimdi verimleri inceleyelim:

$$1. \text{Yasa Verimi} = \dot{W}_{\text{net}} / \dot{Q}_{\text{giren}} = (\dot{W}_{\text{Türbin}} - \dot{W}_{\text{pompa}}) / \dot{Q}_{\text{giren}}$$

$$= (19,94368 - 0,01792) / 188,4851 \approx 0,105715 \approx \%10,5$$

$$2. \text{Yasa Verimi} = \dot{W}_{\text{net}} / E_x^{Q_{\text{in}}} = (19,94368 - 0,01792) / \left( \left( 1 - \frac{288}{673} \right) 188,4851 \right)$$

$$\approx 0,184795 \approx \%18,5$$

Hakan Aktaş 18065037

Sisteme giren 100 birim enerjiye karşılık 10.5 birim enerji elde ediyoruz ve maksimum 100 birim enerji elde edilebilecek bir durumdan 18.5 enerji elde ediyoruz. İlk örneğe benzer bir durum.

## Final

Bu çalışmada basit bir Rankine çevrimini inceledik.Çevrimin enerji entropi ekserji ve verim değerlerini hesapladık.Şimdi çevrimle ilgili yorumlarda bulunalım.

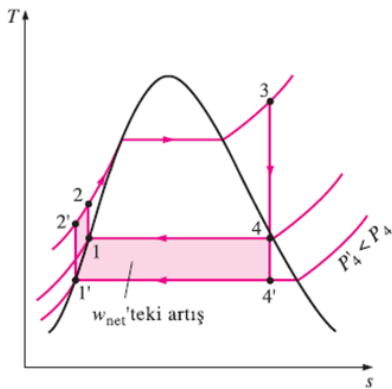
Görüyoruz ki kullandığımız iki akışkan için çok büyük bir kütle debisi farkı oluşmadı.Verimler de birbirine çok yakın(%0.5'lik bir fark söz konusu).

Bu iki çevrimden bağımsız olarak, bir Rankine çevrimini verimli hale getirmek için neler yapılabilir ?

Bir güç çevriminin ısıl verimini artırmaya yönelik bütün değişikliklerin arkasında yatan temel düşünce aynıdır:

*kazanda iş akışkanına ısı geçişinin sağlandığı ortalama sıcaklığın yükseltilmesi veya yoğuşturucuda iş akışkanından ısınin atıldığı ortalama sıcaklığın düşürülmesi" şeklinde özetlenebilir.*

### Yoğuşturucu Basıncının Düşürülmesi (TL,ort 'yı düşürür)



Düşük basınç sonucu ısıl verimdeki artıştan yararlanmaya yönelik olarak buharlı güç santrallerindeki yoğuşturucular genellikle atmosfer basıncının oldukça altında çalıştırılırlar. Fakat yoğuşturucu basıncının düşürülebileceği bir alt sınır vardır.

**Yan etkisi:** Türbinin son kademelerinde kuruluk derecesinin azalmasıdır. Buharın içinde sıvı zerreciklerinin bulunması hem türbin veriminin azalmasına, hem de türbin kanatlarının aşınmasına yol açar.

Yoğuşturucu basıncının düşürülmesinin ideal Rankine çevrimi üzerindeki etkisi.

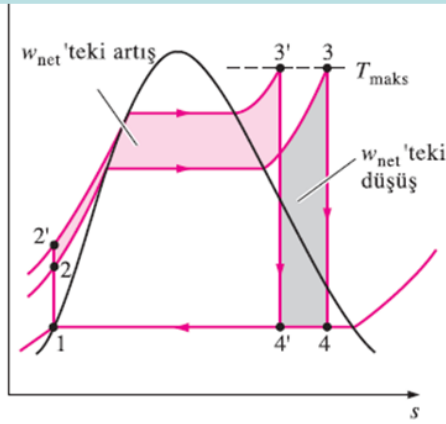


Apowersoft  
Screen Capture Pro

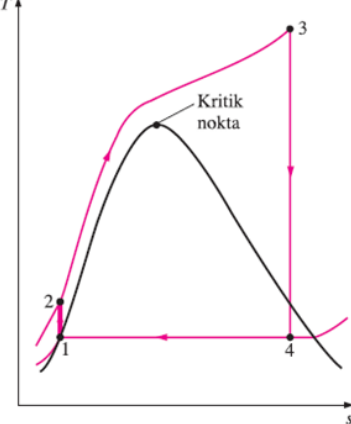
## Kazan Basıncının Yükseltilmesi ( $T_{H, \text{ort}}$ 'yı yükseltir)

Türbin giriş sıcaklığının sabit tutulması durumunda çevrimin sola doğru kaydığına ve türbin çıkışında buharın kuruluk derecesinin azaldığına dikkat edilmelidir.

Günümüzde bir çok modern buharlı güç santralleri kritik basıncın üzerindeki basınçlarda ( $P > 22.09 \text{ MPa}$ ); fosil yakıtlı santrallerde yaklaşık yüzde 40 ısı verimle, nükleer santrallerde ise yüzde 34 ısı verimle çalışmaktadır.



Kazan basıncının yükseltilmesinin ideal Rankine çevrimi üzerindeki etkisi.

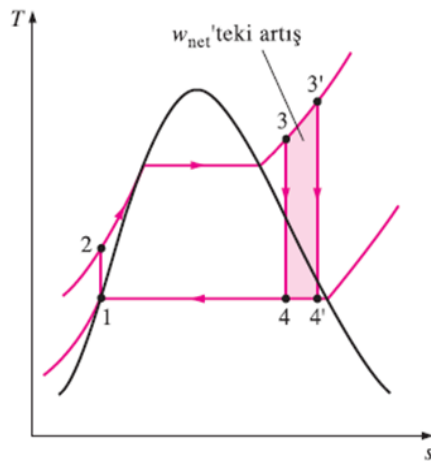


Kritik basınç üzerinde çalışan bir Rankine çevrimi.



Apowersoft  
Screen Capture Pro

## Buharın Kızdırılması ( $T_{H, \text{ort}}$ 'yı yükseltir)



Buharın kızdırılmasının ideal Rankine çevrimi üzerindeki etkisi.

Buhara ısının verildiği ortalama sıcaklık, kazan basıncı yükseltilmeden buharın kızgın buhar bölgesinde daha yüksek sıcaklıklara ısıtılmasıyla artırılabilir. Kızdırmanın buharlı güç çevriminin performansına etkisi Şekil'de bir  $T$ - $s$  diyagramı üzerinde gösterilmiştir. Bu diyagramdaki renklendirilmiş alan net işteki artışı göstermektedir.

**Kızdırma sonucu türbin çıkışındaki buharın kuruluk derecesi artmaktadır**

Buharın kızdırılabileceği sıcaklık, malzeme dayanımıyla sınırlıdır. Günümüzde türbin girişinde izin verilebilen en yüksek buhar sıcaklığı yaklaşık  $620^\circ\text{C}$  dolaylarındadır.

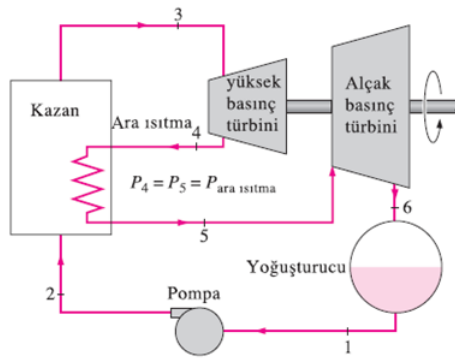
# İDEAL ARA ISITMALI RANKİNE ÇEVİRİMİ

Türbinin son kademesindeki kuruluk derecesini azaltmadan, yüksek kazan basıncı nedeniyle sağlanan verim artışından nasıl yararlanabiliriz?

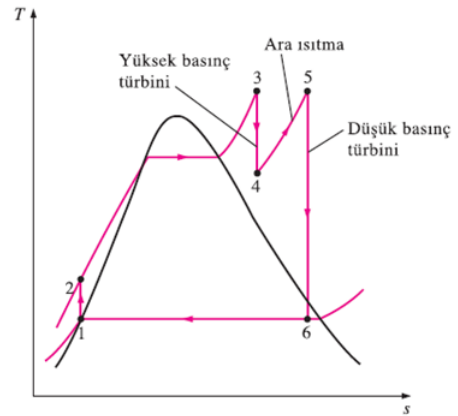
1. Türbine girmeden önce buhar çok yüksek sıcaklıklara kızdırılabilir. Türbin malzemesi tarafından sınırlıdır .
2. Buhar türbinde iki kademede genişletilebilir ve kademeler arasında ara ısıtma uygulanabilir.

$$q_g = q_{\text{birinci}} + q_{\text{ara ısıtma}} = (h_3 - h_2) + (h_5 - h_4)$$

$$w_{\text{türb,ç}} = w_{\text{türb,I}} + q_{\text{türb,II}} = (h_3 - h_4) + (h_5 - h_6)$$



İdeal ara ısıtmalı Rankine çevrimi.

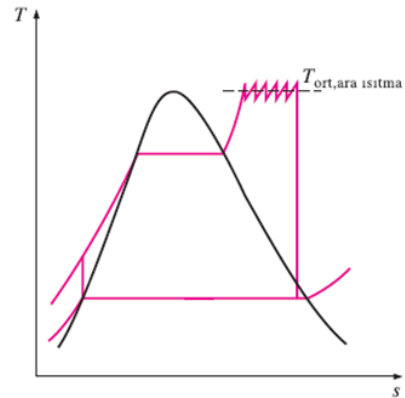


Günümüz güç santrallerinde bir kademe ara ısıtmanın uygulanması, buhar ısı verilen ortalama sıcaklığı yükselttiği için çevrimin ısı verimini yüzde 4 ila 5 düzeyinde artırmaktadır.

Genişleme ve ara ısıtma kademe sayısı artırılarak, ara ısıtma sırasındaki ortalama sıcaklık yükseltilebilir. Kademe sayısı arttıkça, genişleme ve ara ısıtma işlemleri en yüksek sıcaklıkta izotermal ısı geçişine yaklaşmaktadır. Fakat iki kademedenden daha fazla ara ısıtmanın yapılması ekonomik değildir. İkinci ara ısıtma kademesiyle sağlanan kuramsal verim artışı, tek ara ısıtma kademesiyle sağlananın yaklaşık yarısı kadar olmaktadır.

Ara ısıtma sıcaklıkları, türbin giriş sıcaklıklarına eşit veya çok yakındır.

En uygun ara ısıtma basıncı, en yüksek çevrim basıncının yaklaşık dörtte biri kadardır.



Ara ısıtma kademe sayısı artırıldıkça, çevrime ısı verilen ortalama sıcaklık yükselir.

Bu bilgilerin yanısıra kullanacağımız akışkana uygun bir ortam yaratmaya veya tam tersi; ortama uygun akışkan seçimine önem vermeliyiz. Aynı zamanda sistemdeki cihazların mekanik verimlerini yükseltecek yatırımlar da akıllıca olacaktır.



Bir altbaşlık da evre için açılabilir.Sistemi fazla ısıyı verdiği(denklemde kuyu olarak belirtilen) ortam, kimi zaman deniz kimi zaman hava olabilmektedir.Bu durum canlı hayatı için oldukça zararlıdır.Her şeyden önce "kuyu" olarak izole bir ortam kullanılmasına ağırlık verilmelidir.EĐer biyolojik bir ortamın kuyu olarak kullanılması kaçınılmazsa filtre kullanımına veya evre dostu akışkanlar kullanılmasına öncelik verilmelidir.

## Yararlanılan Kaynaklar

Palme Yayınevi Termodinamik Mühendislik Yaklaşımlarıyla

Yunus A. Çengel , Michael A. Boles

<https://avesis.yildiz.edu.tr/fatihs/dokumanlar>

<https://www.youtube.com/channel/UCc4TQRTAjU7NvqhgR6GMPyQ>