

Harran Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makina Mühendisliği Bölümü

Termodinamik II Arasınava 21 Mart 2017

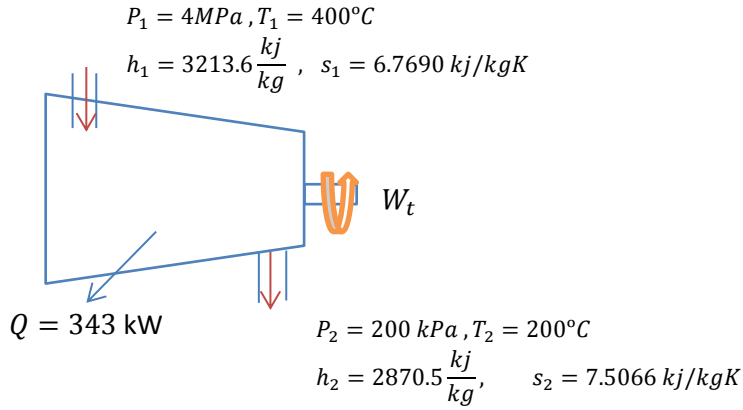
S-1)	(25 Puan) Su buharı, 10 kg/s kütleli bir debi ile bir türbine 4 MPa basınç ve 400 °C sıcaklıkta girmekte, 200 kPa basınç ve 200 °C sıcaklıkta çıkmaktadır. Türbinden olan ısı kaybı 343 kW ve çevre şartları 25 °C sıcaklık ve 100 kPa basınç ise; (a) Türbinin ürettiği gücü, (b) Türbinden elde edilebilecek en büyük gücü, (c) İkinci yasa verimini, (d) Tersinmezliği (e) Su buharının çıkış koşullarındaki ekserjisini hesaplayınız.
S-2)	(25 puan) İdeal bir Otto çevriminin sıkıştırma oranı 9.2'dir. Çevrimin başlangıcında havanın basıncı 98 kPa ve sıcaklığı 27 °C'dir. Yanma sonunda basınç, izentropik sıkıştırma sonundaki basıncın iki katına çıkmaktadır. Buna göre; (a) Bu çevrimin P-V ve T-s diyagramını çizin. (b) Çevrimde kullanılan yakıt cinsini yazınız. (c) Çevrimin her noktasındaki basınç ve sıcaklıkları, (d) Çevrimin ısı verimini hesaplayınız.
S-3)	(25 puan) 15 MW gücündeki bir doğal gaz santralinde en düşük ve en yüksek sıcaklık değerleri 310 K ve 900 K'dir. Santralde kompresörün basınç oranı 9 olduğuna göre; (a) Santrali şematik olarak çizin. (b) Santralin hangi termodinamik çevrime göre çalıştığını yazıp çevrimin P-V ve T-s diyagramını çizin. (c) Çevrimde dolaşan havanın kütleli debisini, (d) Çevrimin ısı verimini, (e) Geri iş oranını hesaplayınız.
S-4)	(25 puan) Kömür yakarak elektrik üreten bir buharlı güç santralinde, su buharı 5 kg/s debi ile türbine 5 MPa basınç ve 400 °C sıcaklıkta girmektedir. Santral, 60.1 °C yoğuşma sıcaklığında çalışan bir yoğuşturucu ile ısısını yakınındaki nehre vermektedir. Santralde kullanılan kömürün ısı değeri (kömür yandığı zaman açığa çıkan ısı) 29300 kJ/kg'dır. Buna göre; (a) Bu santralin hangi termodinamik çevrime göre çalıştığını yazınız. (b) Santrali şematik olarak çizin. (c) Çevrimin T-s diyagramını çizin. (d) Santralin net gücünü ve ısı verimini, (e) Bir saatte tüketilen kömür miktarını t/h olarak hesaplayınız. Not: 1 metrik ton (t) = 1000 kg
Not:	$\Delta s = s_2 - s_1 = c_p \ln \frac{T_2}{T_1} - R \ln \frac{P_2}{P_1}, \Delta s = s_2 - s_1 = c_v \ln \frac{T_2}{T_1} + R \ln \frac{V_2}{V_1}, q - w = h_2 - h_1 + \Delta ke + \Delta pe$ $\psi = (h - h_0) - T_0(s - s_0) + \frac{V^2}{2} + gz, P v^k = \text{Sabit}, T v^{k-1} = \text{sabit}, T P^{1-k/k} = \text{sabit},$ hava için k=1.4, C_v=0.718 kJ/kgK ve C_p=1.005 kJ/kgK, R=0.287 kJ/kg K, C_{su}=4.186 kJ/kgK

Başarılar dileriz.

Prof. Dr. Hüsamettin BULUT & Doç. Dr. M. Azmi AKTACIR

CEVAPLAR

C 1)



$$T_0 = T_{\text{cevre}} = 298 \text{ K}, P_0 = P_{\text{cevre}} = 100 \text{ kPa}$$

$$h_0 = 104.9 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}, s_0 = 0.3672 \text{ kJ/kgK}$$

a) T.D.I Kanunu

$$\dot{Q} - \dot{W} = \dot{m} (h_2 - h_1) + KE + PE$$

$$-343 - \dot{W} = 10 \frac{\text{kg}}{\text{s}} (2870.5 - 3213.6) \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$-\dot{W} = -3431 + 343 \quad -\dot{W} = -3088 \text{ kW} \quad W_{\text{gercek}} = 3088 \text{ kW}$$

b) En yüksek güç W_{tr} 'dir

$$W_{tr} = \dot{m} [h_1 - h_2 + T_0 (s_2 - s_1)]$$

$$W_{tr} = 10 \frac{\text{kg}}{\text{s}} [3213.6 - 2870.5 + 298(7.5066 - 6.769)]$$

$$W_{tr} = 5629 \text{ kW}$$

$$c) \eta_{II} = \frac{W_{\text{gercek}}}{W_{tr}} = \frac{3088 \text{ kW}}{5629 \text{ kW}} = 0.5486 \quad \eta_{II} = \% 54,86$$

$$d) I = W_{tr} - W_{\text{gercek}} = 2541 \text{ kW}$$

e)

$$\Psi_2 = h_2 - h_0 - T_0 (s_2 - s_0)$$

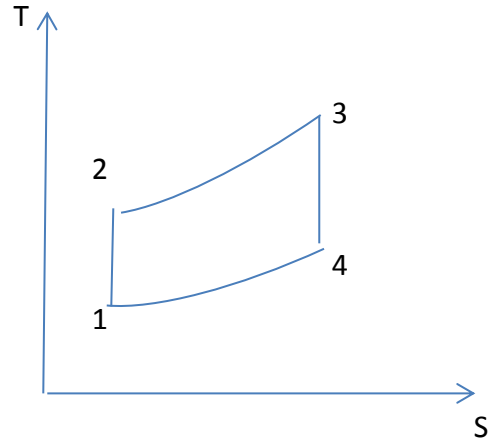
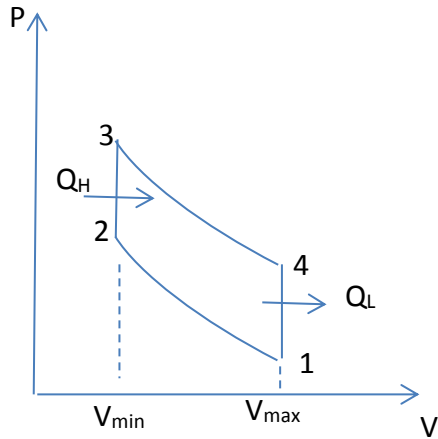
$$\Psi_2 = 2870.5 - 104.9 - 298(7.5066 - 0.3672)$$

$$\Psi_2 = 2765.6 - 2127.541 = 638.06 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$\Psi_2 = 10 \frac{kg}{s} * 638.06 \frac{kJ}{kg} = 6380.6 \text{ kW}$$

C 2)

a)



$$\frac{V_{max}}{V_{min}} = 9,2$$

$$P_1 = 98 \text{ kPa}$$

$$P_3 = 2 P_2$$

$$k = 1,4$$

$$T_1 = 27^\circ \text{C} = 300 \text{ K}$$

b) Benzin kullanılır

$$c) P_2 = P_1 \left(\frac{V_1}{V_2} \right)^k = 98 \text{ kPa} * (9,2)^{1,4} = 2190,43 \text{ kPa}$$

$$P_3 = 2 P_2 = 2 * 2190,43 = 4380,86 \text{ kPa}$$

$$P_4 = P_3 \left(\frac{V_3}{V_4} \right)^k = 4380,86 \text{ kPa} * \left(\frac{1}{9,2} \right)^{1,4} = 196 \text{ kPa}$$

$$T_2 = T_1 \left(\frac{V_1}{V_2} \right)^{k-1} = 300 * (9,2)^{1,4-1} = 728,85 \text{ K}$$

$$\xrightarrow{23} \quad V = sbt \quad \frac{P_3 * V_3}{P_2 * V_2} = \frac{T_3}{T_2} \quad T_3 = T_2 \frac{P_3}{P_2} = 728,85 * 2 = 1457,7 \text{ K}$$

$$\xrightarrow{34} \quad s = sbt \quad \frac{T_4}{T_3} = \left(\frac{V_3}{V_4} \right)^{k-1} \quad T_4 = T_3 \left(\frac{V_3}{V_4} \right)^{k-1} = 1457,7 * \left(\frac{1}{9,2} \right)^{0,4}$$

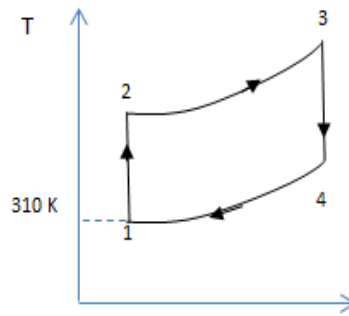
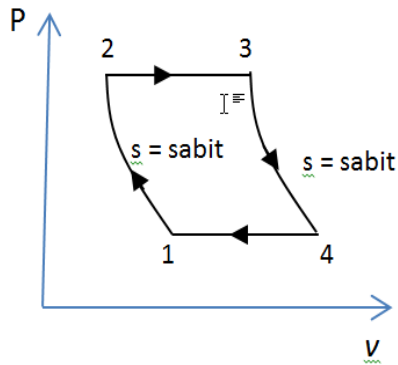
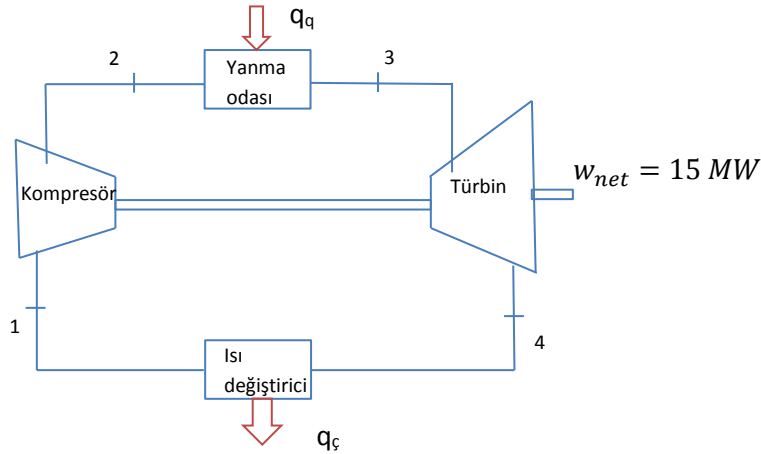
$$T_4 = 600 \text{ K}$$

$$d) \eta_{otto} = 1 - \frac{Q_L}{Q_H} = 1 - \frac{T_4 - T_1}{T_3 - T_2} = 1 - \frac{600 - 300}{1457,7 - 728,85}$$

$$\eta_{otto} = \% 59$$

C 3)

a)



$$C_p = 1,005 \frac{Kj}{kg} K$$

$$T_1 = 310 K$$

$$T_3 = 900 K$$

$$\frac{P_{max}}{P_{min}} = 9$$

b) Brayton çevrimi

$$c) \quad W_{net} = Q_H - Q_L = m C_p [(T_3 - T_2) - (T_4 - T_1)]$$

$$T_2 = T_1 \left(\frac{P_1}{P_2} \right)^{\frac{1-k}{k}} = 310 \left(\frac{1}{9} \right)^{\frac{-0,4}{1,4}} = 581,6 K$$

$$T_3 = T_4 \left(\frac{P_4}{P_3} \right)^{\frac{1-k}{k}} \quad 900 = T_4 \left(\frac{1}{9} \right)^{\frac{-0,4}{1,4}} \quad T_4 = 480 K$$

$$W_{net} = m C_p [(T_3 - T_2) - (T_4 - T_1)]$$

$$15000 \frac{Kj}{s} = m * 1,005 \frac{Kj}{kgK} [(900 - 581,86) - (480 - 310)]$$

$$m = 100,575 \text{ kg/s}$$

d)

$$W_{komp} = m C_p [(T_2 - T_1)] = 100,575 \frac{kg}{s} * 1,005 \frac{Kj}{kg K} (581,86 - 310) K$$

$$W_{komp} = 27452,75 \text{ KW}$$

$$W_{türbin} = m C_p [(T_3 - T_4)] = 100,575 \frac{kg}{s} * 1,005 \frac{Kj}{kg K} (900 - 480) K$$

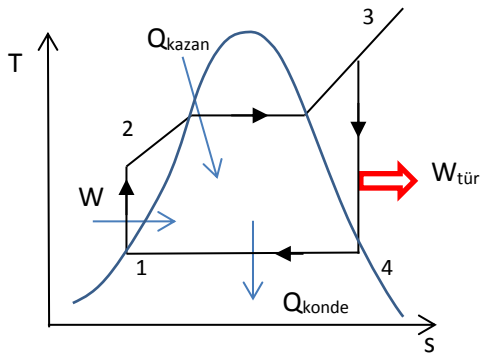
$$W_{komp} = 42452,71 \text{ KW}$$

$$GİÖ = \frac{W_{komp}}{W_{türbin}} = \frac{27452,75}{42452,71} = \% 64,6$$

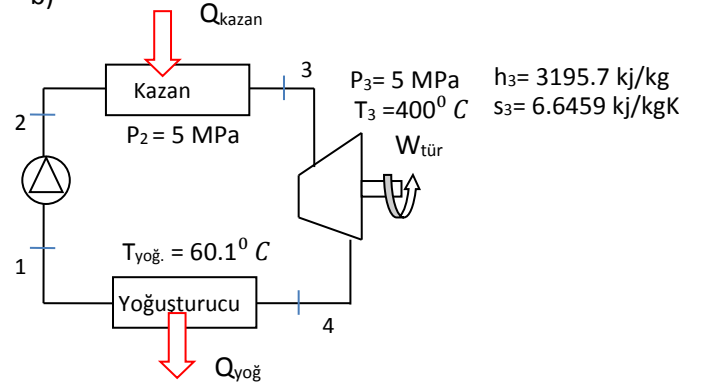
C4)

a) Rankine Çevrimi

c)



b)



$$P_1 = 20 \text{ kPa Doymuş sıvı} \quad (h_1 = 251.4, \quad v_1 = 0.001017)$$

$$P_1 = P_4 = P_{doyma} = 0.02 \text{ MPa} = 20 \text{ kPa}$$

$$S_3 = S_4 = 6,6459$$

$$x_4 = \frac{S_2 - S_f}{S_g - S_f} = \frac{6.6459 - 0.8319}{7.9093 - 0.8319} \quad x_4 = 0,8215$$

$$h_4 = 251,4 + 0,8215 * 2358,3 \quad h_4 = 2188,74$$

d)

$$w_p = v_1 (P_2 - P_1)$$

$$w_p = 0,001017 * (5000 - 20) = 5.065 \frac{kJ}{kg}$$

$$w_p = 25.325 \frac{kJ}{kg} \quad h_2 = h_1 + w_p = 256,465 \frac{kJ}{kg}$$

$$\dot{w}_t = \dot{m} (h_3 - h_4) = 5 \frac{kg}{s} (3195,7 - 256,465) = 5034.8 \text{ k W}$$

$$\dot{Q}_{kazan} = \dot{m} (h_3 - h_2) = 5 \frac{kg}{s} (3195,7 - 256,465) = 14696.17 \text{ k W}$$

$$\dot{Q}_{yoğuş} = \dot{m} (h_4 - h_1) = 5 \frac{kg}{s} (2188.74 - 251.4) = 9686.7 \text{ k W}$$

$$\dot{w}_{net} = \dot{Q}_{kazan} - \dot{Q}_{yoğuş} = 5009.5 \text{ k W}$$

$$\dot{w}_{net} = \dot{w}_t - \dot{w}_p = 5009.5 \text{ k W}$$

$$\eta_{isıl} = \frac{\dot{w}_{net}}{\dot{Q}_{kazan}} = \frac{5009.5}{14696.7} = 0,34087 \quad \eta_{isıl} = \% 34,087$$

$$e) \dot{m}_{kömür} = \frac{\dot{Q}_{kazan}}{H_u} = \frac{14696.17 \frac{kJ}{s}}{29300 \frac{kJ}{kg}} = 0.5016 \frac{kg}{s} \frac{3600 s}{1 h} \frac{1 t}{1000 kg} = 1.8 \text{ t/h}$$