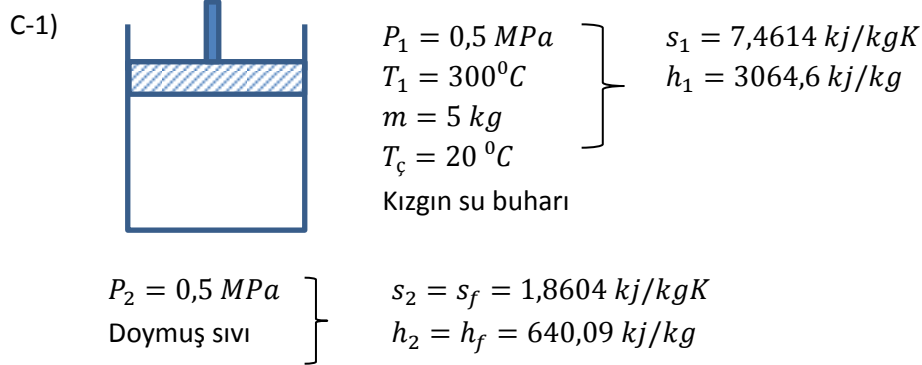


S-1) Bir piston silindir çifti içindeki 0.5 MPa ve 300 °C'deki 5 kg kızgın su buharı, izobar bir işlemle (sabit basınçta) tamamen yoğuşuncaya kadar çevreye ısı vererek soğumaktadır. Çevre sıcaklığı 20 °C olduğuna göre **a)** çevreye verilen ısı miktarını, **b)** Toplam (net) entropi değişimini hesaplayıp sonucu yorumlayınız.



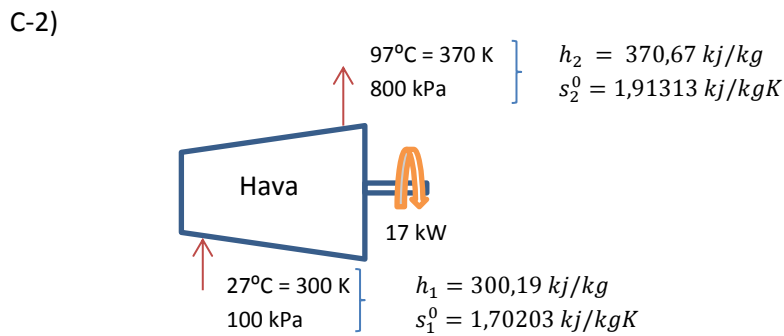
$$\Delta S_{\text{sistem}} = m(s_2 - s_1) = 5 * (1,8604 - 7,4614) = -28,005 \text{ kJ/K}$$

$$Q = m * (h_2 - h_1) = 5 * (640,09 - 3064,6) = -12122,55 \text{ kJ}$$

$$\Delta S_{\text{çevre}} = -\frac{Q}{T_o} = \frac{12122,55}{293} = 41,374 \frac{\text{kJ}}{\text{K}}$$

$$\Delta S_{\text{toplam}} = \Delta S_{\text{sistem}} + \Delta S_{\text{çevre}} = 13,369 > 0 \text{ olduğundan tersinmez işlem.}$$

S-2) Hava, 17 kW güç harcayan bir kompresör çevreden 27 °C, 100 kPa basınçta ve 0.08 kg/s debisindeki havayı alarak 97 °C ve 800 kPa basınca kadar sıkıştırmaktadır. Kinetik ve potansiyel enerjideki değişimi ihmal ederek, a) Havanın ekserjisindeki artışı, b) Tersinmezlikleri, c) Kompresörün 2. yasa verimini hesaplayınız.



$$\Psi_2 - \Psi_1 = h_2 - h_1 - T_o * (s_2 - s_1)$$

$$\Delta S = s_2 - s_1 = (s_2^0 - s_1^0) - R * \ln\left(\frac{P_2}{P_1}\right) = (1,91313 - 1,70203) - 0,287 * \ln\left(\frac{800}{100}\right)$$

$$= -0,386 \text{ kJ/kgK}$$

II.yol (ΔS için yaklaşık çözüm)

$$\Delta S = s_2 - s_1 = C_p \cdot \ln\left(\frac{T_2}{T_1}\right) - R \cdot \ln\left(\frac{P_2}{P_1}\right) = 1,005 \cdot \ln\left(\frac{370}{300}\right) - R \cdot \ln\left(\frac{800}{100}\right) = -0,386$$

$$\Psi_2 - \Psi_1 = (h_2 - h_1) - T_o \cdot (s_2 - s_1)$$

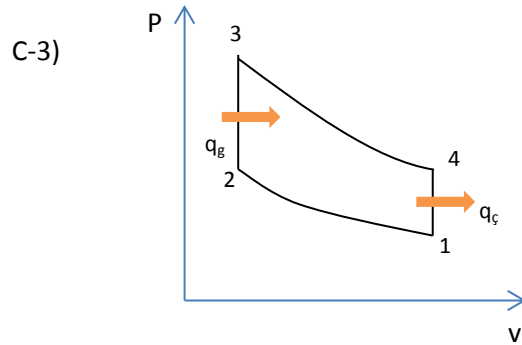
$$\Psi_2 - \Psi_1 = (370,67 - 300,19) - 300 \cdot (-0,386) = 186,28 \text{ kJ/kg}$$

$$W_{ter} = \dot{m} \cdot (\Psi_2 - \Psi_1) = 0,08 \cdot 186,19 = 14,8952 \text{ kW}$$

$$I = W_g - W_{ter} = 17 - 14,8952 = 2,1048 \text{ kW}$$

$$\eta_{II} = \frac{W_{ter}}{W_{ger}} = \frac{14,8952}{17} = 0,876$$

S-3) Bir ideal Otto çevriminde kabul edilebilir maksimum basınç 9 MPa'dır. Sıkıştırma oranı 8 ve emme başlangıcında sıcaklık 27 °C ve basınç 100 kPa olduğuna göre, a) Çevrimin P-V diyagramını, b) Çevrim başına verilmesi gereken ısı miktarını, c) Çevrimin ısı verimini, d) ortalama efektif basınç (OEB) değerini hesaplayınız.



1-2 izentropik sıkıştırma

$$T_2 = T_1 \cdot r^{k-1} = 300 \cdot 8^{0,4} = 689,22 \text{ K}$$

$$\frac{P_2}{P_1} = r^k \Rightarrow P_2 = 0,1 \cdot 8^{1,4} = 1,84 \text{ MPa}$$

2-3 sabit hacimde ısı girişi

$$\frac{P_3}{P_2} = \frac{T_3}{T_2} \Rightarrow \frac{9}{1,84} = \frac{T_3}{689,22} \Rightarrow T_3 = 3371,18 \text{ K}$$

3-4 izentropik genişleme

$$\frac{T_3}{T_4} = r^{k-1} \Rightarrow \frac{3371,18}{T_4} = 8^{0,4} \Rightarrow T_4 = 1467,4 \text{ K}$$

$$a) q_g = C_v \cdot (T_3 - T_2) = 0,718 \cdot (3371,18 - 689,22) = 1925,65 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$b) q_c = C_v \cdot (T_4 - T_1) = 0,718 \cdot (1467,4 - 300) = 838,19 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$w_{net} = 1087,45 \text{ kJ/kg}$$

$$\eta_{th,otto} = \frac{w_{net}}{q_{giren}} \Rightarrow \eta_{th,otto} = \frac{1087,45}{1925,65} = 0,56$$

$$c) OEB = \frac{w_{net}}{v_1 - v_2}$$

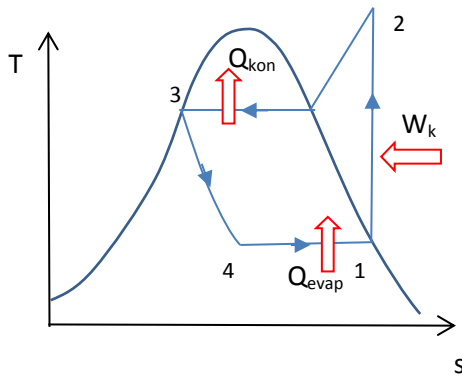
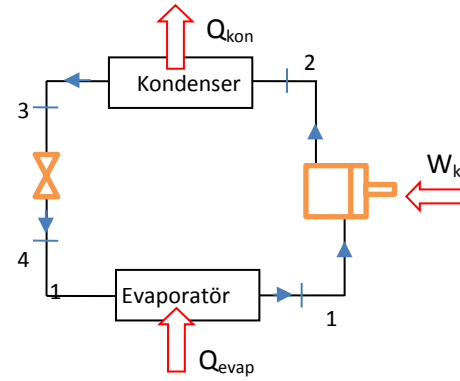
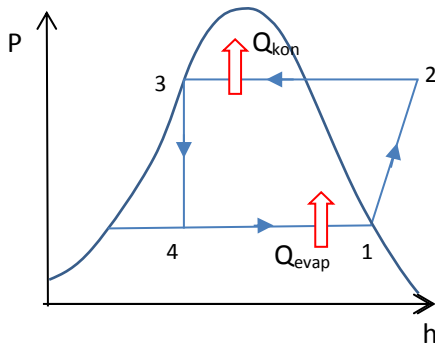
$$v_1 = R * \frac{T_1}{P_1} = 0,287 * \frac{300}{100} = 0,861 \frac{m^3}{kg}$$

$$\frac{v_1}{v_2} = 8 \Rightarrow \frac{0,861}{v_2} \Rightarrow v_2 = 0,11 \frac{m^3}{kg}$$

$$OEB = \frac{w_{net}}{v_1 - v_2} = \frac{1087,45}{0,861 - 0,11} = 1448 \text{ kPa}$$

S-4) Bir buzdolabı ideal buhar sıkıştırma bir soğutma çevrimine göre çalışmakta ve soğutucu akışkan olarak R134a gazı kullanılmaktadır. Buzdolabının içini istenen sıcaklıkta tutmak ve gıdaların bozulmaması için içindeki gıdalardan **sanıyede** 1000 kJ ısı çekilmektedir. Soğutucu akışkan kompresöre -10 °C sıcaklıkta doymuş buhar olarak girmekte ve yoğuşturucudan (kondanserden) 1 MPa basınçta doymuş sıvı olarak çıkmaktadır. Buna göre; a) Buzdolabındaki soğutma sistemini elemanları ile birlikte şematik olarak çiziniz. b) Çevrimi T-s (veya P-h) diyagramında gösteriniz, c) Sistemde dolaşan soğutucu akışkanın debisini hesaplayınız. d) Kompresör gücünü hesaplayınız. e) COP'yi hesaplayınız.

C-4)



I.Durum

$$\left. \begin{array}{l} T_1 = -10^0 C \\ \text{Doymuş buhar} \end{array} \right\} \quad \begin{array}{l} h_1 = h_g = 244,51 \text{ kJ/kg} \\ s_1 = s_g = 0,93766 \text{ kJ/kgK} \end{array}$$

II.Durum

$$P_3 = P_2 = 1 \text{ MPa}$$

$$s_2 = s_1 = 0,93766 \text{ kJ/kgK}$$

<u>s</u>	<u>h</u>
0,9179	271,71
0,93761	h_2
0,9525	282,74

interpolasyon yapılarak $h_2 = 278,01 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$ bulunur

III.Durum

$$\left. \begin{array}{l} P_3 = 1 \text{ MPa} \\ \text{Doymuş sıvı} \end{array} \right\} \quad h_3 = h_f = 107,32 \text{ kJ/kg}$$

IV. Durum

$$h_3 = h_4 = 107,32 \text{ kJ/kg}$$

$$Q_L = \dot{m} * (h_1 - h_4) \Rightarrow 1000 = \dot{m} * (244,51 - 107,32)$$

$$\dot{m} = 7,289 \frac{\text{kg}}{\text{s}}$$

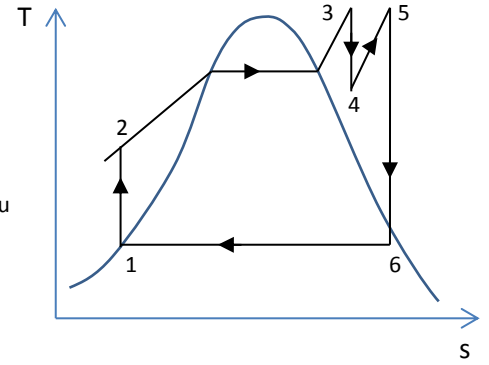
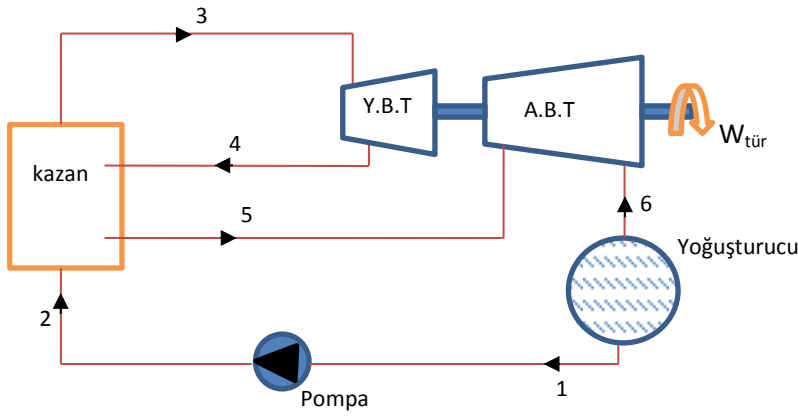
$$W_{komp} = \dot{m} * (h_2 - h_1) = 7,289 * (278,01 - 244,51) = 244,1815 \text{ kW}$$

$$COP = \frac{Q_L}{W_{komp}} = \frac{1000}{244,1815} = 4,095$$

S-5) 200 MW gücünde bir buharlı güç santrali, ideal ara ısıtmalı Rankine çevrimine göre çalışmaktadır. Buhar, türbine 10 MPa basınç ve 500 °C sıcaklıkta girmekte ve yoğuşturucuda 20 kPa basınçta soğutulmaktadır. Ara ısıtıcının basıncı 5 MPa olduğuna göre a) Çevrimi şematik olarak çizinizi. b) Çevrimi T-s diyagramında gösteriniz c) buharın kütsel debisini hesaplayınız. d) çevrimin ısı verimini e) Çevrim basit Rankine çevrimine göre çalışsaydı ısı verim ne olurdu?

C-5)

a)



c) I.Durum

$$\left. \begin{array}{l} \text{Doymuş sıvı} \\ P_1 = 20 \text{ kPa} \end{array} \right\} \begin{array}{l} h_1 = h_f = 20 \text{ kPa} = 251,42 \text{ kJ/kg} \\ v_1 = v_{f@20\text{kPa}} = 0,001017 \text{ m}^3/\text{kg} \end{array}$$

II.Durum

$$w_p = 0,001017 * (10.000 * 20) = 10,15 \text{ kJ/kg}$$

$$h_2 = h_1 + w_p = 251,42 + 10,15 = 261,56 \text{ kJ/kg}$$

III.Durum

$$\left. \begin{array}{l} P_3 = 10 \text{ MPa} \\ T_3 = 500^\circ\text{C} \\ \text{Kızgın buhar} \end{array} \right\} \begin{array}{l} h_3 = 3375,1 \text{ kJ/kg} \\ s_3 = 6,5995 \text{ kJ/kgK} \end{array}$$

IV.Durum

$$\left. \begin{array}{l} P_4 = 5 \text{ MPa} \end{array} \right\} h_4 = 3162,76 \text{ kJ/kg} \text{ (interpolasyon yapılarak)}$$

$$s_4 = s_3 = 6,5995 \frac{kJ}{kgK}$$

V.Durum

$$\left. \begin{array}{l} P_5 = 5 \text{ MPa} \\ 500^\circ\text{C} \end{array} \right\} \begin{array}{l} h_5 = 3434,7 \text{ kJ/kg} \\ s_5 = 6,9781 \text{ kJ/kgK} \end{array}$$

VI.Durum

$$\left. \begin{array}{l} P_6 = 20 \text{ kPa} \\ s_6 = s_5 \end{array} \right\} \begin{array}{l} s_f = 0,8320, \quad s_{fg} = 7,0752 \text{ kJ/kgK} \\ h_f = 251,42 \quad h_{fg} = 2357,5 \text{ kJ/kg} \end{array}$$

$$x_6 = \frac{6,9781 - 0,8320}{7,0752} = 0,8686$$

$$h_6 = h_f + x * h_{fg}$$

$$h_6 = 251,42 + 0,8686 * 2357,5 = 2299,14 \text{ kJ/kg}$$

$$w_T = (h_3 - h_4) + (h_5 - h_6) = (3375,1 - 3162,76) + (3434,7 - 2299,14) = 1347,9 \text{ kJ/kg}$$

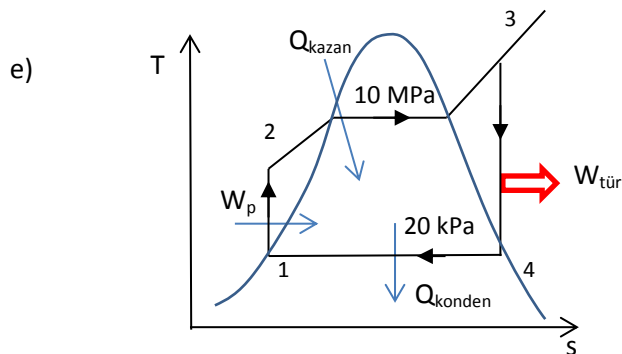
$$q_{giren} = (h_3 - h_2) + (h_5 - h_4) = (3375,1 - 261,56) + (3434,7 - 3162,76) = 3385,48 \text{ kJ/kg}$$

$$q_{çıkan} = h_6 - h_1 = 2299,14 - 251,42 = 2047,72 \text{ kJ/kg}$$

$$w_{net} = q_{giren} - q_{çıkan} = 3385,48 - 2047,72 = 1337,76 \text{ kJ/kg}$$

$$c) \dot{m} = \frac{\dot{w}_{net}}{w_{net}} = \frac{200.000 \frac{kJ}{s}}{1336,75 \frac{kJ}{kg}} = 149,62 \text{ kg/s}$$

$$d) \eta_{th} = \frac{w_{net}}{q_{giren}} = \frac{1337,76}{3385,48} = \%39,5$$



III.Durum

$$\left. \begin{array}{l} P_3 = 10 \text{ MPa} \\ T_3 = 500^\circ\text{C} \end{array} \right\} \begin{array}{l} h_3 = 3375,1 \text{ kJ/kg} \\ s_3 = 6,5955 \text{ kJ/kgK} \end{array}$$

IV.Durum

$$\left. \begin{array}{l} P_4 = 20 \text{ kPa} \\ s_4 = s_3 \end{array} \right\} \begin{array}{l} s_f = 0,8320 \frac{\text{kJ}}{\text{kgK}} , \quad s_{fg} = 7,0752 \frac{\text{kJ}}{\text{kgK}} , \quad h_f = 251,42 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} , \quad h_{fg} = 2357,5 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \\ x_6 = \frac{6,5995 - 0,8320}{7,0752} = 0,815 \end{array}$$

$$h_4 = 251,42 + 0,815 * 2357,5 = 2172,78 \text{ kJ/kg}$$

$$q_{giren} = h_3 - h_2 = 3375,1 - 262,56 = 3112,54 \text{ kJ/kg}$$

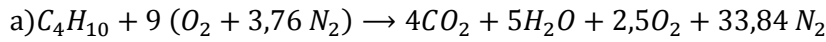
$$q_{cikan} = h_4 - h_1 = 2172,78 - 251,41 = 1921,36 \text{ kJ/kg}$$

$$w_{net} = q_{giren} - q_{cikan} = 1191,18 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

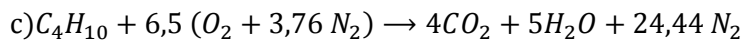
$$\eta = \frac{w_{net}}{q_{giren}} = \frac{1191,8}{3112,84} = 0,38 \quad (\%38)$$

S-6) Bir kilomol Bütan (C_4H_{10}) 9 kmol hava ile yakılmaktadır. Yanma ürünlerinin analizinde yanmanın tam olduğu belirlenmiştir. Buna göre, yanma denklemini yazarak, hava yakıt oranını ve fazla hava oranını belirleyiniz.

C-6)



$$b) HY = \frac{m_{hava}}{m_{yakıt}} = \frac{9 * 4,76 * 29}{58} = 21,42$$



$$oksijen = 8 + 5 = 13$$

$$fazla \text{ hava oranı} = \frac{m_{hava}}{m_{hava, st}} = \frac{9 * 4,76 * 29}{6,5 * 4,76 * 29} = 1,38$$

$$fazla \text{ hava} = \%38$$