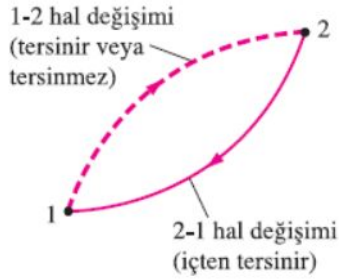


ENTROPİ



Bir çevrim tersinir yada tersinmez bir hal değişiminden ibarettir.

$$\oint \frac{\delta Q}{T} \leq 0 \quad \int_1^2 \frac{\delta Q}{T} + \int_2^1 \left(\frac{\delta Q}{T} \right)_{\text{içten tersinir}} \leq 0$$

$$\int_1^2 \frac{\delta Q}{T} + S_1 - S_2 \leq 0 \quad S_2 - S_1 \geq \int_1^2 \frac{\delta Q}{T}$$

$$dS \geq \frac{\delta Q}{T} \quad \text{Etkilik içten tersinir hal değişimleri, etkisizlik ise tersinmez hal değişimleri için geçerlidir.}$$

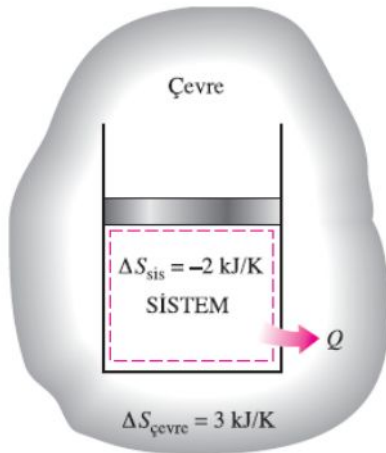
$$\Delta S_{\text{sis}} = S_2 - S_1 = \int_1^2 \frac{\delta Q}{T} + S_{\text{üretim}}$$

$$S_{\text{üretim}} = \Delta S_{\text{toplam}} = \Delta S_{\text{sis}} + \Delta S_{\text{çevre}} \geq 0$$

Tersinmez bir hal değişimi sırasında bir miktar entropi üretilir veya var edilir, entropi üretimi tümüyle tersinmezlikler ile ilgilidir.

Entropi üretimi $S_{\text{üretim}}$ ifadesi her zaman sıfır veya pozitif bir değerdir.

$$S_{\text{üretim}} \begin{cases} > 0 & \text{Tersinmez hal değişimi} \\ = 0 & \text{Tersinir hal değişimi} \\ < 0 & \text{Gerçekleşmesi olanaksız hal değişimi} \end{cases}$$



$$S_{\text{üretim}} = \Delta S_{\text{toplam}} = \Delta S_{\text{sis}} + \Delta S_{\text{çevre}} = 1 \text{ kJ/K}$$

Bir sistemin entropi değişimi negatif olabilir ama entropi üretimi negatif olamaz.

1. Hal değişimleri *herhangi* bir yönde değil, sadece *belirli* bir yönde gerçekleşebilir. Hal değişimi, entropinin artışı ilkesi ile uyumlu yönde ilerlemek zorundadır. Yani hal değişimi sırasında $S_{\text{üretim}} = 0$ olmalıdır. Bu ilkeyi sağlamayan bir hal değişimi gerçekleşemez.
2. Entropi *korunumu* söz konusu değildir, bu nedenle *entropinin korunumu ilkesi* diye bir kavram yoktur. Entropi, sadece ideal bir durum olan tersinir hal değişimleri sırasında korunur ve gerçek bütün hal değişimleri sırasında artar.
3. Tersinmezliklerin varlığı mühendislik sistemlerinin verimlerini azaltır ve *entropi üretimi* hal değişimi sırasında görülen tersinmezliklerin bir ölçüsüdür. Aynı zamanda, mühendislik sistemlerinin verimlerini saptamak için bir kriter olarak da kullanılır.

ENTROPİ DENGESİ

$$\left(\begin{array}{c} \text{Giren} \\ \text{toplam} \\ \text{enerji} \end{array} \right) - \left(\begin{array}{c} \text{Çıkan} \\ \text{toplam} \\ \text{entropi} \end{array} \right) + \left(\begin{array}{c} \text{Üretilen} \\ \text{toplam} \\ \text{entropi} \end{array} \right) = \left(\begin{array}{c} \text{Sistemdeki} \\ \text{toplam entropi} \\ \text{değişimi} \end{array} \right)$$

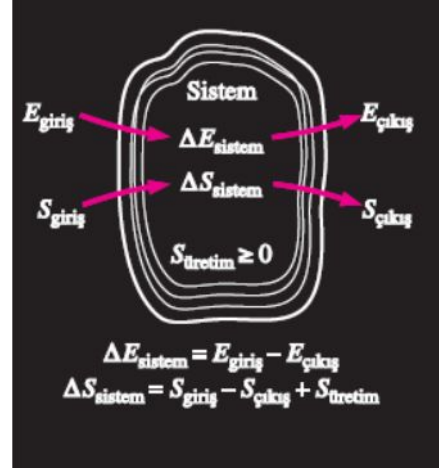
$$S_g - S_{\dot{c}} + S_{\dot{u}} = \Delta S_{\text{sistem}}$$

Bir sistemin entropi değişimi, ΔS_{sistem}

$$\Delta S_{\text{sistem}} = S_{\text{son}} - S_{\text{ilk}} = S_2 - S_1$$

Sistemin özellikleri kararlı olmadığında

$$S_{\text{sistem}} = \int s \delta m = \int_V s \rho dV$$



Bir sistem için enerji ve entropi dengeleri

Kapalı Sistem

$$\text{Kapalı sistem:} \quad \sum \frac{Q_k}{T_k} + S_{\dot{u}} = \Delta S_{\text{sistem}} = S_2 - S_1 \quad (\text{kJ/K})$$

Bir hal değişimi sırasında kapalı bir sistemin entropi değişimi, ısı geçişi ile sistem sınırından geçen net entropi ile sistem sınırı içinde üretilen entropinin toplamına eşittir.

Adyabatik kapalı sistem:

$$S_{\dot{u}} = \Delta S_{\text{adyabatik sistem}}$$

Sistem + Çevre:

$$S_{\dot{u}} = \sum \Delta S = \Delta S_{\text{sistem}} + \Delta S_{\text{çevre}}$$

$$\Delta S_{\text{sistem}} = m(s_2 - s_1)$$

$$\Delta S_{\text{çevre}} = Q_{\text{çevre}} / T_{\text{çevre}}$$

Kontrol Hacimleri

$$\sum \frac{Q_k}{T_k} + \sum m_i s_i - \sum m_e s_e + S_{\text{üretim}} = (S_2 - S_1)_{\text{KH}} \quad (\text{kJ/K})$$

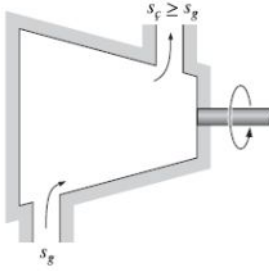
$$\sum \frac{Q_k}{T_k} + \sum \dot{m}_i s_i - \sum \dot{m}_e s_e + \dot{S}_{\text{üretim}} = dS_{\text{CV}}/dt \quad (\text{kW/K})$$

$$\text{Sürekli Akım:} \quad \dot{S}_{\text{üretim}} = \sum \dot{m}_e s_e - \sum \dot{m}_i s_i - \sum \frac{\dot{Q}_k}{T_k}$$

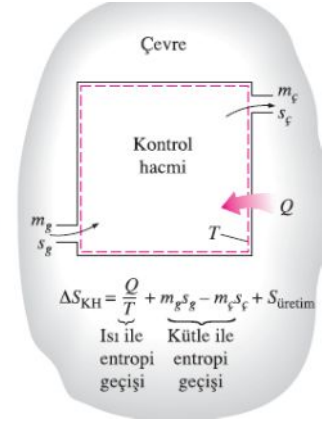
$$\text{Sürekli akım; tek akış:} \quad \dot{S}_{\text{üretim}} = \dot{m}(s_e - s_i) - \sum \frac{\dot{Q}_k}{T_k}$$

$$\text{Sürekli akım, tek akış, adyabatik:} \quad \dot{S}_{\text{üretim}} = \dot{m}(s_e - s_i)$$

Bir hal değişimi sırasında kontrol hacmi içindeki entropi değişimi miktarı; ısı geçişi ile kontrol hacmi sınırında gerçekleşen entropi geçişinin miktarı ve kontrol hacmi içine kütle akışı ile entropi geçişinin net miktarı ile tersinmezliklerin bir sonucu olarak kontrol hacmi içindeki entropi üretimi miktarının toplamına eşittir.



Bir maddenin entropisi tek-aklı, adyabatik, sürekli akılı düzeneklerin içinden akarken daima artar (yada tersinir bir halde i imi durumunda sabit kalır).



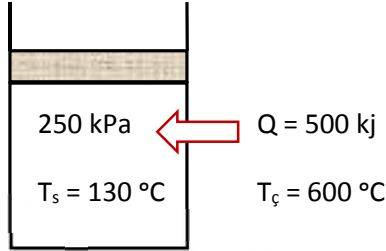
$$\Delta S_{\text{KH}} = \frac{Q}{T} + \underbrace{m_f s_f - m_g s_g}_{\text{Kütle ile entropi geçişi}} + S_{\text{üretim}}$$

Isı ile entropi geçişi

Bir kontrol hacminin entropi değişimi ısı transferi kadar kütle akışının da bir sonucudur.

S-1) Bir silindir-piston çiftinde 250 kPa ve 130 °C'de su, doymuş sıvı olarak bulunmaktadır. 600 °C'deki ortamdan silindire 500 kJ ısı verilerek bir kısmı buharlaştırılmaktadır. Buna göre, **a-** Suyun entropisindeki değişmeyi, **b-** Ortamın entropisindeki değişmeyi, **c-** Bu işlemin tersinir, tersinmez veya mümkün olup olmadığını belirleyiniz.

C-1)



$$a) \Delta S_{su} = \frac{\delta Q}{T_{su}} = \frac{500\text{ kJ}}{403\text{ K}} = 1.24 \frac{\text{kJ}}{\text{K}}$$

$$b) \Delta S_{çevre} = \frac{\delta Q}{T_ç} = \frac{-500\text{ kJ}}{873\text{ K}} = -0.5727 \frac{\text{kJ}}{\text{K}}$$

$$c) \Delta S_{top} = \Delta S_{su} + \Delta S_{çevre} = 1.24 - 0.5727 = 0.6672 \frac{\text{kJ}}{\text{K}}$$

$\Delta S_{top} > 0$ olduğundan tersinmez işlem

S-2) a- Entropinin artma prensibini kısaca açıklayınız.

b- Bir buhar güç çevriminde gerçek çevrimi ideal çevrimden ayıran sebepleri yazıp, T-s (Sıcaklık-Entropi) diyagramında farklılıkları gösteriniz.

c- İzentropik işlem ve adyabatik verim ifadelerini kısaca açıklayınız.

d- Entropi nedir? Entropiyi kısaca anlatınız.

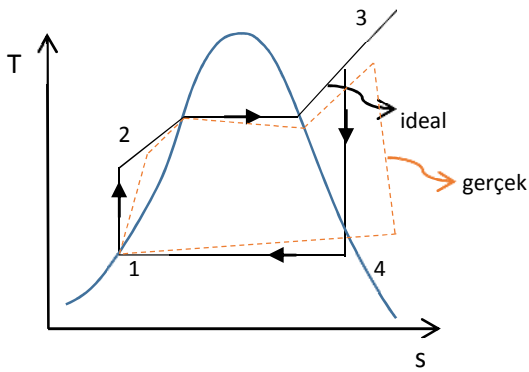
C-2)

a) Bir sistem ve çevresi beraber düşünülduğünde toplam entropi artar.

$$\Delta S_{Top} = \Delta S_{Sistem} + \Delta S_{Çevre} \geq 0 \quad \left. \begin{array}{l} = 0 \text{ Tersinir} \\ > 0 \text{ Tersinmez} \\ < 0 \text{ İmkansız} \end{array} \right\}$$

b) 1- İç sürtünmeler (basınç kaybı)

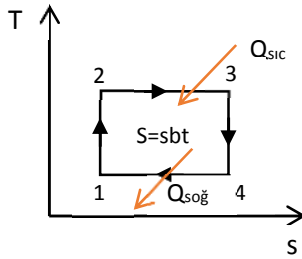
2- Isı transferi (ısı kayıpları)



c) Tersinir adyabatik işleme izentropik işlem denir.

Adyabatik verim, gerçek işlemlerin ideal işlemlerden sapmanın bir ölçümüdür veya gerçek makinanın ideal makinaya sayısal olarak ne kadar yaklaştığını gösterir.

d) İki izentropik ve iki izotermal olmak üzere dört işlemde meydana gelmektedir.



1-2 : İzentropik sıkıştırma

2-3 : İzotermal işlemde ısı transferi

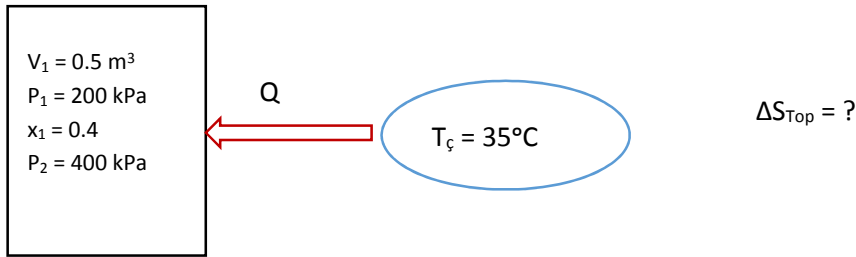
3-4 : İzentropik genişleme

4-1 : İzotermal işlemde ısı transferi

e) Entropi bir özelliktir. Mikroskopik düzeyde moleküllerin düzensizliği ve intizamsızlığının bir ölçüsüdür. Entropi, tersinmezliklerin sayısal olarak belirleyen bir özelliktir. İşlem yolunun foksiyonu değildir.

S-3) 0.5 m³ hacminde rijit bir tank içerisinde 200 kPa basınçta ve x=0.4 kuruluk derecesinde Freon-12 soğutucu akışkanı bulunmaktadır. 35 °C sıcaklıktaki bir ortamdan soğutucu akışkana basıncı 400 kPa oluncaya kadar ısı transfer edilmiştir. Buna göre, **a-** Soğutucu akışkanın entropisindeki değişmeyi, **b-** Ortamın entropisindeki değişmeyi, **c-** Bu işlem boyunca meydana gelen toplam entropideki değişmeyi hesaplayınız.

C-3)



I.Durum

$$\left. \begin{array}{l} P_1 = 0.2 \text{ MP} \\ x_1 = 0.4 \end{array} \right\} \begin{array}{l} \text{Doymuş sıvı-buhar karışım tablosundan} \\ v_f = 0.0006862, \quad v_g = 0.08354 \text{ m}^3/\text{kg} \\ u_f = 24.43, \quad u_g = 165.35 \text{ kJ/kg} \\ s_f = 0.0992, \quad s_g = 0.70135 \text{ kJ/kgK} \end{array}$$

$$v_1 = v_f + x_1 * v_{fg} = 0.0006862 + 0.4 * (0.08354 - 0.0006862) = 0.03382772 \text{ m}^3/\text{kg}$$

$$u_1 = u_f + x_1 * (u_f - u_g) = 80.802 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$s_1 = s_f + x_1 * (s_g - s_f) = 0.34092$$

$$m = \frac{V_1}{v_1} = \frac{0.5 \text{ m}^3}{0.03382772 \frac{\text{m}^3}{\text{kg}}} = 14.7807 \text{ kg}$$

II.Durum

$$\left. \begin{array}{l} v_1 = v_2 = 0.03382772 \text{ m}^3/\text{kg} \\ P_2 = 0.4 \text{ MP} \end{array} \right\} \begin{array}{l} P_2 = 0.4 \text{ MP} \text{ için} \\ v_f = 0.0007299, \quad v_g = 0.04321 \\ u_f = 43.35, \quad u_g = 173.69 \\ s_f = 0.1691, \quad s_g = 0.6929 \end{array} \left. \vphantom{\begin{array}{l} v_1 = v_2 = 0.03382772 \text{ m}^3/\text{kg} \\ P_2 = 0.4 \text{ MP} \end{array}} \right\} v_f < v_2 < v_g \text{ olduğundan karışım böl.}$$

$$v_2 = v_f + x_2 * (v_g - v_f) \Rightarrow x_2 = \frac{v_2 - v_f}{v_g - v_f} = \frac{0.03382772 - 0.0007299}{0.04321 - 0.0007299}$$

$$x_2 = 0.7791$$

$$u_2 = u_f + x_2 * (u_g - u_f) = 144.898 \frac{kJ}{kg}$$

$$s_2 = s_f + x_2 * (s_g - s_f) = 0.5771 \text{ kJ/kgK}$$

$$\text{a) } \Delta S_{R-12} = m * (s_2 - s_1) = 14.7807 \text{ kg} * 0.23618 \frac{kJ}{kgK} = 3.4909 \frac{kJ}{K}$$

$$\text{b) } Q - \dot{W} = m * \Delta U \Rightarrow Q = m * (u_2 - u_1) = 14.7807 \text{ kg} * 64.096 \text{ kJ/kg}$$

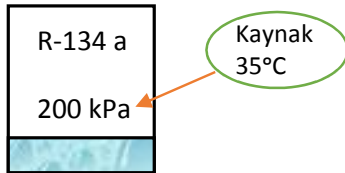
$$Q = 947.384 \text{ kJ}$$

$$\Delta S_{\text{çevre}} = -\frac{Q}{T_{\text{çevre}}} = -\frac{947.38}{35 + 273} = -3.07592$$

$$\text{c) } \Delta S_{\text{Top}} = \Delta S_{R-12} + \Delta S_{\text{çevre}} = 0.41498 > 0 \text{ olduğundan Tersinmez işlem.}$$

S-4) İyi izole edilmiş bir rijit tank içerisinde 100 kpa basınçta 2 kg su-buhar karışımı bulunmaktadır. Başlangıçta tanktaki karışımın 1/3'ünün sıvı olduğu bilinmektedir. Daha sonra tanka bir elektrik rezistansı yerleştirilerek tanktaki sıvının tümü buharlaştırılmaktadır. Son durumdaki basınç değerini bulup, bu işlem boyunca meydana gelen entropi değişimini hesaplayınız.

C-4)



a)

$$P_1 = 200 \text{ kPa}$$

$$x_1 = 0.4$$

$$u_1 = u_f + x_1 * u_{fg} = 38.28 + 0.4 * 186.21 = 112.76 \text{ kJ/kg}$$

$$s_1 = s_f + x_1 * s_{fg} = 0.15457 + 0.4 * 0.78316 = 0.4678 \text{ kJ/kgK}$$

$$v_1 = v_f + x_1 * v_{fg} = 0.0004533 + 0.4 * (0.099867 - 0.0007533)$$

$$v_1 \Rightarrow 0.4040 \text{ m}^3/\text{kg}$$

$$P_2 = 400 \text{ kPa}$$

$$v_2 = v_1$$

$$x_2 = \frac{v_2 - v_f}{v_{fg}} = \frac{0.4040 - 0.0007907}{0.051201 - 0.0007907} = 0.7857$$

$$u_2 = u_f + x_2 * u_{fg} = 63.62 + 0.7857 * 171.45 = 198.34 \text{ kJ/kg}$$

$$s_2 = s_f + x_2 * s_{fg} = 0.24761 + 0.7857 * 0.67929 = 0.7813 \text{ kJ/kgK}$$

$$m = \frac{V}{v_1} = \frac{0.5 \text{ m}^3}{0.04040 \frac{\text{m}^3}{\text{kg}}} = 12.38 \text{ kg}$$

$$\Delta S_{\text{sistem}} = m * (s_2 - s_1) = 12.38 \text{ kg} * (0.7813 - 0.4678) \frac{\text{kJ}}{\text{kgK}} = 3.880 \text{ kJ/K}$$

$$\text{b) } \Delta E_{\text{sistem}} = E_{\text{giren}} - E_{\text{çıkan}}$$

$$Q_{\text{giren}} = m * (u_2 - u_1) = 12.38 \text{ kg} * (198.34 - 112.76) = 1059 \text{ kJ}$$

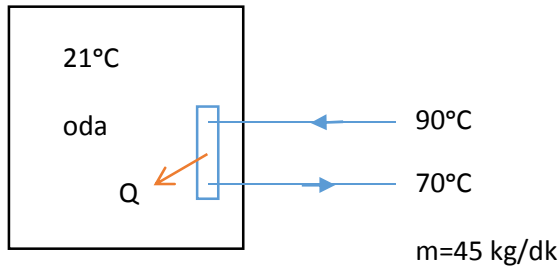
$$Q_{\text{giren}} = -Q_{\text{kaynak, çıkış}} = 1059 \text{ kJ}$$

$$\Delta S_{\text{kaynak}} = -\frac{Q_{\text{kaynak, çıkış}}}{T_{\text{kaynak}}} = -\frac{1059 \text{ kJ}}{308 \text{ K}} = -3.439 \text{ kJ/K}$$

$$\text{c) } \Delta S_{\text{toplam}} = \Delta S_{\text{sistem}} - \Delta S_{\text{kaynak}} = 3.880 + (-3.439) = 0.442 \text{ kJ/K}$$

S-5) Bir bina kış şartlarında 21°C sabit sıcaklıkta tutulmak istenmektedir. Bu amaçla merkezi ısıtma sistemi kullanılmaktadır. Bina içindeki radyatörlere, dakikada 5 kg debi ile giren su, başlangıçta 90 °C'de (doymuş sıvı) iken çıkışta 70 °C'ye düşmektedir. Buna göre; **a)** Sudaki entropi değişimini **b)**, Binanın entropi değişimini **c)** Bu işlem için toplam entropi değişimini hesaplayınız. Bu işlemin entropinin artma prensibine uyup uymadığını belirleyiniz.

C-5)



I. Durum

$$T_1 = 90^\circ \text{C} \Rightarrow h_1 = h_f = 377.04 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$s_1 = s_f = 1.1929 \text{ kJ/kgK}$$

II. Durum

$$T_2 = 70^\circ \text{C} \Rightarrow h_2 = h_f = 293.07 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$s_2 = s_f = 0.9551 \text{ kJ/kgK}$$

Radyatör için T.D.I kanunu

$$Q - W = \dot{m} * (h_2 - h_1) = 5 \frac{kg}{dk} * (293.07 - 377.04) = 6.91 kW$$

$$\Delta S_{su} = (s_2 - s_1) * \dot{m} = 5 \frac{kg}{dk} * \frac{1dk}{60sn} * (0.9551 - 1.1929) \frac{kJ}{kgK}$$

$$\Delta S_{su} = -0.0198 \frac{kJ}{Ks}$$

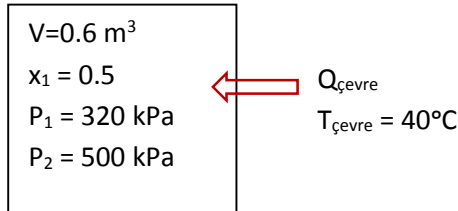
$$\Delta S_{\text{çevre}} = \frac{Q_{\text{çevre}}}{T_{\text{çevre}}} = \frac{6.91}{(21 + 273)K} = 0.0235 kJ/Ks$$

$$\Delta S_{\text{toplam}} = \Delta S_{su} + \Delta S_{\text{çevre}} = -0.0198 + 0.0235 = 0.0037$$

$\Delta S_{\text{toplam}} > 0$ Artma prensibine uyar.

S-6) 0.6 m³ hacminde rijit bir tank içerisinde 320 kPa basınçta ve x=0.5 kuruluk derecesinde Freon-12 soğutucu akışkanı bulunmaktadır. 40 °C sıcaklıktaki bir ortamdan soğutucu akışkana basıncı 500 kPa oluncaya kadar ısı transfer edilmiştir. Buna göre, **a-** Soğutucu akışkanın entropisindeki değişmeyi, **b-** Ortamın entropisindeki değişmeyi, **c-** Bu işlem boyunca meydana gelen toplam entropideki değişmeyi hesaplayınız.

C-6)



I. Durum

$$\left. \begin{array}{l} P_1 = 0.32 MP \\ x_1 = 0.5 \end{array} \right\} v_1 = v_f + x_1 * v_{fg} = 0.02711385 m^3/kg$$

$$m = \frac{V}{v_1} \Rightarrow m = 22.13 kg$$

$$u_1 = u_f + x_1 * u_{fg} = 103.865 kJ/kg$$

$$s_1 = s_f + x_1 * s_{fg} = 0.42085 kJ/kgK$$

II. Durum

$$\left. \begin{array}{l} P_2 = 0.5 MP \\ v_1 = v_2 \end{array} \right\} x_2 = \frac{0.027114 - 0.0007438}{0.03482 - 0.0007438} = 0.7739$$

$$u_2 = u_f + x_2 * u_{fg} = 148.05 \frac{kJ}{kg} \quad , \quad s_2 = 0.5777 \frac{kJ}{kgK}$$

$$Q = m * (u_2 - u_1) = 977.84 \text{ kJ} = Q_{\text{çevre}}$$

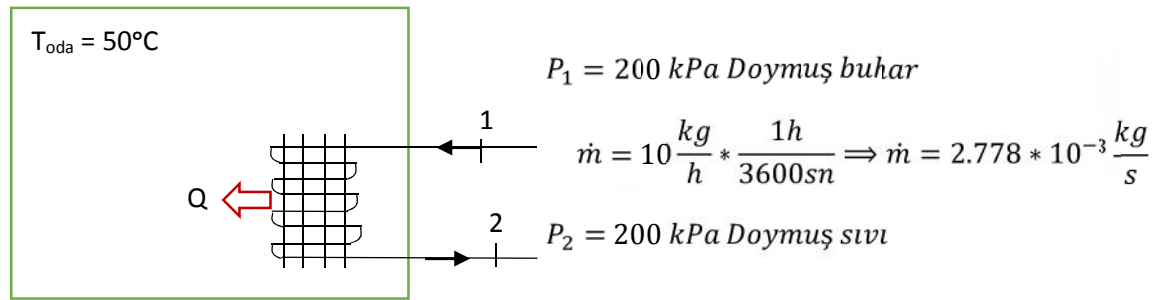
$$a) \Delta S_{R-12} = m * (s_2 - s_1) = 3.47 \text{ kJ/K}$$

$$b) \Delta S_{\text{çevre}} = \frac{Q_{\text{çevre}}}{T_{\text{çevre}}} = -\frac{977.84 \text{ kJ}}{40+273K} = -3.124 \text{ kJ/K}$$

$$c) \Delta S_{\text{top}} = \Delta S_{R-12} + \Delta S_{\text{çevre}} = 0.3459 \frac{kJ}{K} \text{ Tersinmez işlem}$$

S-7) Bir araştırmacı bir test odasının sıcaklığını 50 °C tutmak için içerisinden saate 10 kg su buharı geçen bir serpantin (plakalı ısı değıştiricisi) kullanmaktadır. Su buharı, serpantine 200 kPa doymuş buhar olarak girmekte ve serpantinden doymuş sıvı olarak çıkmaktadır. Buna göre; **a)** Test odasına olan ısı transferini, **b)** Su buharının entropisindeki değışimi, **c)** Test odasının entropisindeki değışimi **d)** Bu işlem için toplam entropideki değışimi hesaplayınız.

C-7)



a) T.D.I. Kanunu Serpantine uygulanırsa

$$\dot{Q} - \dot{W} = \dot{m} * (h_2 - h_1)$$

I.Durum

$$\left. \begin{array}{l} P_1 = 200 \text{ kPa} \\ \text{Doymuş buhar} \end{array} \right\} \begin{array}{l} h_1 = h_g = 2706.3 \text{ kJ/kg} \\ s_1 = s_g = 7.1270 \text{ kJ/kgK} \end{array}$$

II.Durum

$$\left. \begin{array}{l} P_1 = 200 \text{ kPa} \\ \text{Doymuş sıvı} \end{array} \right\} \begin{array}{l} h_2 = h_f = 504.71 \text{ kJ/kg} \\ s_2 = s_f = 1.5302 \text{ kJ/kgK} \end{array}$$

$$\dot{Q} = \dot{m} * (h_2 - h_1) = 2.778 \frac{kg}{s} * (2706.3 - 504.71) \frac{kJ}{kg} * 10^{-3}$$

$$\dot{Q} = 6.116 \frac{kJ}{s} = 6.12 \text{ kW}$$

$$b) \Delta S_{su} = S_2 - S_1 = \dot{m} * (s_2 - s_1) = 2.778 * 10^{-3} \frac{kg}{s} * (7.1270 - 1.5302) \text{ kJ/kgK}$$

$$\Delta S_{su} = -0.015623 \text{ kJ/sK}$$

$$c) \Delta S_{\text{çevre}} = \frac{Q_{\text{çevre}} = \dot{Q}}{T_{\text{çevre}} = T_{\text{oda}}} = \frac{6.116 \frac{\text{kJ}}{\text{s}}}{(50+273)\text{K}} = 0.018935$$

$$\Delta S_{\text{toplam}} = \Delta S_{\text{su}} + \Delta S_{\text{çevre}} = -0.015623 + 0.018935 = 0.003312 \frac{\text{kJ}}{\text{sK}} > 0$$

Olduğundan Entropinin artma prensibine uyuyor.

S-8) Sabit hacimli kapalı bir kap bir perdeyle iki eşit bölmeye ayrılmıştır. Başlangıçta bölmelerin birinde 300 kPa ve 60 °C'de 1.5 kg su, diğerinde ise vakum bulunmaktadır. Perde kaldırıldığında kabın tümü su ile dolmakta ve basınç 15 kPa olmaktadır. Buna göre suyun entropisindeki değişimi hesaplayınız.

C-8)

$P_1 = 300 \text{ kPa}$ $T_1 = 60^\circ\text{C}$ $m = 1.5 \text{ kg}$	Vakum
---	-------

$$v_1 = v_f = 0.001017 \frac{\text{m}^3}{\text{kg}}, \quad s_1 = s_f = 0.8312 \frac{\text{kJ}}{\text{kgK}}$$

$$V_1 = v_1 * m = 0.001525 \text{ m}^3$$

$$V_{\text{son}} = V_2 = 0.003051 \text{ m}^3$$

$$P_2 = 15 \text{ kPa}$$

$$v_2 = \frac{V_2}{m} = 0.002034 \frac{\text{m}^3}{\text{kg}}$$

$$P_2 = 15 \text{ kPa} \Rightarrow v_f = 0.001014, v_g = 10.02$$

$$s_f = 0.7549, \quad s_{fg} = 7.2536$$

$$x_2 = \frac{0.002034 - 0.001014}{10.02 - 0.001014} \Rightarrow x_2 = 0.0001018$$

$$s_2 = s_f + x_2 * s_{fg} \Rightarrow s_2 = 0.7556$$

$$S_2 - S_1 = m * (s_2 - s_1) = -0.04556 * 1.5 = -0.1134$$

S-9) Bir ısı değiştiricisine 1 MPa basınçta doymuş buhar olarak saate 10 kg su buharı girmekte ve çevre havasına ısı vererek tamamı doymuş sıvı olarak çıkmaktadır. Buna göre; **a)** Birim zamanda suyun entropisindeki değişimi **b)** Çevre sıcaklığı 23 °C ise çevre havasında meydana gelen entropi değişimini, **c)** Toplam entropideki değişimi hesaplayıp yorumlayınız?

C-9)**I Durum**

$$\left. \begin{array}{l} P_1 = 1 \text{ MP} \\ \text{Doymuş buhar} \\ m = 10 \text{ kg} \\ T_{\text{çev}} = 23 \text{ C} \end{array} \right\} \begin{array}{l} h_g = h_1 = 2777,1 \text{ kJ/kg} \\ s_g = s_1 = 6,5850 \text{ kJ/kgK} \end{array}$$

II Durum

$$\left. \begin{array}{l} P_2 = 1 \text{ MP} \\ \text{Doymuş sıvı} \end{array} \right\} \begin{array}{l} h_f = h_2 = 762,51 \text{ kJ/kg} \\ s_f = s_2 = 2,1381 \text{ kJ/kgK} \end{array}$$

$$a) \Delta s = m(s_2 - s_1) = -0,01235 \text{ kJ/K}$$

$$b) E_g - E_{\dot{c}} = \Delta E_{\text{sistem}}$$

$$Q_{\dot{c}} = \dot{m}(h_2 - h_1) = 2014,6 \text{ kJ/h} = 5,596 \text{ kJ/s}$$

$$\Delta s_{\text{çevre}} = \frac{Q}{T_{\text{ortam}}} = 68,06 \text{ kJ/hK} = 0,0189 \text{ kJ/sK}$$

$$c) \Delta s = \Delta s_{\text{ortam}} + \Delta s_{\text{sistem}} \rightarrow \Delta s = 23,59 \frac{\text{kJ}}{\text{hK}} = +0,00655 \text{ kJ/sK} > 0 \text{ olduğundan tersinmez işlem, mümkün. Entropinin artma prensibine uygundur.}$$

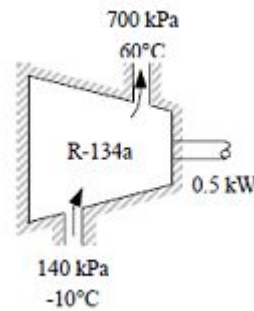
S-10) 140 kPa ve -10°C sıcaklığındaki R-134a, 0,5 kW gücündeki adyabatik bir kompresörde 700 kPa ve 60°C 'ye sıkıştırılmaktadır. Kinetik ve potansiyel enerji değişimlerini ihmal edip çevre sıcaklığının 27°C olduğunu kabul ederek, kompresörün; **a-)** izentropik (adyabatik) verimini **b-)** ikinci yasa verimini hesaplayınız.

C-10)**I Durum**

$$\left. \begin{array}{l} P_1 = 140 \text{ MP} \\ T_1 = -10^\circ\text{C} \end{array} \right\} \begin{array}{l} h_1 = 246,36 \text{ kJ/kg} \\ s_1 = 0,97236 \text{ kJ/kgK} \\ v_1 = 0,14606 \frac{\text{m}^3}{\text{kg}} \end{array}$$

II Durum

$$\left. \begin{array}{l} P_2 = 700 \text{ kPa} \\ T_2 = 60^\circ\text{C} \end{array} \right\} \begin{array}{l} h_2 = 298,42 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \\ s_2 = 1,0256 \frac{\text{kJ}}{\text{kgK}} \end{array}$$



$$s_{2s} = s_1 \Rightarrow h_{2s} = 281,16 \frac{kJ}{kg}$$

$$a) \eta_T = \frac{h_{2s} - h_1}{h_{2g} - h_1} = \frac{281,16 - 246,36}{298,42 - 246,36} = 0,668 \text{ (%66.8)}$$

$$b) E_g - E_c = \Delta E_{sistem}$$

$$\dot{W}_{g,g} = \dot{m}(h_{2g} - h_1) \rightarrow \dot{m} = 0,009603 \text{ kg/s}$$

$$\dot{W}_{tr} = \dot{m}(\varphi_2 - \varphi_1) \rightarrow \dot{W}_{tr} = \dot{m}((h_2 - h_1) - T_0(s_2 - s_1) - \Delta ke - \Delta pe)$$

$$\dot{W}_{tr} = 0,009603 \frac{kg}{s} \left((298,42 - 246,36) \frac{kJ}{kg} - 300K(1,0256 - 0,97236) \frac{kJ}{kgK} \right) = 0,347$$

$$\eta_{II} = \frac{\dot{W}_{g,g}}{\dot{W}_{ter}} = \frac{0,347}{0,5} = 0,693 \text{ (%69.3)}$$

S-11) Yalıtılmış bir tankta 100 kPa basınçta ve kütlelerinin %75'i sıvı fazda olan 2 kg su bulunmaktadır. Daha sonra kabın içinde bulunan bir elektrikli ısıtıcı ile suyun tamamı buharlaştırılmaktadır. Hal değişimi sırasındaki entropi değişimini hesaplayınız.

$$\text{C-11)} x = 0.25 \quad S_1 = S_f + x * S_{fg} = 1.3028 + (0.25) * (6.0562) = 2.8168 \frac{Kj}{kgK}$$

$$V_1 = V_2 \text{ (Doymuş buhar)} \rightarrow S_2 = 6.8649 \frac{Kj}{kgK}$$

$$\Delta S = m (S_2 - S_1) = 2 (6.8649 - 2.8168) = 8.1 \frac{Kj}{K}$$

S-12) Başlangıçta 6 MPa ve 350°C' de bulunan 2.5 kg hava bir silindir içerisinde tersinir izotermal olarak 0.15 MPa basıncına kadar genişletilmektedir.

a) İşlem boyunca yapılan işi

b) Havanın entropisindeki değişmeyi hesaplayınız.

$$\text{C-12) a) } W_{12} = m * R * T_1 * \ln \left(\frac{P_1}{P_2} \right)$$

$$W_{12} = 2.5 \text{ kg} * 0.287 \frac{kJ}{kgK} * 623 \text{ K} * \ln \frac{6}{0.15} = 1649.34 \text{ kJ}$$

$$b) \Delta s = \frac{\delta Q}{T_1} = \frac{(W_{12}=Q_{12})}{T_1} = \frac{1649.34}{623K} = 2.6468 \frac{kJ}{kg}$$

S-13) 0.5 m³ hacmindeki bir rijit tankta 200 kPa ve %40 kuruluk derecesinde Freon-12 bulunmaktadır. Basınç 400 kPa oluncaya kadar 35°C deki bir ısı kaynağından tanka ısı transfer edilmektedir. Buna göre;

- Freon-12 nin entropisindeki değişmeyi
- Isı kaynağının entropisindeki değişmeyi
- Toplam entropideki değişmeyi hesaplayınız.

C-13) I.Durum

$$\left. \begin{array}{l} P_1 = 200 \text{ kPa} \\ x_1 = 0.4 \end{array} \right\} \text{ doymuş sıvı buhar tablosundan} \quad \begin{array}{l} v_s = 0.0006862, v_b = 0.08354 \\ s_s = 0.0992, s_b = 0.7035 \\ u_s = 24.43, u_b = 165.36 \end{array}$$

$$v_1 = v_s + x_1 * (v_b - v_s) = 0.033827 \frac{\text{m}^3}{\text{kg}}, \quad m_1 = \frac{V}{v_1} = 14.781 \text{ kg}$$

$$u_1 = u_s + x_1 * (u_b - u_s) = 30.802 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$s_1 = s_s + x_1 * (s_b - s_s) = 0.34092 \frac{\text{kJ}}{\text{kgK}}$$

II.Durum

$$\left. \begin{array}{l} v_1 = v_2 \\ P_2 = 600 \text{ kPa} \end{array} \right\} \text{ doymuş sıvı-buhar tablosundan} \quad \begin{array}{l} v_s = 0.0007299, v_b = 0.04321 \\ u_s = 43.34, u_b = 173.69 \\ s_s = 0.1691, s_b = 0.6928 \end{array}$$

$$0.033827 = v_s + x_2 * (v_b - v_s) \Rightarrow x_2 = 0.77912$$

$$u_2 = u_s + x_2 * u_{sb} = 144.88$$

$$s_2 = s_s + x_2 * (s_b - s_s) = 0.57912$$

$$\text{a) } \Delta S_{R-12} = S_2 - S_1 = m * (s_2 - s_1) = 14.781 * 0.23614 = 3.49044 \frac{\text{kJ}}{\text{K}}$$

$$\text{b) } Q = m * \Delta u = 14.781 * 64.078 = 947.1428 \text{ kJ}$$

$$\Delta S_{\text{çev}} = -\frac{Q}{T} = \frac{-947.1428}{35 + 273} = -3.07513 \frac{\text{kJ}}{\text{K}}$$

$$\text{c) } \Delta S_{\text{Top}} = \Delta S_{R-12} + \Delta S_{\text{çev}} = 0.4153 > 0$$

S-14) Carnot çevrimine göre çalışan bir ısı makinasında, izotermal ısı atılması işlemi boyunca, çalışma akışkanının entropi değişimi -0.6 kJ/K dir. Eğer çevre sıcaklığı 30°C ise;

- Çevreye transfer edilen ısı miktarını,
- Çevrenin entropisindeki değişimi,
- Bu işlem için toplam entropideki değişmeyi hesaplayınız.

C-14)

$$a) \Delta S = \frac{\delta Q_{\text{çevre}}}{T_{\text{çevre}}} \Rightarrow -0.6 \frac{\text{kJ}}{\text{K}} = \frac{\delta Q_{\text{çevre}}}{30+273}$$

$$Q_{\text{çevre}} = 181.8 \text{ kJ}$$

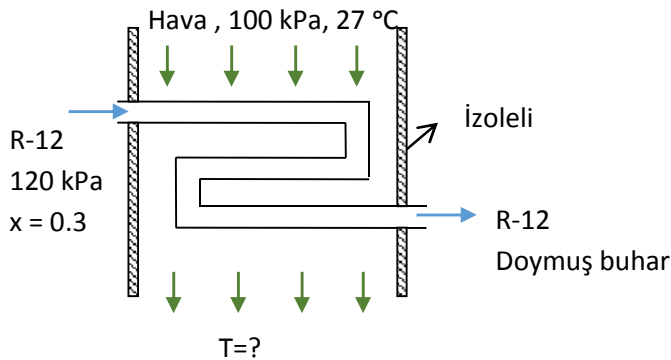
$$b) \Delta S_{\text{çevre}} = \frac{181.8 \text{ kJ}}{303} = 0.6 \frac{\text{kJ}}{\text{K}}$$

$$c) \Delta S_{\text{toplam}} = \Delta S_{\text{çevre}} + \Delta S_{\text{soğakışkan}} = 0.6 - 0.6 = 0 \frac{\text{kJ}}{\text{K}}$$

Tersinir işlemdir.

S-15) Hava pencere tipi bir ısı pompasının evaporatör bölmesine 100 kPa, 27 °C ve 6 m³/dk lık debiyle girmektedir. Freon-12 ise 120 kPa, x=0.3 ve 2 kg/dk ' lık debiyle evaporatörü doymuş buhar olarak terketmektedir. Isı pompasının cidarlarını adyabatik kabul ederek havanın evaporatörü bölmesinden çıkış sıcaklığını ve işlem boyunca toplam entropi değişimini hesaplayınız.

$$R_{\text{hava}} = 0.287 \text{ kJ/kgK} , C_{p, \text{hava}} = 1.005 \text{ kJ/kgK}$$

**C-15)**

$$\dot{v} = 6 \frac{\text{m}^3}{\text{dk}} = 0.1 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

$$P * v = R * T$$

$$P * \frac{1}{\rho} = R * T \Rightarrow \rho = \frac{100 \text{ kPa}}{0.287 * 300} = 1.1614 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$\dot{m} = \frac{\dot{V}}{v} = \dot{V} * \rho \Rightarrow \dot{m}_{\text{hava}} = 0.11614 \frac{\text{kg}}{\text{s}}$$

$$Q_{12} - W_{12} = \Delta H + \Delta KE + \Delta PE$$

$$(\dot{m} * C_p * \Delta T)_{\text{hava}} + (\dot{m} * (h_2 - h_1))_{\text{R-12}} = 0$$

$$0.11614 * 1.0035 \frac{\text{kJ}}{\text{kgK}} * (T_2 - 27) = \dot{m} * (h_1 - h_2)_{\text{R-12}} \quad (1)$$

$$\begin{array}{l}
 P_1 = 120 \text{ kPa} \\
 x = 0.3
 \end{array}
 \left.
 \begin{array}{l}
 h_s = 12.66 \\
 h_{sb} = 163.48 \\
 s_s = 0.0526 \\
 s_b = 0.7133
 \end{array}
 \right\}$$

$$h_1 = h_s + x * h_{sb} = 61.704 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} , \quad h_2 = h_b = 176.14 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$s_1 = 0.25081 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} , \quad s_2 = s_b = 0.7133$$

$$\dot{m}_{R-12} = 2 \frac{\text{kg}}{\text{dk}} = 0.0333 \frac{\text{kg}}{\text{sn}}$$

(1) nolu denklemde yerine yazılırsa

$$0.11614 * 1.0035 \frac{\text{kJ}}{\text{kgK}} * (T_2 - 27) = \dot{m} * (h_1 - h_2)_{R-12}$$

$$T_2 - 27 = -32.679 \Rightarrow T_2 = -5.7 \text{ } ^\circ\text{C}$$

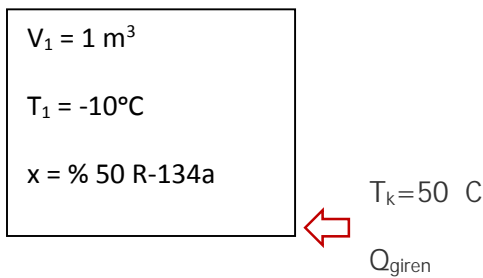
$$\Delta S_{R-12} = \dot{m} * \Delta S = 0.0333 \frac{\text{kg}}{\text{sn}} * 0.4629 \frac{\text{kJ}}{\text{kgK}} = 0.015414 \frac{\text{kJ}}{\text{snK}}$$

$$\Delta S_{hava} = \oint \frac{\delta Q}{T} = \dot{m} * C_p * \ln \frac{T_2}{T_1} = 0.01347 \frac{\text{kW}}{\text{K}}$$

$$\Delta S_{toplam} = \Delta S_{R-12} + \Delta S_{hava} = 0.001944 \frac{\text{kW}}{\text{K}}$$

S-16) 1 m³ sabit hacimli kapalı kaptaki başlangıçta -10 °C sıcaklık ve %50 kuruluk derecesinde R-134a soğutucu akışkanı bulunmaktadır. Bu kapa 50 °C'teki bir kaynaktan ısı verilmekte ve basınç 0.6 MPa olmaktadır. Buna göre; **a)** R-134a'nın entropisindeki değişimi, **b)** Kaynağın entropisindeki değişimi, **c)** Toplam entropideki değişimi, **d)** Bu işlemin entropinin artma prensibine uyup uymadığını belirleyiniz.

C-16)



Çözümlerde Yunus ÇENGEL termodinamik kitabı tabloları kullanılmıştır.

I.Durum

Tablc A-11 den

$$P_1 = 200 \text{ kPa}$$

$$v_f = 0,75 * 10^{-3} \text{ m}^3/\text{kg} \left. \vphantom{v_f} \right\} v_1 = v_f + x * v_{fg}$$

$$\begin{aligned}
 v_g &= 0,99 * 10^{-1} m^3/kg & v_1 &= 0,5051 * 10^{-1} m^3/kg \\
 v_{fg} &= 0,98 * 10^{-1} m^3/kg \\
 s_f &= 0,155 kJ/(kg * K) \\
 s_g &= 0,937 kJ/(kg * K) \\
 s_{fg} &= 0,782 kJ/(kg * K) \\
 u_f &= 38,4 kJ/kg \\
 u_g &= 224,54 kJ/kg \\
 u_{fg} &= 186,14 kJ/kg
 \end{aligned}
 \left. \begin{array}{l} \\ \\ \\ \\ \\ \\ \\ \\ \\ \end{array} \right\} \begin{array}{l} s_1 = S_f + x * S_{fg} \\ s_1 = 0,546 kJ/(kg * K) \\ \\ u_1 = u_f + x * u_{fg} \\ u_1 = 131,4 kJ/kg \end{array}$$

II. Durum

$$v_1 = v_2 = 0,5051 * 10^{-1} m^3/kg$$

$$v_2 > v_{g@0,6MPa} \quad (0,5051 * 10^{-1} m^3/kg > 0,35 * 10^{-1} m^3/kg) \quad (Tablo A - 13)$$

Kızgın Buhar Tablo A-13'den

<u>I</u>	<u>v</u>	<u>s</u>	<u>u</u>
110 °C	$0,4945 * 10^{-1} m^3/kg$	$1,18 kJ/(kg * K)$	$319,91 kJ/kg$
$\implies v_2$	$0,5051 * 10^{-1} m^3/kg$	$s_2 = ?$ (İnterpolasyon)	$u_2 = ?$ (İnterpolasyon)
120 °C	$0,5099 * 10^{-1} m^3/kg$	$1,20 kJ/(kg * K)$	$329,23 kJ/kg$

$$s_2 = 1,18 + (1,20 - 1,18) * (0,5051 - 0,4945)/(0,5099 - 0,4945)$$

$$s_2 = 1,19 kJ/(kg * K)$$

$$u_2 = 328,32 kJ/kg$$

S-17) Termodinamiğin I. Kanunu ve entropi tanımından yararlanarak; ideal gazlarda sistemin entropi değişiminin hesaplanmasında kullanılan aşağıdaki denklemleri türetiniz?

C-17)

$$\Delta s_{sis} = s_2 - s_1 = C_v * \ln \frac{T_2}{T_1} + R * \ln \frac{V_2}{V_1}$$

$$\Delta s_{sis} = s_2 - s_1 = C_p * \ln \frac{V_2}{V_1} + C_v * \ln \frac{P_2}{P_1}$$

$$\Delta s_{sis} = s_2 - s_1 = C_p * \ln \frac{T_2}{T_1} - R * \ln \frac{P_2}{P_1}$$

$$dq = du + dw$$

$$Tds = C_v * dT + PdV$$

$$P * V = R * T \Rightarrow P * dV + V * dP = R * dT$$

$$dT = \frac{P * dV + V * dP}{R}$$

$$Tds = C_v * \frac{P * dV + V * dP}{R} + R * T * \frac{dV}{V}$$

$$ds = \frac{C_v}{R * T} * (P * dV + V * dP) + R * \frac{dV}{V}$$

$$ds = \frac{C_v}{P * V} * (P * dV + V * dP) + R * \frac{dV}{V}$$

$$ds = C_v + \frac{dV}{V} + C_v * \frac{dP}{P} + R * \frac{dV}{V}$$

$$ds = (C_v + R) * \frac{dV}{V} + C_v * \frac{dP}{P} \Rightarrow \int_1^2 ds = \int_1^2 C_p * \frac{dV}{V} + \int_1^2 \frac{dP}{P}$$

$$\Delta s_{sis} = s_2 - s_1 = C_p * \ln \frac{V_2}{V_1} + C_v * \ln \frac{P_2}{P_1}$$

$$Tds = C_v * dT + P * dV$$

$$ds = C_v * \frac{dT}{T} + R * \frac{dV}{V}$$

$$\int_1^2 ds = \int_1^2 C_v * \frac{dT}{T} + \int_1^2 R * \frac{dV}{V}$$

$$\Delta s_{sis} = s_2 - s_1 = C_v * \ln \frac{T_2}{T_1} + R * \ln \frac{V_2}{V_1}$$

$$P * V = R * T \Rightarrow Pdv * VdP = RdT$$

$$Tds = C_v dT + (dT - VdP)$$

$$Tds = (C_v + R)dT - VdP$$

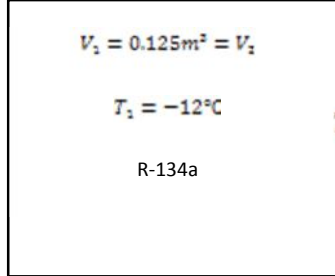
$$ds = C_p * \frac{dT}{T} - \frac{V}{T} * dP$$

$$\int_1^2 ds = \int_1^2 C_p * \frac{dT}{T} - \int_1^2 R * \frac{dP}{P}$$

$$\Delta s_{sis} = s_2 - s_1 = C_p * \ln \frac{T_2}{T_1} - R * \ln \frac{P_2}{P_1}$$

S-18) 0.125 m^3 sabit hacimli kapalı kaptaki -12°C sıcaklık ve 0.84 kuruluk derecesinde R-134a soğutucu akışkan bulunmaktadır. Bu kapa 40°C 'deki bir kaynaktan ısı verilmekte ve basınç 240 kPa olmaktadır. Buna göre; **a)** R-134a'nın entropisindeki değişimi, **b)** Kaynağın entropisindeki değişimi, **c)** Toplam entropideki değişimi, **d)** Bu işlemin entropinin artma prensibine uyup uymadığını belirleyiniz.

C-18)



$T_C = 40^\circ\text{C}$

$$v_f = 0.0007498 \text{ m}^3/\text{kg}$$

$$v_g = 0.1068 \text{ m}^3/\text{kg}$$

$$s_f = 0.1388 \text{ kJ/kgK}$$

$$s_g = 0.9267 \text{ kJ/kgK}$$

$$u_f = 34.25 \text{ kJ/kg}$$

$$u_g = 220.36 \text{ kJ/kg}$$

$$v_1 = v_f + x_1 * v_{fg} = 0.0007498 + 0.84 * (0.1068 - 0.0007498) = 0.0893 \text{ m}^3/\text{kg}$$

$$m = \frac{V_1}{v_1} = \frac{0.125}{0.0893} = 1.3 \text{ kg}$$

$$s_1 = s_f + x_1 * s_{fg} = 0.1388 + 0.84 * (0.9267 - 0.1388) = 0.8 \text{ kJ/kgK}$$

$$u_1 = u_f + x_1 * u_{fg} = 34.25 + 0.84 * (220.36 - 34.25) = 190.58 \text{ kJ/kg}$$

2. Durum:

$$P_2 = 0.24 \text{ MPa}$$

$$v_1 = v_2 = 0.8983 \text{ m}^3/\text{kg}$$

Kızgın Buhar

$$T_2 = 10^\circ\text{C}$$

$$u_2 = 236.26 \text{ kJ/kg}, s_2 = 0.9721 \text{ kJ/kgK}$$

$$\text{a) } \Delta S_{\text{sistem}} = m(s_2 - s_1) = 1.3(0.9721 - 0.8) = 0.22373 \text{ kJ/kgK}$$

$$\text{b) } Q - W = m(u_2 - u_1) = 1.3(236.26 - 190.58) = 59.384 \text{ kJ}$$

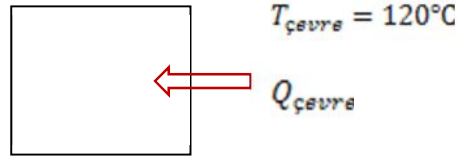
$$\Delta S_{\text{çevre}} = \frac{Q_{\text{çevre}}}{T_{\text{çevre}}} = \frac{-59.384}{40 + 273} = -0.18973 \text{ kJ/K}$$

$$\text{c) } \Delta S_{\text{top}} = \Delta S_{\text{sistem}} + \Delta S_{\text{çevre}} = 0.22373 - 0.18973 = 0.034 \text{ kJ/K}$$

$$\text{d) } \Delta S_{\text{top}} = 0.034 \text{ kJ/K} > 0 \text{ olduğundan tersinmez ve gerçek.}$$

S-19) 121 m^3 hacmindeki 10 kg doymuş su buharı, 1 Mpa ve 300°C sıcaklığına getirmek için 120°C 'deki bir çevreden ısı alındığı iddia edilmektedir. Buna göre; **a)** Buharın entropisindeki değişimi, **b)** Çevrenin entropisindeki değişimi, **c)** Bu iddianın doğruluğunu entropinin artma (toplam entropi) prensibine göre irdeleyiniz.

C-19)

1.Durum:

$$V_2 = 121 \text{ m}^3$$

$$m = 10 \text{ kg}$$

$$v_1 = v_g = \frac{V_1}{m} = \frac{121}{10} = 12.1 \text{ m}^3/\text{kg}$$

Sıcaklık Tablosundan

$$T_1 = 50^\circ\text{C} \Rightarrow v_g = v_1 = 12.03 \text{ m}^3/\text{kg}$$

$$s_1 = s_g = 8.0771 \text{ kJ/kgK}$$

$$u_1 = u_g = 2443.5 \text{ kJ/kg}$$

2.Durum:

$$P_1 = 1 \text{ Mpa}$$

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

Kızgın Buhar

$$s_2 = 7.1229 \text{ kJ/kgK}$$

$$u_2 = 2793.2 \text{ kJ/kg}$$

$$\Delta S_{\text{sistem}} = m(s_2 - s_1) = 10(7.1229 - 8.0771) = -9.542 \text{ kJ/K}$$

$$Q = m(u_2 - u_1) = 10(2793.2 - 2443.5) = +3497 \text{ kJ (Çevreye veriyor)}$$

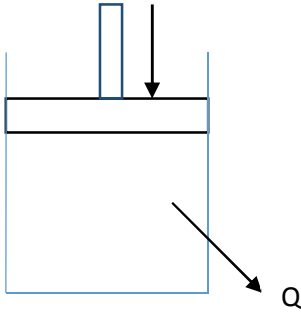
$$\Delta S_{\text{çevre}} = \frac{Q_{\text{çevre}}}{T_{\text{çevre}}} = \frac{-3497}{120 + 273} = -8.8982 \text{ kJ/K}$$

$$\Delta S_{\text{top}} = \Delta S_{\text{sistem}} + \Delta S_{\text{çevre}} = -9.542 - 8.8982 = -18.44 \text{ kJ/K}$$

$$\Delta S_{\text{top}} = 0.034 \text{ kJ/K} < 0 \text{ olduğundan imkansız bir işlem}$$

S-20) Bir piston silindir düzeneinde başlangıçta 3 Mpa basınçta bulunan 5 kg doymuş buharı izobar halde soğutarak tamamen sıvılaştırarak ve 27°C sıcaklıkta bulunan çevreye ısı kaybetmektedir. Buna göre; **a)** Sınırı ve çevreye atılan ısı miktarını bulunuz, **b)** Sistemin entropisindeki değişimi, **c)** Çevrenin entropisindeki değişimi hesaplayınız, **d)** Bu iddianın doğruluğunu entropinin artma prensibine göre irdeleyiniz.

C-20)



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

1.Durum:

$$P_1 = 3 \text{ Mpa}$$

$$m = 5 \text{ kg (doymuş buhar)}$$

$$u_1 = u_g = 2603.2 \text{ kJ/kg}$$

$$v_1 = v_g = 0.066667 \text{ m}^3/\text{kg}$$

$$s_1 = s_g = 6.1856 \text{ kJ/kgK}$$

2.Durum:

$$P_1 = 3 \text{ Mpa}$$

$$m = 5 \text{ kg (doymuş su)}$$

$$u_2 = u_f = 1004.6 \text{ kJ/kg}$$

$$s_2 = s_f = 2.6454 \text{ kJ/kgK}$$

$$v_2 = v_f = 0.001217 \text{ m}^3/\text{kg}$$

$$a) \quad W_{12} = \int P dV = m \cdot P(V_2 - V_1)$$

$$W_{12} = 5 * 3000(0.001217 - 0.066667) = -981.75 \text{ kJ}$$

$$Q - W = \Delta U \implies Q = \Delta U + W = m(v_2 - v_1) + W_{12}$$

$$Q = 5(1004.6 - 2603.2) + (-981.75) = -8974.7 \text{ kJ}$$

$$b) \quad \Delta S_{\text{sistem}} = m(s_2 - s_1) = 5(2.6454 - 6.1856) = -17.7 \text{ kJ/K}$$

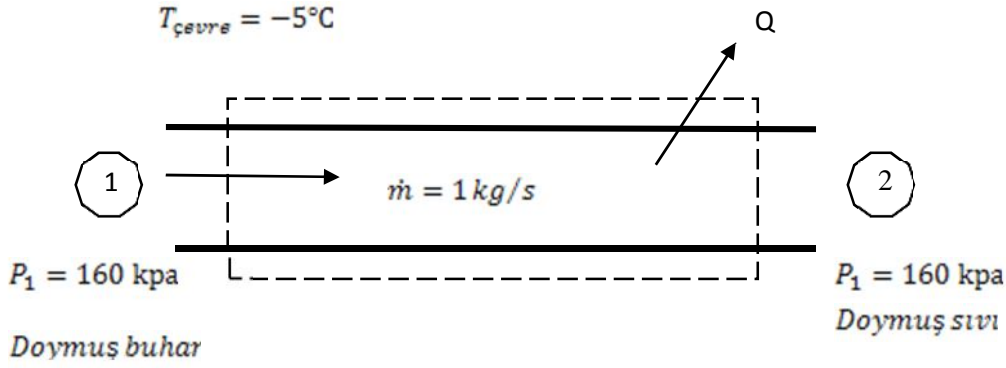
$$c) \quad \Delta S_{\text{çevre}} = \frac{Q_{\text{çevre}}}{T_{\text{çevre}}} = \frac{8974.7}{300} = 29.91 \text{ kJ/K}$$

$$d) \quad \Delta S_{\text{top}} = \Delta S_{\text{sistem}} + \Delta S_{\text{çevre}} = 29.91 - (-17.7) = -12.21 \text{ kJ/K}$$

$$\Delta S_{\text{top}} = 12.21 \text{ kJ/K} > 0 \text{ olduğundan iddia doğrudur.}$$

S-21) Bir ısı de i tircisinin borularına, so utucu akı kan (R-134a) 1 kg/s debiyle ve 160 kPa sabit basınçta doymu buhar fazından girdi i ve doymu sıvı olarak ısı de i tircisini terk etti i ve izobar i lemlerle gerçekleşen bu i lemlerde, $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ sabit sıcaklıktaki çevre havasına ısı transfer edildi i iddia edilmektedir. Verilen artlar altında; bu i lemin gerçekleşip gerçekleşmeyeceğini, entropinin artma prensibini dikkate alarak belirleyiniz.

C-21)



1.Durum:

$$\left. \begin{array}{l} P_1 = 160 \text{ kPa} \\ \text{Doymuş buhar} \end{array} \right\} \begin{array}{l} h_1 = h_g = 237.97 \text{ kJ/kg} \\ s_1 = s_g = 0.9295 \text{ kJ/kgK} \end{array}$$

2.Durum:

$$\left. \begin{array}{l} P_1 = 3 \text{ Mpa} \\ \text{Doymuş Sıvı} \end{array} \right\} \begin{array}{l} h_2 = h_f = 29.78 \text{ kJ/kg} \\ s_2 = s_f = 0.1211 \text{ kJ/kgK} \end{array}$$

$$\dot{Q} - \dot{W} = \dot{m}(h_2 - h_1) = 1(29.78 - 237.97) = -208.19 \text{ kW}$$

$$\dot{Q}_{\text{çevre}} = 208.19 \text{ kW}$$

$$\Delta S_{\text{sistem}} = \dot{m}(s_2 - s_1) = 1(0.1211 - 0.9295) = -0.8084 \text{ kW/K}$$

$$\Delta S_{\text{çevre}} = \frac{\dot{Q}_{\text{çevre}}}{T_{\text{çevre}}} = \frac{208.19 \text{ kW}}{(-5 + 273)\text{K}} = 0.7768 \text{ kW/K}$$

$$\Delta S_{top} = \Delta S_{sistem} + \Delta S_{çevre} = -0.8084 + 0.7768 = -0.316 \text{ kW/K}$$

$\Delta S_{top} = -0.0316 \text{ kW/K} < 0$ olduğundan böyle bir işlem mümkün değildir.

NOT:

$P = 160 \text{ kPa}$ için $T_{doyma} = -15.62 \text{ °C}$ 'dir.

$T_{doyma} = -15.62 \text{ °C} < T_{çevre} = -5 \text{ °C}$ olduğundan çevreye ısı transferi mümkündür.

S-22) Bir ısı değiştiricisine 1 Mpa basınç, 200 °C sıcaklık ve 10 kg/h kütleli debide su buharı girmekte ve izobar işlemde 23 °C sıcaklıktaki çevre havasına ısı vererek tamamı doymuş sıvı olarak çıkmaktadır. Buna göre; a) Birim zamanda suyun entropisindeki değişimi b) Çevre havasında meydana gelen entropi değişimini, c) Toplam entropideki değişimi hesaplayınız?

C-22)

1. Durum:

$$\left. \begin{array}{l} P_1 = 1 \text{ Mpa} \\ T_1 = 200 \text{ °C} \end{array} \right\} \begin{array}{l} h_1 = 2827.9 \text{ kJ/kg} \\ s_1 = 6.6740 \text{ kJ/kgK} \end{array}$$

2. Durum:

$$\left. \begin{array}{l} P_1 = 1 \text{ Mpa} \\ \text{Doymuş Sıvı} \end{array} \right\} \begin{array}{l} h_2 = h_f = 762.81 \text{ kJ/kg} \\ s_2 = s_f = 2.1389 \text{ kJ/kgK} \end{array}$$

$$\dot{m} = \frac{10 \text{ kg}}{h}$$

$$\dot{Q} = \dot{m}(h_1 - h_2) = \frac{10 \text{ kg}}{h} (2827.9 - 762.81) \text{ kJ/kg} = 20650.9 \text{ kJ/h}$$

$$\text{a) } \Delta S_{sistem} = \dot{m}(s_2 - s_1) = \frac{10 \text{ kg}}{h} (2.1307 - 6.6940) = -45.63 \text{ kJ/K}$$

$$\text{b) } \Delta S_{çevre} = \frac{Q_{çevre}}{T_{çevre}} = \frac{20650.9 \text{ kJ/h}}{(23+273) \text{ K}} = 68.84 \text{ kJ/K}$$

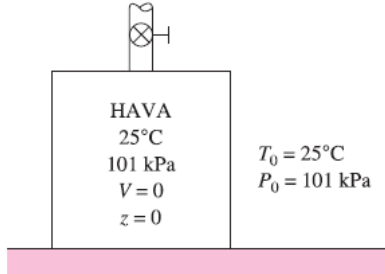
$$\text{c) } \Delta S_{top} = \Delta S_{sistem} + \Delta S_{çevre} = -45.63 + 68.84 = 23.21 \text{ kJ/hK}$$

$\Delta S_{top} = 23.21 \text{ kJ/hK} > 0$ olduğundan tersinmez ve gerçek işlem.

EKSERJİ: ENERJİNİN İŞ POTANSİYELİ

Belirli bir halde ve miktardaki enerjinin yararlı iş potansiyeli özeliğine *kullanılabilirlik* veya *kullanılabilir enerji* diye de bilinen *ekserji* denir.

Bir sistemin **ölü halde** olması, çevresi ile termodinamik dengede bulunması anlamına gelir.



Çevresiyle dengede bulunan bir sistem ölü haldedir.

Ölü haldeyken sistemden elde edilebilecek yararlı iş potansiyeli (kullanılabilirlik) sıfırdır.

Bir sistem, belirli bir başlangıç halinden, çevresinin haline, yani ölü hale geçtiği bir tersinir hal değişimi geçirdiğinde, o sistemden en fazla iş elde edileceği sonucuna varırız.

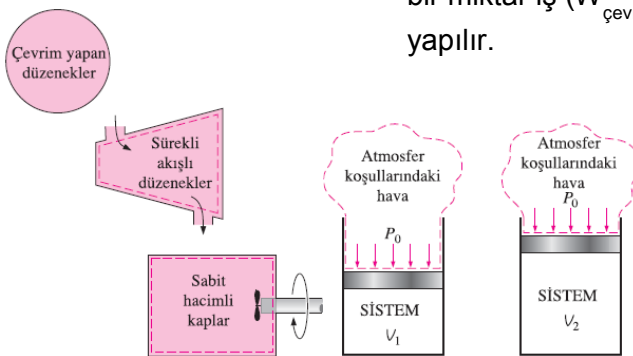
Bu, belirli bir haldeki sistemin *yararlı iş potansiyelini* temsil etmektedir ve ekserji olarak adlandırılır.

Ekserji herhangi bir termodinamik yasaına karşı gelmeden, bir düzeneğin verebileceği işin miktarındaki üst sınırı temsil etmektedir.

TERSİNİR İŞ VE TERSİNMEZLİK

$$W_{\text{çevre}} = P_0(V_2 - V_1)$$

$$W_y = W - W_{\text{çevre}} = W - P_0(V_2 - V_1)$$

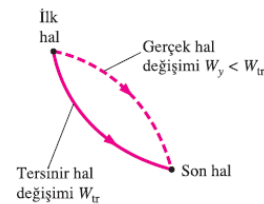


Kapalı bir sistemin genişlemesi sırasında çevre havayı itmek için bir miktar iş ($W_{\text{çevre}}$) yapılır.

Tersinir iş W_{tr} : Bir sistem belirli bir başlangıç hali ve son hal arasında bir hal değişimi geçirdiğinde, üretilebilen yararlı işin en fazla miktarı (veya sağlanması gereken en az iş) olarak tanımlanır.

$$I = W_{tr, \phi} - W_{y, \phi}$$

$$I = W_{y, g} - W_{tr, g}$$



$$I = W_{tr} - W_y$$

Sabit hacimli sistemlerde gerçek ve yararlı işler aynıdır ($W_y = W$).

Tersinir işle gerçek yararlı iş arasındaki fark tersinmezliktir.

İKİNCİ YASA VERİMİ

$$\eta_{II} = \frac{\eta_{Isıl}}{\eta_{Isıl,tr}} \quad (\text{ısı makinaları})$$

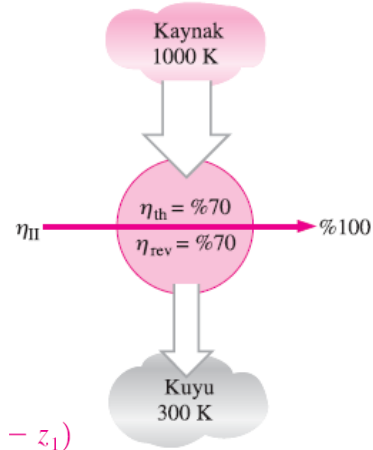
$$\eta_{II} = \frac{W_y}{W_{tr}} \quad (\text{iş üreten makinalar})$$

$$\eta_{II} = \frac{W_{tr}}{W_y} \quad (\text{iş tüketen makinalar})$$

$$\eta_{II} = \frac{COP}{COP_{tr}} \quad (\text{soğutma makinası ve ısı pompası})$$

$$\eta_{II} = \frac{\text{Elde edilen ekserji}}{\text{Sağlanan ekserji}} = 1 - \frac{\text{Ekserji yok oluşu}}{\text{Sağlanan ekserji}}$$

İkinci yasa verimi, bir makinenin ısı veriminin tersinir koşullarda sahip olabileceği ısı verime oranıdır.



Bir akışkanın ekserji değişimi

$$\Delta\psi = \psi_2 - \psi_1 = (h_2 - h_1) + T_0(s_2 - s_1) + \frac{V_2^2 - V_1^2}{2} + g(z_2 - z_1)$$

Tüm tersinir makinelerin ikinci yasa verimi % 100'dür.

EKSERJİNİN AZALMASI İLKESİ VE EKSERJİ YOK OLUŞU

$$\text{Enerji dengesi:} \quad E_{giren}^0 - E_{çikan}^0 = \Delta E_{sistem} \rightarrow 0 = E_2 - E_1$$

$$\text{Entropi dengesi:} \quad S_{giren}^0 - S_{çikan}^0 + S_{üretim} = \Delta S_{sistem} \rightarrow S_{üretim} = S_2 - S_1$$

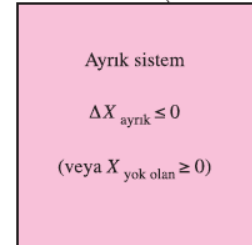
$$-T_0 S_{üretim} = E_2 - E_1 - T_0(S_2 - S_1)$$

$$\begin{aligned} X_2 - X_1 &= (E_2 - E_1) + P_0(V_2 - V_1) - T_0(S_2 - S_1) \\ &= (E_2 - E_1) - T_0(S_2 - S_1) \end{aligned}$$

$$-T_0 S_{üretim} = X_2 - X_1 \leq 0$$

$$\Delta X_{aynık} = (X_2 - X_1)_{aynık} \leq 0$$

Isı, iş veya kütle geçişi yok.

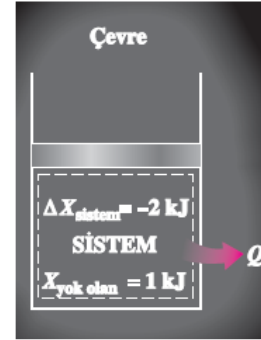


Ayrıık sistem, ekserjinin azalması ilkesinin gelişiminde göz önünde tutulur.

Bir hal değişimi boyunca ayırık bir sistemin ekserjisi her zaman azalır olarak veya sınırlı bir durum olan tersinir bir hal değişiminde sabit kalır. Başka bir deyişle, ekserji asla artmaz ve gerçek bir hal değişimi sırasında yok olur. Bu ekserjinin azalması ilkesi olarak bilinir.

$$X_{\text{yok olan}} = T_0 S_{\text{üretim}} \geq 0$$

$$X_{\text{yok olan}} \begin{cases} > 0 & \text{Tersinmez hal değişimi} \\ = 0 & \text{Tersinir hal değişimi} \\ < 0 & \text{Olanaksız hal değişimi} \end{cases}$$



Bir sistemin ekserji değişimi negatif olabilir, fakat ekserji yok oluşu negatif olamaz.

Tersinir İş, W_{tr}

Yukarıda verilen ekserji dengesi bağıntıları, ekserji yok oluşu sıfıra eşitlenerek, tersinir işi (W_{tr}) belirlemek için kullanılabilir. Bu durumda W işi, *tersinir iş haline gelir*.

Genel: $X_{\text{yok olan}} = 0$ olduğunda $W = W_{tr}$

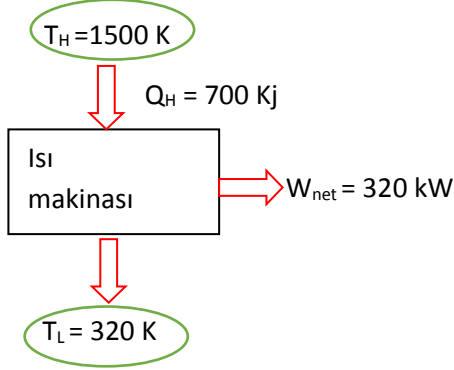
Tek akım: $\dot{W}_{tr} = \dot{m}(\psi_1 - \psi_2) + \sum \left(1 - \frac{T_0}{T_k}\right) \dot{Q}_k$ (kW)

Adyabatik, tek akım: $\dot{W}_{tr} = \dot{m}(\psi_1 - \psi_2)$

Ekserji yok oluşunun, sadece tersinir bir hal değişimi için sıfır olduğuna ve tersinir işin, türbinler gibi iş üreten düzenekler için en fazla iş çıktısını ve kompresörler gibi iş tüketen düzenekler için en az iş çıktısını temsil ettiğine dikkat edilmelidir.

S-1) Bir ısı makinesi 1500 K sıcaklığındaki bir kaynaktan ısı almakta, 320 K sıcaklığındaki bir ortama da ısı vermektedir. Sıcak kaynaktan makineye geçen ısı 700 kJ/s' dir. Isı makinesinin gücü 320 kW olarak ölçülmüştür. En düşük doğal çevre sıcaklığı 25 °C olduğuna göre; **a)** Birim zamanda elde edilebilecek tersinir işi, **b)** Birim zamanda oluşan tersinmezliği, **c)** Bu ısı makinesinin ikinci yasa verimini hesaplayın.

C-1)



$$\eta_{th,max} = \eta_{th,tersinir} = 1 - \frac{T_L}{T_H} = 1 - \frac{320K}{1500K} = 0.787$$

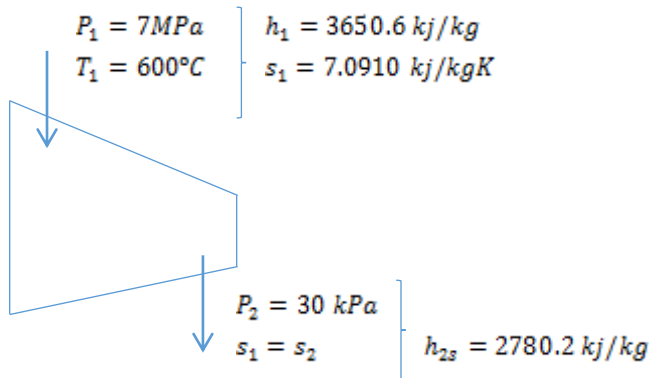
$$\dot{W}_{net,tersinir} = \eta_{th,tersinir} * \dot{Q}_{giren} = 0.787 * 700 \frac{kJ}{s} = 550.7 kW$$

$$b) I = \dot{W}_{net,tersinir} - \dot{W}_{net} = 550.7 - 320 = 230.7 kW$$

$$c) \eta_{II} = \frac{\dot{W}_{net}}{\dot{W}_{net,tersinir}} = \frac{320kW}{550.7kW} = \%58.1$$

S-2) Su buharı, 6 MW'lık adyabatik bir türbine 7 MPa basınç, 600 °C sıcaklık ve 80 m/s hızla girmekte, 50 kPa basınç, 150 °C sıcaklık ve 140 m/s hızla çıkmaktadır. Buna göre; **a)** Türbinden geçen buharın kütleli debisini, **b)** Türbinin izentropik verimini hesaplayınız.

C-2)



$$\dot{E}_{giren} = \dot{E}_{çıkan}$$

$$\dot{m} * \left(h_1 + \frac{V_1^2}{2} \right) = \dot{W}_{net} + \dot{m} * \left(h_2 + \frac{V_2^2}{2} \right)$$

$$\dot{W}_{net} = -\dot{m} * \left(h_2 - h_1 + \frac{V_2^2 - V_1^2}{2} \right)$$

$$6000 \frac{kJ}{s} = -\dot{m} * (2780.2 - 3650.6 + \frac{140^2 - 80^2}{2}) * \frac{1 \frac{kJ}{kg}}{1000 \frac{m^2}{s^2}}$$

$$\dot{m} = 6.95 \text{ kg/s}$$

$$b) P_{2s} = 50 \text{ kPa} \quad \left. \begin{array}{l} \\ \\ \end{array} \right\} \quad x_{2s} = \frac{s_2 - s_f}{s_{fg}} = \frac{7.0910 - 1.0912}{6.5019} = 0.9228$$

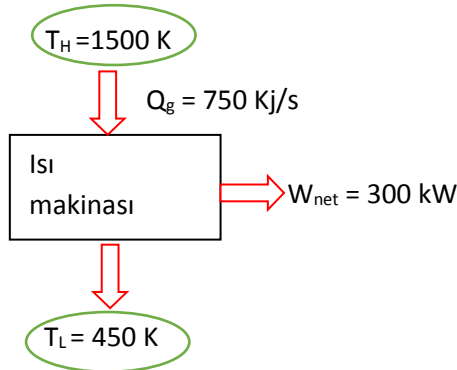
$$s_{2s} = s_1 \quad \left. \begin{array}{l} \\ \\ \end{array} \right\} \quad h_{2s} = h_f + x_{2s} * h_{fg} = 340.54 + 0.9228 * 2304.7 = 2467.3 \text{ kJ/kg}$$

$$\dot{W}_{net,s} = -\dot{m} \left(h_{2s} - h_1 + \frac{V_2^2 - V_1^2}{2} \right)$$

$$\dot{W}_{net,tersinir} = - \left(6.95 \frac{kg}{s} \right) * \left(2467.3 - 3650.6 + \frac{140^2 - 80^2}{2} * \frac{1 \frac{kJ}{kg}}{1000 \frac{m^2}{s^2}} \right) = 8174 \text{ kW}$$

S-3) Bir ısı makinesi 1500 K sıcaklıktaki bir kaynaktan 750 KJ/s akımında ısı almakta ve 450 K sıcaklıktaki bir ortama vermektedir. Isı makinesinin çıkış gücü 300 kW değerindedir. Buna göre, **a)** Gerekli tersinir gücü, **b)** Birim zamanda oluşan tersinmezliği, **c)** Isı makinesinin ikinci yasa verimini hesaplayınız.

C-3)



$$a) \eta_{isil,tr} = 1 - \frac{T_L}{T_H} = 1 - \frac{450}{1500} = 0.7$$

$$\eta_{isil,tr} = \frac{W_{tr}}{Q_g} \Rightarrow W_{tr} = \eta_{isil,tr} * Q_g$$

$$W_{tr} = 0.7 * 750 \frac{kJ}{s} = 525 kW$$

$$b) I = W_{tr} - W_{net} = 525 - 300 = 225 kW$$

$$c) \eta_{isil} = \frac{W_{net}}{Q_g} = \frac{300}{750} = 0.4$$

$$\eta_{II} = \frac{\eta_{isil}}{\eta_{isil,tr}} = \frac{0.4}{0.7} = 0.57$$

S-4) Buhar 3 kg/s ' lik bir debi ile adyabatik bir türbine 8 MPa ve 500°C ' de girmekte ve 30 kPa ' da türbini terketmektedir. Türbinin adyabatik verimi 0.9 olduğuna göre ; a) Türbinin çıkışındaki sıcaklığı, b) Türbinden elde edilen gerçek gücü hesaplayınız.

C-4

I.Durum

$$\left. \begin{array}{l} P_1 = 8 \text{ MPa} \\ T_1 = 500 \text{ }^\circ\text{C} \end{array} \right\} \begin{array}{l} h_1 = 3398.3 \text{ kJ/kg} \\ s_1 = 6.7240 \text{ kJ/kgK} \end{array}$$

II.Durum

$$\left. \begin{array}{l} P_2 = 30 \text{ kPa} \\ s_1 = C \end{array} \right\} \begin{array}{l} s_b = 7.7686 , s_{sb} = 6.8247 , s_s = 0.9439 \\ h_s = 289.23 , h_{sb} = 2336.1 \end{array}$$

$s_b > s_2$ olduğundan karışım bölgesi

$$x_2 = \frac{s_2 - s_s}{s_{sb}} = 0.8469$$

$$h_{2s} = h_s + x_2 * h_{sb} = 2267.673$$

$$\eta_T = \frac{h_1 - h_{2g}}{h_1 - h_{2s}} \Rightarrow 0.9 = \frac{3398.3 - h_{2g}}{3398.3 - 2267.673}$$

$$h_{2g} = 2380.7358$$

$$W_{tg} = \dot{m} (h_1 - h_{2g})$$

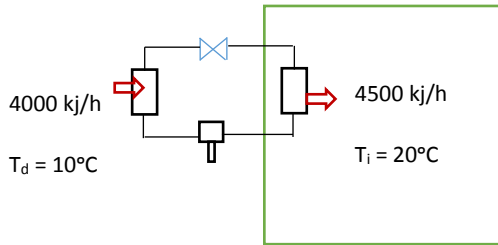
$$W_{tg} = 3 \frac{kg}{s} * (3398.3 - 2380.7358) = 3688.926$$

$$W_{tg} = 3052.69 \text{ kW}$$

S-5) Bir split klimanın, 10 °C'deki dış ortamdaki 4000 kJ ısı çekmekte ve saatte 4500 kJ ısı vererek iç ortamı 20 °C'de tuttuğu söylenmektedir. Bu split klimanın Termodinamiğin II. Kanununu **ihlal edip etmediğini**;

a- Clasius eşitsizliğini, b- Carnot prensibini kullanarak kontrol ediniz.

C-5)



a) Clasius eşitsizliği

$$\oint \frac{\delta Q}{T} \leq 0 \Rightarrow \frac{Q_{soğ}}{T_{soğ}} + \frac{Q_{sıc}}{T_{sıc}} \leq 0$$

$$\frac{4500 \frac{kJ}{h}}{10 + 273K} - \frac{4500 \frac{kJ}{h}}{30 + 273K} \leq 0$$

$-1.22 \leq 0$ olduğundan T.D.II. kanununa uyuyor.

b) Carnot Prensibi

Split klima , ısıtma modunda

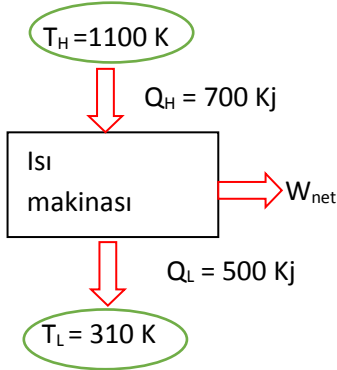
$$COP_{ısıtma,carnot} > COP_{ısıtma,gerçek}$$

$$\frac{T_{sıc}}{T_{sıc} - T_{soğ}} > \frac{Q_{sıc}}{Q_{sıc} - Q_{soğ}}$$

$$\frac{293K}{10K} > \frac{4500}{4500 - 4000} \Rightarrow 29.3 > 9 \text{ olduğundan T.D.II kanununa uyuyor.}$$

S-6) Bir ısı makinesi 1100 K sıcaklığındaki bir ısı enerji deposundan 700 kJ ısı almakta, 310 K sıcaklığındaki bir ısı enerji deposuna ise 500 kJ ısı vermektedir. Bu ısı makinesinin Termodinamiğin ikinci yasasına aykırı olup olmadığını, **a)** Clausius eşitsizliği ve Carnot ilkeleri ışığında belirleyin. **b)** Bu ısı makinesinin toplam entropi üretimini de hesaplayınız.

C-6)



a) Clausius eşitsizliğine göre $\oint \frac{dQ}{T} < 0$ olmalıdır.

$$\oint \frac{dQ}{T} = \frac{Q_H}{T_H} - \frac{Q_L}{T_L} = \frac{700}{1100} - \frac{500}{310} = -0.977 < 0 \text{ olduğundan Clausius eşitsizliğini sağlar.}$$

Carnot ilkesine uygunluk için $\eta_{gerçek} < \eta_{carnot}$ olmalıdır.

$$\frac{Q_H - Q_L}{Q_H} < \frac{T_H - T_L}{T_H} \Rightarrow \frac{700 - 500}{700} < \frac{1100 - 310}{1100}$$

0.286 < 0.718 olduğundan Carnot ilkesini sağlamaktadır.

b)

$$\Delta S_{12} = S_2 - S_1 = \frac{Q_H}{T_H} = \frac{700}{1100} = 0.636 \text{ kJ/kg}$$

$$\Delta S_{23} = S_3 - S_2 = 0$$

$$\Delta S_{34} = S_4 - S_3 = \frac{Q_L}{T_L} = \frac{-500}{310} = -1.613 \text{ kJ/kg}$$

$$\Delta S_{41} = S_4 - S_1 = 0$$

$$\Delta S_{top} = 0.636 - 1.613 = -0.977 \text{ kJ/kg}$$

$$\Delta S_{ürretim} = -\oint \frac{\delta Q}{T} = -\frac{Q_H}{T_H} + \frac{Q_L}{T_L} = 9.777 \text{ kJ/kgK}$$

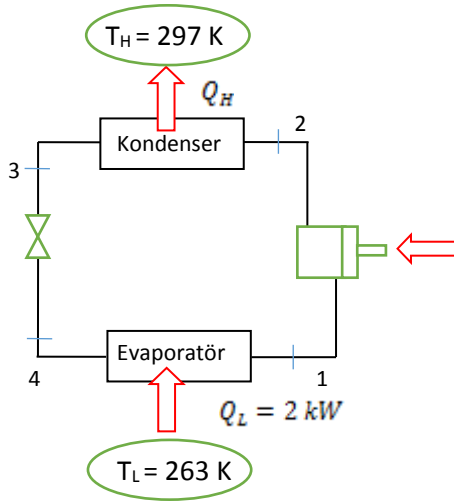
S-7) Atık ısısını 310 K sıcaklığında bir ısı enerji deposuna veren bir ısı makinasının ısı verimi %36, ikinci yasa verimi de %60'tır. Bu ısı makinasının ısı aldığı kaynağın sıcaklığını hesaplayınız.

$$\text{C-7)} \eta_{II} = \frac{\eta_{\text{ısı}}}{\eta_{\text{tr}}} \Rightarrow \eta_{\text{tr}} = \frac{0.36}{0.6} = 0.6$$

$$\eta_{\text{tr}} = 1 - \frac{T_L}{T_H} \Rightarrow 0.6 = 1 - \frac{310}{T_H} \Rightarrow T_H = 775 \text{ K}$$

S-8) -10 °C sıcaklıkta tutulmak istenen bir derin dondurucudan dakikada 120 kJ ısı çekilmektedir. Çevre ortamı 24 °C sıcaklıkta olup, soğutma için harcanan güç 800 W'tır. Buna göre, **a)** Gerekli tersinir gücü, **b)** Birim zamanda oluşan tersinmezliği, **c)** Derin dondurucunun ikinci yasa verimini hesaplayınız.

C-8)



a) Tersinir güç için tersinir Carnot çevriminden

$$COP_{\text{tersinir,soğ}} = \frac{T_L}{T_H - T_L} = Q_L / W_{\text{tersinir}}$$

$$7.7353 = \frac{263 \text{ K}}{(297 - 263) \text{ K}} = \frac{2 \text{ kW}}{W_{\text{tersinir}}}$$

$$W_{\text{tersinir}} = \frac{2 \text{ kW}}{7.7353} = 0.2586 \text{ kW}$$

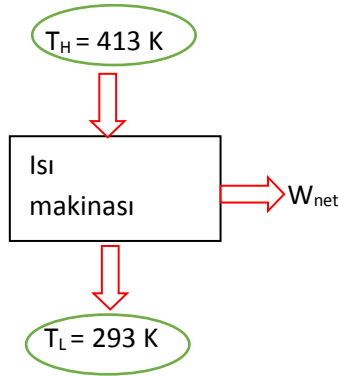
$$\text{b)} I = W - W_{\text{tersinir}} = 0.8 \text{ kW} - 0.2586 \text{ kW} = 0.5414 \text{ kW}$$

$$c) COP_{gerçek} = \frac{Q_L}{W} = \frac{2}{0.8} = 2.5$$

$$\eta_{II} = \frac{COP_{gerçek}}{COP_{tersinir,soğ}} = \frac{2.5}{7.7353} = 0.3232 \text{ (\%32.32)}$$

S-9) Güç üretiminin ilginç yollarından biri de yeraltında doğal olarak bulunan sıcak sudan, diğer adıyla jeotermal enerjiden yararlanmaktır. Çevre sıcaklığının 20 °C olduğu bir bölgede, 140 °C sıcaklığında bir jeotermal kaynak bulunmuştur. Bu bölgede kurulacak jeotermal bir güç santralinin sahip olabileceği en yüksek ısıl verimi hesaplayınız.

C-9)



$$\eta_{max} = \eta_{isıl\ tersinir}$$

$$\eta_{isıl\ tersinir} = \frac{T_H - T_L}{T_H} = 1 - \frac{T_L}{T_H}$$

$$\eta_{isıl\ tersinir} = 1 - \frac{293}{413} = 0.2905$$

$$\eta_{max} = \eta_{isıl\ tersinir} = \% 29.05$$

S-10) 0.5 m³ hacminde rijit bir tank içerisinde 200 kPa basınçta ve x=0.4 kuruluk derecesinde R-134a soğutucu akışkanı bulunmaktadır. 35 °C sıcaklıktaki bir ortamdan soğutucu akışkana basıncı 400 kPa oluncaya kadar ısı transfer edilmiştir. Buna göre, **a-** Soğutucu akışkanın entropisindeki değişmeyi, **b-** Ortamın entropisindeki değişmeyi, **c-** Bu işlem boyunca meydana gelen toplam entropideki değişmeyi hesaplayınız. d- Meydana gelen hal değişiminin nasıl bir işlem (tersinir, tersinmez, mümkün olup olmadığı) olduğunu belirtiniz.

C-10)

$$\begin{aligned} V &= 0.5 \text{ m}^3 \\ P_1 &= 200 \text{ kPa} \\ x_1 &= 0.4 \end{aligned}$$

$$T_{çevre} = 35 \text{ °C}$$

I.Durum

$$\begin{aligned}
 P_1 &= 200 \text{ kPa} \\
 x_1 &= 0.4 \\
 T_{\text{doyma}} &= -10^\circ \text{C} \\
 v_f &= 0.0075351 \frac{\text{m}^3}{\text{kg}}, \quad v_g = 0.09959 \frac{\text{m}^3}{\text{kg}} \\
 v_1 &= v_f + x_1 * v_{fg} = 0.040288 \frac{\text{m}^3}{\text{kg}}
 \end{aligned}$$

$$u_1 = u_f + x_1 * u_{fg} = 186.55 + 0.4 * (372.6 - 186.55) = 261 \text{ kJ/kg}$$

$$s_1 = s_f + x_1 * s_{fg} = 0.95065 + 0.4 * (1.7334 - 0.95065) = 1.26141 \text{ kJ/kgK}$$

II.Durum

$$\begin{aligned}
 P_2 &= 400 \text{ kPa} \\
 v_1 &= v_2 = 0.040288 \text{ m}^3/\text{kg} \\
 &\left. \begin{array}{l} \\ \\ \end{array} \right\} \text{interpolasyon yapılarak} \\
 &v_f \cong 0.00791 \frac{\text{m}^3}{\text{kg}}, \quad v_g \cong 0.05 \frac{\text{m}^3}{\text{kg}}
 \end{aligned}$$

$v_f < v_2 < v_g$ olduğundan karışım bölgesi

$$x_2 = \frac{v_2 - v_f}{v_g - v_f} = \frac{(0.040288 - 0.000791)}{0.05 - 0.000791} = 0.8$$

$$u_2 = u_f + x_2 * u_{fg}, \quad u_f \approx 212, \quad u_g \approx 382 \text{ kJ/kg}$$

$$u_2 = 212 + 0.8 * (382 - 212) = 348 \text{ kJ/kg}$$

$$s_2 = s_f + x_2 * s_{fg}, \quad s_f \approx 1.04, \quad s_g \approx 1.72 \text{ kJ/kgK}$$

$$s_2 = 1.04 + 0.8 * (1.72 - 1.04) = 1.584 \text{ kJ/kgK}$$

$$m = \frac{V}{v} = \frac{0.5}{0.040288} = 12.41 \text{ kg}$$

$$\text{a) } \Delta S_{R-134a} = m * (s_2 - s_1) = 12.41 \text{ kg} * (1.584 - 1.26141) \frac{\text{kJ}}{\text{kgK}} = 4 \frac{\text{kJ}}{\text{K}}$$

$$\text{b) } Q = m * (u_2 - u_1) = 12.41 \text{ kg} * \frac{(348 - 261) \text{ kJ}}{\text{kg}} = 1079.67 \text{ kJ}$$

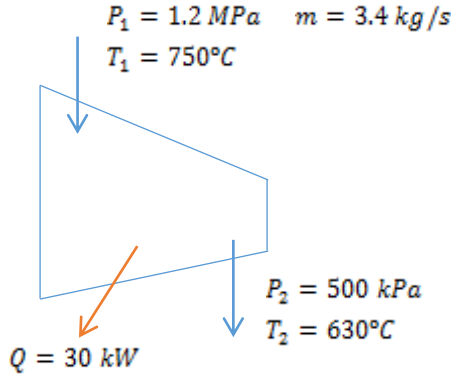
$$\Delta S_{\text{çevre}} = \frac{Q}{T_{\text{çevre}}} = \frac{-1079.67}{35 + 273} = -3.505 \frac{\text{kJ}}{\text{K}}$$

$$\text{c) } \Delta S_{\text{toplam}} = \Delta S_{R-134a} + \Delta S_{\text{çevre}} = 4 - 3.505 = 0.505 > 0$$

Olduğundan tersinmez işlem mümkün

S-11) Yanma sonu gazları, bir gaz türbinine 3.4 kg/s kütlelele debide, 750 °C sıcaklık ve 1.2 MPa basınçta girmekte ve 630 °C sıcaklık ve 500 kPa basınçta çıkmaktadır. Bu arada türbinden olan ısı kaybı 30 kW olduğu tespit edilmiştir. Yanma gazı için hava özelliklerini kullanarak ve çevrenin 25 °C ve 100 kPa basınçta olduğunu varsayarak a) Türbinin gerçek ve tersinir güç çıktılarını b) Türbinden yok olan ekserjiyi c) Türbinin ikinci yasa verimini hesaplayınız. d) Türbin çıkışındaki gazların ekserji değerini hesaplayınız. **Not:** Ortalama sıcaklık $((750+630)/2 = 690^\circ\text{C})$ için $C_p = 1.134 \text{ kJ/kg}\cdot^\circ\text{C}$.

C-12)



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

T.D.I Kanunu

$$\dot{Q} - \dot{W} = \dot{m} * (h_2 - h_1) = \dot{m} * (T_2 - T_1)$$

$$-30 \text{ kW} - \dot{W} = 3.4 \frac{\text{kg}}{\text{s}} * 1.134 \frac{\text{kJ}}{\text{kgK}} * (630 - 750)$$

$$\dot{W} = 432.672 \text{ kW}$$

$$w_{tr} = (h_1 - h_2) - T_0 * (s_2 - s_1) + \frac{V_1^2 - V_2^2}{2}$$

$$s_1 - s_2 = C_p * \ln \frac{T_1}{T_2} - R * \ln \frac{P_1}{P_2} = 1.134 \ln \left(\frac{1023}{903} \right) - 0.287 * \ln \frac{1200}{500}$$

$$s_1 - s_2 = 0.14149 - 0.25125 = -0.10976 \frac{\text{kJ}}{\text{kgK}}$$

$$w_{tr} = C_p * (T_1 - T_2) - 298 \text{ K} * (-0.10976) \frac{\text{kJ}}{\text{kgK}}$$

$$w_{tr} = 1.134 * (750 - 630) + 32.71 = 168.79 \frac{\text{kJ}}{\text{kgK}}$$

$$\dot{W}_{tr} = \dot{m} * w_{tr} = 3.4 \frac{\text{kg}}{\text{s}} * 168.79 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} = 573.886 \text{ kW}$$

$$b) I = \dot{W}_{tr} - W = 573.886 - 433.672 = 141.214 \text{ kW}$$

$$c) \eta_{II} = \frac{w}{w_{tr}} = \frac{432.672}{573.886} = 0.7539 \text{ (%75.39)}$$

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

$$s_2 - s_0 = C_p * \ln \frac{T_2}{T_0} - R * \ln \frac{P_2}{P_0} = 1.134 * \ln \frac{903}{298} - 0.287 * \ln \frac{500}{100}$$

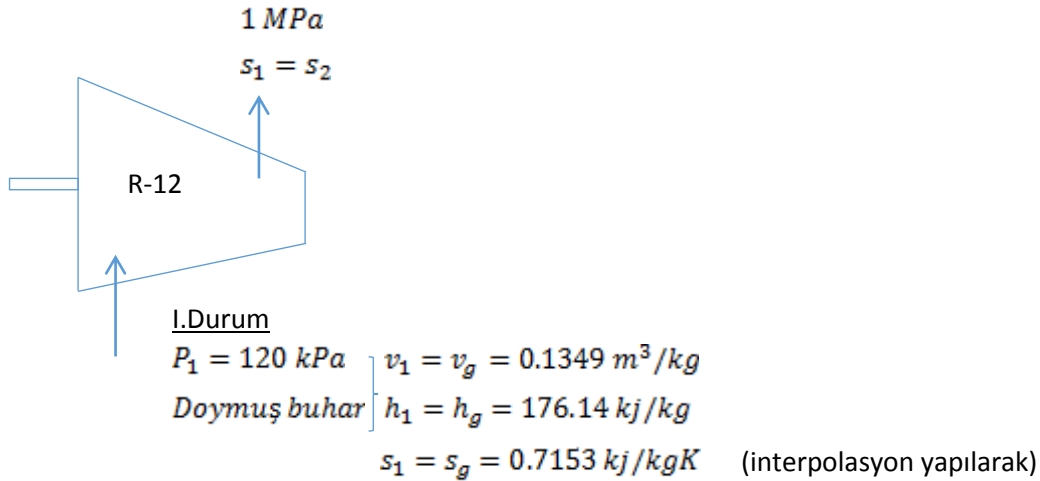
$$s_2 - s_0 = 0.79519 \frac{\text{kJ}}{\text{kgK}}$$

$$\Psi_2 = 1.134 * (630 - 25) - 298 * 0.79519 = 449.1 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$\dot{\Psi}_2 = \dot{m} * \Psi_2 = 1526.94 \text{ kW}$$

S-13) Soğutucu akışkan R-12, adyabatik bir kompresöre 0.8 m³/dakika hacimsel debiyle 120 kPa basınçta doymuş buhar olarak girmekte ve 1 MPa basınca sıkıştırılmaktadır. Kompresörün adyabatik verimi 0.80 olduğuna göre; **a-** Kompresörü çalıştırmak için gerekli gücü, **b-** Kompresörün ikinci yasa verimini hesaplayınız. Çevre sıcaklığını 25 °C olarak kabul ediniz.

C-13)



II. Durum

P ₂ = 1 MPa	} Kızgın Buhar	h	s	Δh = 3.513 , h _{2s} = 213.83 kJ/kg
s ₁ = s ₂ = 0.7153 kJ/kgK				
		210.32	0.7026	
			0.7153	h ₂ = 223.256 kJ/kg
		217.97	0.7259	

$$7.65 \quad 0.0233$$

$$\Delta h \quad 7.65 \cdot 10^{-3}$$

$$\Delta h = 3.513$$

$$\dot{m} = \frac{\dot{V}}{v} = \frac{0.8 \frac{m^3}{dk} * \frac{1dk}{60sn}}{0.1349 \frac{m^3}{kg}} = 0.0988 \text{ kg/s}$$

$$\text{a) } W_{gerçek} = \dot{m} * (h_2 - h_1) = 4.66 \text{ kW}$$

$$\text{b) } W_{tersinir} = \dot{m} * [(h_2 - h_1) - T_0 * (s_2 - s_1)]$$

II. Durum Tersinir

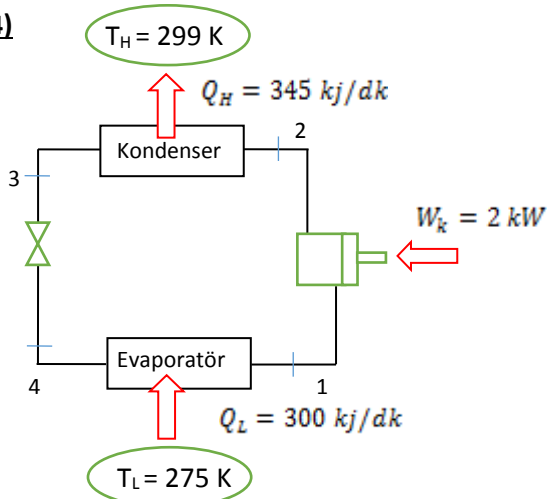
	h	s
$P_2 = 1 \text{ MPa}$	217.97	0.7259
$h_2 = 223.256$	223.256	$s_2 = 0.7413$
	232.91	0.7695

$$W_{tersinir} = 0.0988 \frac{kg}{s} * (223.256 - 176.14) - 298K * (0.7413 - 0.7133) = 3.83 \text{ kW}$$

$$\eta_{II} = \frac{W_{tersinir}}{W_{gerçek}} = \frac{3.83}{4.66} = \% 82.2$$

S-14) Bir soğutma makinası 2 °C'deki soğutulacak mahalden 300 kJ/dak ısı çekmekte ve 26 °C'deki ortama 345 kJ/dak ısı terk etmektedir. Bu soğutma makinasının Termodinamiğin II. Kanununu ihlal edip etmediğini; Clasius eşitsizliğini ve Carnot prensibini kullanarak kontrol ediniz.

C-14)



Clasius eşitsizliği

$$\oint \frac{\delta Q}{T} \leq 0$$

$$\frac{300}{275} - \frac{245}{299} \leq 0 \Rightarrow -0.0629 \leq 0 \text{ olduğundan uyuyor.}$$

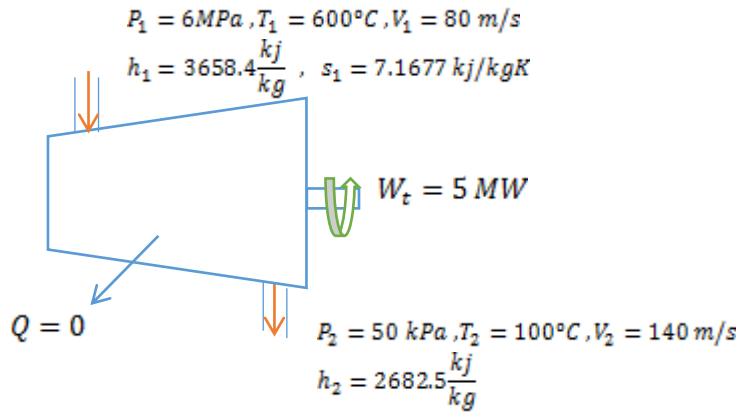
Carnot prensibi

$$\frac{Q_{soğ}}{Q_{sıc} - Q_{soğ}} < \frac{T_{soğ}}{T_{sıc} - T_{soğ}} \Rightarrow \frac{300}{345 - 300} < \frac{275}{299 - 275}$$

$$6.667 < 11.48 \text{ olduğundan uyuyor.}$$

S-15) Su buharı adyabatik bir türbine 6 MPa, 600 °C ve 80 m/s hızla girmekte, 50 kPa, 100 °C ve 140 m/s hızla çıkmaktadır. Türbinin gücü 5 MW'tır. Buna göre, **a-** Türbinde akan buharın kütleli debisini, **b-** Türbinin adyabatik verimini hesaplayınız.

C-15)



$$Q - W_t = \dot{m} * \left[h_2 - h_1 + V_2^2 - \frac{V_1^2}{2} \right]$$

$$-5000 \frac{\text{kJ}}{\text{s}} = \dot{m} * (-962.7) \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \Rightarrow \dot{m} = 5.16 \frac{\text{kg}}{\text{s}}$$

$$\text{b) } P_2 = 50 \text{ kPa}, s_1 = s_2 = 7.1677$$

$$s_f = 1.0910, s_g = 7.5939, s_{fg} = 6.5029 \text{ kJ/kgK}$$

$$h_f = 340.49, h_g = 2645.9, h_{fg} = 2305.4 \text{ kJ/kg}$$

$$x = \frac{7.1677 - 1.0910}{7.5939 - 1.0910} = 0.9345$$

$$h_{2s} = h_f + x * h_{fg} = 2494.8 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$W_{tersinir} = \dot{m} * (h_1 - h_2) = 5.19 \frac{\text{kg}}{\text{s}} * (3658.4 - 2484.9)$$

$$W_{tersinir} = 6090.45 \frac{kJ}{s} = 6.09 MW$$

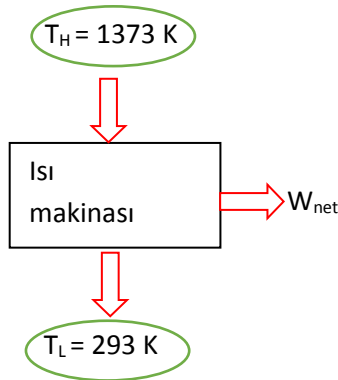
$$\eta_{adyabatik} = \frac{W_{gerçek}}{W_{izentropik}} = \frac{5MW}{6.09 MW} \cong \% 83$$

Veya

$$\eta_{adyabatik} \cong \frac{h_1 - h_2}{h_1 - h_{2s}} = \frac{3658.4 - 2682.5}{3658.4 - 2494.8} \cong \% 83$$

S-16) 1100 °C sıcaklıktaki bir kazandan ısı alan bir ısı makinesi atık ısını 20 °C sıcaklığındaki bir akarsuya vermektedir. Bu makinenin ısıl verimi %35 olduğuna göre, ikinci yasa verimi ne olur?

C-16)



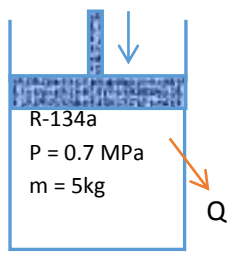
$$\eta_{\text{ısıl tersinir}} = \frac{T_H - T_L}{T_H} = 1 - \frac{T_L}{T_H}$$

$$\eta_{\text{ısıl tersinir}} = 1 - \frac{293}{1373} = 0.7866$$

$$\eta_{gerçek} = 0.35, \quad \eta_{II} = \frac{\eta_{gerçek}}{\eta_{\text{ısıl tersinir}}} = \frac{0.35}{0.7866} = 0.445 \quad (\%44.5)$$

S-17) Bir piston-silindir düzeneğinde başlangıçta 0.7 MPa basınç ve 60 °C sıcaklıkta 5 kg R-134a bulunmaktadır. Soğutucu akışkan sabit basınçta, sıcaklık 24 °C oluncaya kadar soğutulmaktadır. Çevre basınç ve sıcaklığının sırasıyla 100 kPa ve 24 °C olduğunu kabul ederek, **(a)** ilk ve son hallerde R134a'nın kullanılabilirliğini (ekserjisini), **(b)** Tersinir işi, W_{tr} **(c)** Yararlı işi, W_y **(d)** Bu işlem boyunca olan tersinmezliği, I , hesaplayınız.

Not: Kapalı sistemlerde ekserji ve tersinmezlik; $\phi = (u - u_o) - T_o(s - s_o) + P_o(v - v_o)$, $I = W_{tr} - W_y$

C-17)I.Durum

$$\left. \begin{array}{l} P_1 = 0.7 \text{ MPa} \\ T_1 = 60^\circ\text{C} \\ \text{Kızgın Buhar} \end{array} \right\} \begin{array}{l} v_1 = 0.03482 \text{ m}^3/\text{kg} \\ u_1 = 272.31 \text{ kJ/kg} \\ s_1 = 1.0182 \text{ kJ/kgK} \end{array}$$

II.Durum

$$\left. \begin{array}{l} P_1 = P_2 = 0.7 \text{ MPa} \\ T_2 = 24^\circ\text{C} \\ \text{Aşırı soğutulmuş} \\ \text{Sıvı} \end{array} \right\} \begin{array}{l} v_2 = v_f = 0.0008257 \text{ m}^3/\text{kg} \\ u_2 = u_f = 82.37 \text{ kJ/kg} \\ s_2 = s_f = 0.3113 \text{ kJ/kgK} \end{array}$$

Çevre Şartları

$$\left. \begin{array}{l} P_o = 0.1 \text{ MPa} \\ T_o = 24^\circ\text{C} \end{array} \right\} \begin{array}{l} \text{Kızgın buhar, interpolasyonla} \\ v_o = 0.2369 \text{ m}^3/\text{kg}, u_o = 249.82 \text{ kJ/kg}, s_o = 1.09462 \text{ kJ/kgK} \end{array}$$

$$\Psi_1 = m * [(u - u_o) - T_o * (s - s_o) + P_o * (v - v_o)]$$

$$\Psi_1 = 5 \text{ kg} * [\phi_1] \Rightarrow \phi_1 = (u_1 - u_o) - T_o * (s_1 - s_o) + P_o * (v_1 - v_o)$$

$$\Psi_2 = m * [\phi_2] \Rightarrow \phi_2 = (u_2 - u_o) - T_o * (s_2 - s_o) + P_o * (v_2 - v_o)$$

$$\phi_1 = (272.31 - 249.82) - 297\text{K} * (1.0182 - 1.09462) + 100\text{kPa} * (0.03482 - 0.2369)$$

$$\phi_1 = 24.9787 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \Rightarrow \Psi_1 = m * \phi_1 = 5\text{kg} * 24.9787 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} = 124.8935 \text{ kJ}$$

$$\Psi_2 = m * [\phi_2] \Rightarrow \phi_2 = -167.47 + 232.646 - 23.6 = 41.57 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$\Psi_2 = 5\text{kg} * 41.57 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} = 207.84 \text{ kJ}$$

$$\text{b) } W_{\text{ter}} = \Psi_2 - \Psi_1 = 207.84 - 124.8935 = 82.95 \text{ kJ}$$

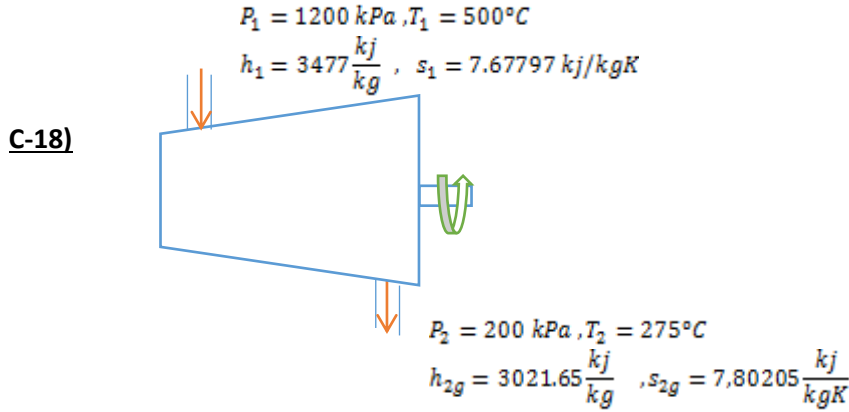
$$\text{c) } W_y = W - W_{\text{çevre}} = m * P * (v_1 - v_2) - P_o * m * (v_1 - v_2)$$

$$W_y = 5 \text{ kg} * (700 - 100) * (0.03482 - 0.0008257) = 101.9829 \text{ kJ}$$

$$\text{d) } I = |W_{\text{ter}} - W_y| = |82.95 - 101.9829| = 19 \text{ kJ}$$

Sıkıştırma işi olduğundan, tersinmezliklerden dolayı harcanan enerji daha fazladır.

S-18) Adyabatik bir türbine su buharı, 1200 kPa ve 500°C'de girmekte 200 kPa ve 275°C'de çıkmaktadır. Bu türbinin izentropik verimini hesaplayınız.



Adyabatik $s_1 = s_2$ olduğundan interpolayonla $P_2 = 200 \text{ kPa}$ için $h_{2s} = 2955,22 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$

$$\eta_T = \frac{h_1 - h_{2g}}{h_1 - h_{2s}} = \frac{3477 - 3021,65}{3477 - 2955,22} = 0,87$$

S-19) Atık ısısını 33 °C sıcaklığında bir ısı enerji deposuna (kuyuya) veren bir ısı makinesinin ısı verimi % 40, ikinci yasa verimi ise %60'tır. Bu ısı makinesinin ısı aldığı kaynağın sıcaklığını hesaplayınız.

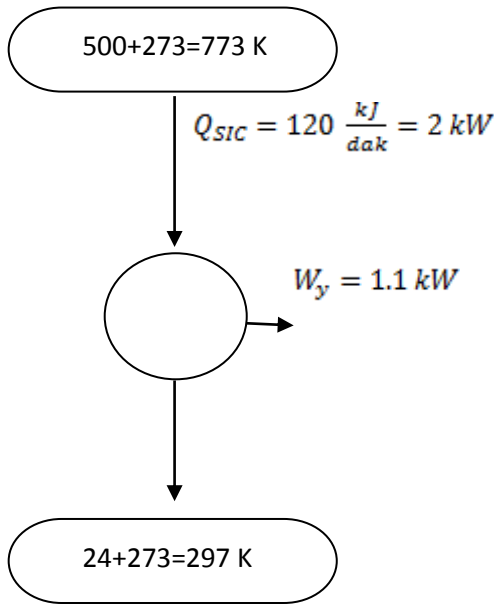
C-19)

$$\eta_{II} = \frac{\eta_{\text{gerçek}}}{\eta_{\text{tersinir}}} = \frac{0.4}{\eta_{\text{tersinir}}} = 0.6 \rightarrow \eta_{\text{tersinir}} = \frac{0.4}{0.6} = 0.6667$$

$$\eta_{\text{tersinir}} = 1 - \frac{T_L}{T_H} = 0.6667 = 1 - \frac{306}{T_H} \rightarrow T_H = 918.09 \text{ K}$$

S-20) 500 °C sıcaklıkta bir kaynaktan dakikada 120 kJ ısı çekerek 24 °C sıcaklıktaki ortama vermektedir. Isı makinesinin gücü 1.1 kW'tır. Buna göre, a) Gerekli tersinir gücü, b) Birim zamanda oluşan tersinmezliği, c) ısı makinesinin ikinci yasa verimini hesaplayınız.

C-20)



a)

$$\eta_{carnot} = 1 - \frac{T_{soğ}}{T_{sic}} = 1 - \frac{297}{773} = 0.62$$

$$\eta_{carnot} = \frac{W_{ter}}{Q} \rightarrow W_{ter} = \eta_{carnot} * Q$$

$$W_{ter} = 0.62 * 2kW = 1.24 kW$$

b)

$$I = W_{ter} - W_y = 1.24 - 1.1 = 0.14 kW$$

$$c) \eta_{II} = \frac{W_y}{W_{ter}} = \frac{1.10}{1.24} = 0.89 = \%89$$

S-21) Bir Carnot ısı makinası sıcaklıkları 727°C ve 27°C olan ısı kaynakları arasında çalışmaktadır. Eğer ısı makinasına çevrim başına 800 kJ/dk ısı verilirse;

a) Isı makinasının verimini,

b) Isı makinasından elde edilecek gücü hesaplayınız.

$$C-21) T_{sic} = 727 + 273 = 1000 K, T_{soğ} = 27 + 273 = 300 K$$

$$\eta_{ısıl} = 1 - \frac{T_{soğ}}{T_{sic}} = 1 - \frac{300}{1000} = \%70$$

$$Q_{sic} = 800 \frac{kJ}{dk} * \frac{1dk}{60 sn} = 13.33 kW$$

$$\eta_{ısıl} = \frac{W_{net}}{Q_{sic}} \Rightarrow W_{net} = 0.7 * 13.33$$

$$W_{net} = 9.333 kW$$

S-22) Bir piston – silindir çiftinde başlangıçta 25°C sıcaklık, 200 kPa basınç ve 0.4 m³ hacminde hava bulunmaktadır. Hava daha sonra $P * V^k = \text{sabit}$ bağıntısına göre tersinir olarak sıkıştırılmaktadır. Sistemde son sıcaklık 150°C ve basınç 800 kPa olduğuna göre;

a) İzentropik sıkıştırma katsayısını (k),

b) Havanın son durumdaki hacmini,

c) Sıkıştırma esnasında harcanan işi,

d) Sıkıştırma

$$\text{C-22) } m = \frac{P_1 * v_1}{R * T_1} \Rightarrow 0.935 \text{ kg}$$

$$\text{a) } \frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{k-1}{k}} \Rightarrow \frac{423}{298} = \left(\frac{800}{200} \right)^{\frac{k-1}{k}} \Rightarrow k = 1.338$$

$$\text{b) } \frac{P_2}{P_1} = \left(\frac{v_1}{v_2} \right)^k \Rightarrow 4 = \left(\frac{0.4}{v_2} \right)^{1.338} \Rightarrow v_2 = 0.1419 \text{ m}^3$$

$$\text{c) } w_{12} = \frac{P_2 * v_2 - P_1 * v_1}{1-k} = -99.25 \text{ kJ}$$

$$\text{d) } Q_{12} - w_{12} = m * C_v * (T_2 - T_1)$$

$$Q_{12} = 99.25 + 0.935 * 0.7165 * (T_2 - T_1) = 15.5 \text{ kW}$$

S-23) Isıl verimi % 55 ve Carnot çevrimine göre çalışan bir ısı makinası sıcaklığı 640 K olan yüksek sıcaklık ısı kaynağından 29.62 kW ısı çektiğine göre;

- Isı makinasından elde edilecek gücü,
- Isı makinasının çevreye verdiği ısıyı,
- Alçak sıcaklık kaynağının sıcaklığını hesaplayınız.

C-23)

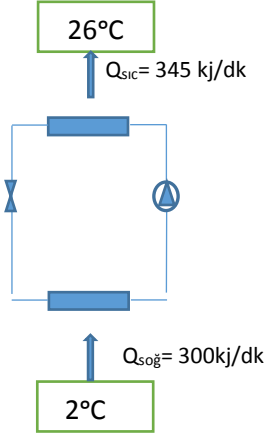
$$\text{a) } \eta_c = \frac{W_{net}}{Q_{sıc}} \Rightarrow 0.55 * 29.62 = 16.291 = W_{net}$$

$$\text{b) } \eta_c = 1 - \frac{Q_{soğ}}{Q_{sıc}} \Rightarrow Q_{soğ} = 13.329 \text{ kW}$$

$$\text{c) } \frac{T_{sıc}}{T_{soğ}} = \frac{Q_{sıc}}{Q_{soğ}} \Rightarrow T_{soğ} = 288 \text{ K} = 15 \text{ }^\circ\text{C}$$

S-24) Bir soğutma makinası 2°C deki soğutulacak mahalden 300 kJ/dk lık ısı çekmekte ve 26°C deki ortama 345 kJ/dk ısı atmaktadır. Bu soğutma makinasının Termodinamiğin ikinci kanununu ihlal edip etmediğini;

- Clasius eşitsizliğini,
- Carnot prensibini kullanarak kontrol ediniz.

C-24)**a) Claius Eşitsizliği,**

$$\frac{\delta Q}{T} \leq 0$$

$$\frac{\delta Q}{T} = \frac{Q_{soğ}}{T_{soğ}} + \frac{Q_{sic}}{T_{sic}} = \frac{300 \frac{kJ}{dk}}{2+273K} - \frac{345 \frac{kJ}{dk}}{26+273K}$$

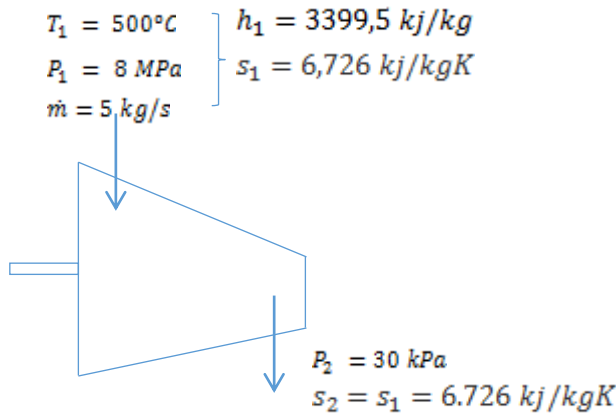
$$\frac{\delta Q}{T} = -0.0629 \frac{kJ}{dkK} < 0 \text{ eşitsizlik sağlandığından TDI uyar}$$

b) $COP_{carnot} < COP_{tersiniri\ ideal}$

$$\frac{Q_{soğ}}{Q_{sic} - Q_{soğ}} < \frac{T_{soğ}}{T_{sic} - T_{soğ}} \Rightarrow \frac{300}{345 - 300} < \frac{275}{26 - 2}$$

6.667 < 11.45 sağladığından TDI uyar.

S-25) Su buharı adyabatik bir türbine 8 MPa, 500 °C ve 5 kg/s debiyle girmekte, 30 kPa basınca kadar genişlemektedir. Türbinin adyabatik (izentropik) verimi %90'dır. Buharın kinetik ve potansiyel enerji değişimini ihmal ederek, **a)** Türbin çıkışındaki buharın sıcaklığını, **b)** Türbinin gerçek gücünü **c)** Türbinin izentropik gücünü hesaplayınız.

C-25)Tablo A – 5'ten a şıkkının cevabı $T_2 = 69,09 \text{ } ^\circ\text{C}$

$$s_f = 0,9441 \frac{kJ}{kgK}, \quad s_{fg} = 6,8234 \frac{kJ}{kg \times K}$$

$$h_f = 289,27 \frac{kJ}{kg}, \quad h_g = 2624,6 \frac{kJ}{kg}, \quad h_{fg} = 2335,3 \frac{kJ}{kg}$$

$$x_2 = \frac{s_2 - s_f}{s_{fg}} \Rightarrow x_2 = 0,847$$

$$\text{b) } \eta_T = \frac{w_{\text{gerçek iş}}}{w_{\text{izentropik iş}}}$$

$$w_g = \dot{m} * (h_1 - h_2)$$

$$w_i = \dot{m} * (h_1 - h_{2s})$$

$$h_{2s} = h_f + x_2 * h_{fg} \Rightarrow h_{2s} = (289,27 + 0,847 * 2335,3) = 2267,26 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$\eta_T = (3399,5 - h_2) / (3399,5 - 2267,27) = 0,9$$

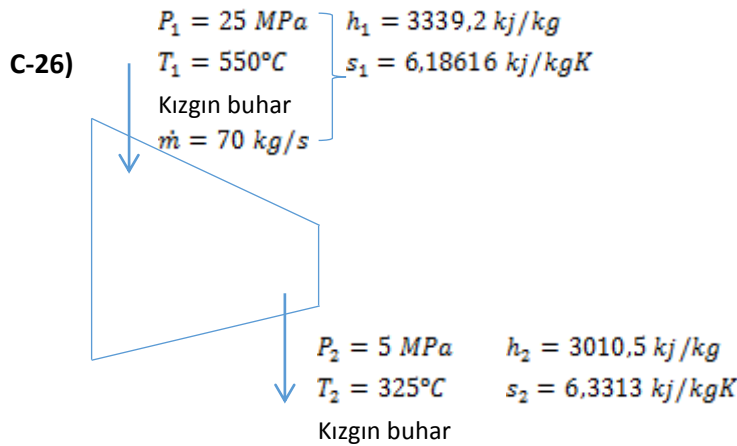
$$h_2 = 2380,5 \text{ kJ/kg}$$

$$w_g = 5 \left(\frac{\text{kg}}{\text{s}} \right) * (3399,5 - 2380,5) \left(\frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \right) \Rightarrow w_g = 5095 \text{ kW}$$

$$\text{c) } w_i = \dot{m} * (h_1 - h_{2s})$$

$$w_i = 5 \left(\frac{\text{kg}}{\text{s}} \right) * (3399,5 - 2267,26) \text{ kJ/kg} \Rightarrow w_i = 5661,2 \text{ kW}$$

S-26) Buhar adyabatik bir türbine 25 MPa, 550 °C girmekte ve 5 MPa, 325 °C'de çıkmaktadır. Kütleli debi 70 kg/s ve çevre sıcaklığı 25 °C olduğuna göre; **a)** Türbin gücünü, **b)** Türbinin izentropik verimini (adyabatik verimini), **c)** Türbinin 2. kanun verimini, **d)** Buharın türbin giriş ve çıkışındaki ekserjisini, **e)** Bu işlemdeki tersinmezliği hesaplayınız.



$$\text{a) } W = \dot{m} * (h_1 - h_2)$$

$$h_1 = 3339,2 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}, \quad h_2 = 3010,5 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$W = 70 \frac{\text{kg}}{\text{s}} * (3339,2 - 3010,5) \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \Rightarrow W = 23009 \text{ kW}$$

$$b) \eta_T = \frac{W_{gerçek iş}}{W_{izentropik iş}} = \frac{h_1 - h_2}{h_1 - h_{2s}}$$

İzentropik durum için $s_1 = s_2$ olması gerekir

$$s_1 = s_2 = 6,1816 \text{ kJ/kg.K değerini Tablo A-6'dan}$$

5 MPa için hangi $h(h_{2s})$ değerine denk geldiğini bulunur.

$$h_{2s} = h_{@275^\circ\text{C}} + (h_{@300^\circ\text{C}} - h_{@275^\circ\text{C}}) * \frac{S_{(1-2)} - S_{@275^\circ\text{C}}}{S_{@300^\circ\text{C}} - S_{@275^\circ\text{C}}}$$

$$h_{2s} = 2909,4 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$\eta_T = \frac{h_1 - h_2}{h_1 - h_{2s}} \Rightarrow \eta_T = \frac{3339,2 - 3010,5}{3339,2 - 2909,4} = 0,76 \text{ (%76)}$$

$$c) \eta_{II} = \frac{W_{gerçek}}{W_{tersinir}}$$

$$W_{tersinir} = \dot{m} * [(h_1 - h_2) - T_0 * (s_1 - s_2) - \Delta ke - \Delta pe]$$

$$W_{tersinir} = 70 \frac{\text{kg}}{\text{s}} * \left[(3339,2 - 3010,5) \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} - (27 + 273) \text{K} * (6,1816 - 63313) \frac{\text{kJ}}{\text{kg.K}} \right]$$

$$W_{tersinir} = 26152,7 \text{ kW}$$

$$\eta_{II} = 23009 / 26152,7 = 0,87 \Rightarrow \eta_{II} = \%87$$

$$d) \psi_1 = [(h_1 - h_0) - T_0 * (S_1 - S_0) - \Delta ke - \Delta pe] \Rightarrow \psi_1 = 1484,72 \text{ kJ/kg}$$

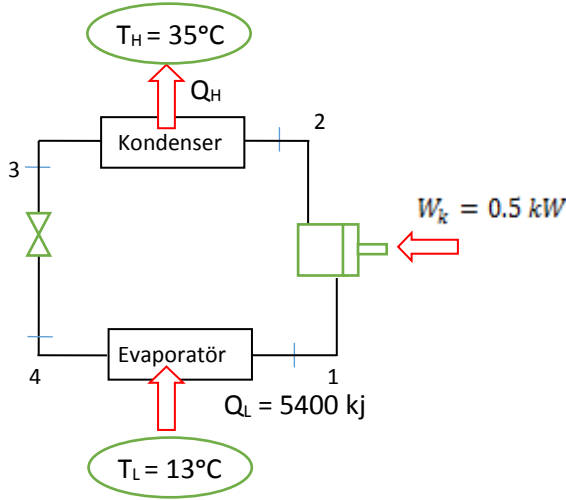
$$\psi_2 = [(h_2 - h_0) - T_0 * (S_2 - S_0) - \Delta ke - \Delta pe] \Rightarrow \psi_2 = 1111,1 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$e) I = W_{tersinir} - W_{gerçek} \Rightarrow I = (26152,7 - 23009) \text{ kW}$$

$$I = 3143,7 \text{ kW}$$

S-27) 13 °C sıcaklıkta tutulmak istenen bir soğutucudan saate 5400 kJ değerinde ısı çekilmektedir. Çevre hava sıcaklığı 35 °C olup soğutucu kompresörünün çektiği güç 0.5 kW olduğuna göre; **a)** Soğutucunun çekebileceği en düşük güç miktarını, **b)** Tersinmezliği, **c)** Bu soğutucunun 2. yasa verimini hesaplayınız.

C-27)



$$a) W_{min} = W_{tersinir}$$

$$COP = \frac{T_L}{T_H - T_L} \text{ ve } COP = \frac{Q_L}{W_{min}}$$

$$COP = 286 / (35 - 13) \Rightarrow COP = 13$$

$$13 = \frac{1,5kW}{W_{min}} \Rightarrow W_{min} = W_{tersinir} = 0,1154kW$$

$$b) I = W_{gerçek} - W_{tersinir} \rightarrow I = (0,5 - 0,1154)kW$$

$$I = 0,3846kW$$

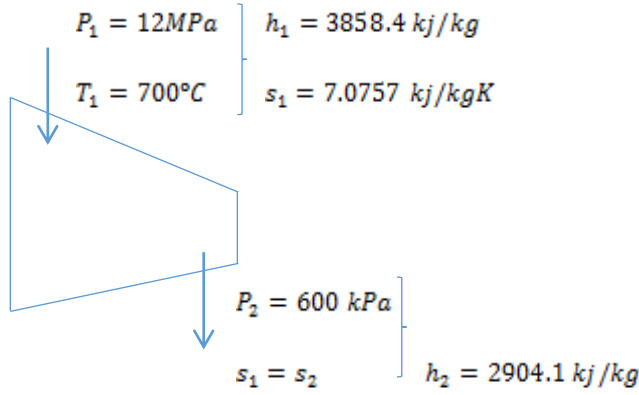
$$c) \eta_{II} = \frac{COP_{gerçek}}{COP_{tersinir}}$$

$$COP_{gerçek} = \frac{Q_L}{W} = \frac{1,5kW}{0,5kW} = 3$$

$$\eta_{II} = \frac{3}{13} \rightarrow \eta_{II} = 0,23 \text{ (%23)}$$

S-28) Bir ideal buhar türbinine buhar, 12 MPa basınç ve 700 °C sıcaklıkta girmekte ve 0.6 MPa basınçta çıkmaktadır. Buna göre; **a)** İdeal durum için tersinir işi ve tersinmezliği hesaplayınız. **b)** Türbin 0.88 adyabatik verime sahip olduğuna göre, tersinir işi, tersinmezliği ve ikinci yasa verimini hesaplayınız.

C-28)



$$\text{a) } w_a = h_1 - h_2 = 3858.4 - 2904.1 = 954.3 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$w_{tr} = h_1 - h_2 - T_0(s_1 - s_2) = 3858.4 - 2904.1 = 954.3 \text{ kJ/kg}$$

$$I = w_{tr} - w_a = 954.3 - 954.3 = 0 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$\text{b) } w_a = \eta_T * w_{ideal} = (0.88)(954.3) = 839.8 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$h_2 = h_1 - w_a = 3858.4 - 839.8 = 3018.6 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

Buhar tablolarından $P_2 = 0.6 \text{ Mpa}$ basınçta çıkış durumu kızgın buhardır.

Dolayısıyla $T_2 = 297.4$ ve $s_2 = 7.2946 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$ olarak belirlenir.

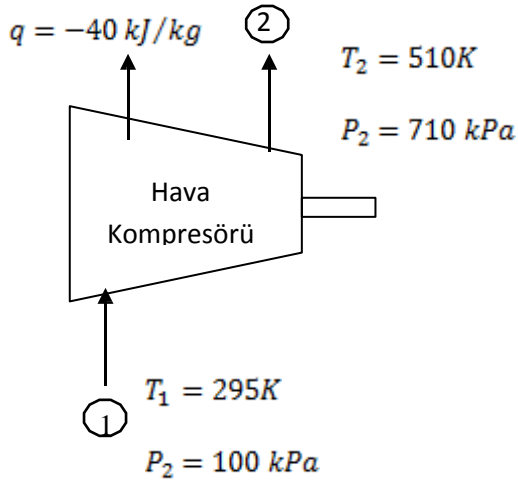
$$w_{tr} = h_1 - h_2 - T_0(s_1 - s_2) = 3858.4 - 3018.6 - (298)(7.0757 - 7.2946) = 905 \text{ kJ/kg}$$

$$\eta_{II} = \frac{w_a}{w_{tr}} = \frac{0.4}{0.7} = 0.928$$

$$I = w_{tr} - w_a = 905.0 - 839.8 = 65.2 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

S-29) Çevre havası, bir kompresöre 100 kPa basınç ve 295 K sıcaklıkta girmekte, 700 kPa basınç ve 530 K sıcaklıkta çıkmaktadır. Bu işlem sırasında kompresörden çevreye 40 kJ/kg ısı transferi olmaktadır. Kompresör için; **a)** Gerçek işi, **b)** Tersinir işi, **c)** Tersinmezliği, **d)** İkinci yasa verimini hesaplayınız.

C-29)

a) T.D.I. KanunuGerçek iş:

$$q - w = h_2 - h_1 + \Delta ke + \Delta pe$$

$$q - w = C_p * (T_2 - T_1)$$

$$-40 \frac{kJ}{kg} - w = 1,005 \frac{kJ}{kgK} * (530 - 295)K$$

$$w_g = -276,175 \text{ kJ/kg}$$

II.yol (Özgül ısıların sıcaklıkla değişimi kabulü ile) Hava tabloları kullanılarak

$$h_1 = 295,175 \frac{kJ}{kg}, \quad h_2 = 533,99 \text{ kJ/kg}$$

$$w_g = -278,815 \text{ kJ/kg}$$

b) Tersinir iş

$$\dot{W}_{tr} = \psi_2 - \psi_1 = \dot{m}[h_1 - h_2 + T_0(s_2 - s_1)]$$

$$w_{tr} = h_1 - h_2 + T_0(s_2 - s_1)$$

$$w_{tr} = C_p(T_1 - T_2) + T_0(s_2 - s_1)$$

$$s_2 - s_1 = C_p \ln \frac{T_2}{T_1} - R \ln \frac{P_2}{P_1} = 1,005 \ln \frac{530}{295} - 0,287 \ln \frac{700}{100}$$

$$= 0,5888 - 0,5585 = 0,03033 \frac{kJ}{kgK}$$

$$w_{tr} = 1,005 * (295 - 530) + 295K * 0,03033$$

$$w_{tr} = -236,175 + 8,95 = -227,23 \text{ kJ/kg}$$

$$c) I = W_g - W_{tr} = 279,175 - 227,23 = 51,945 \text{ kJ/kg}$$

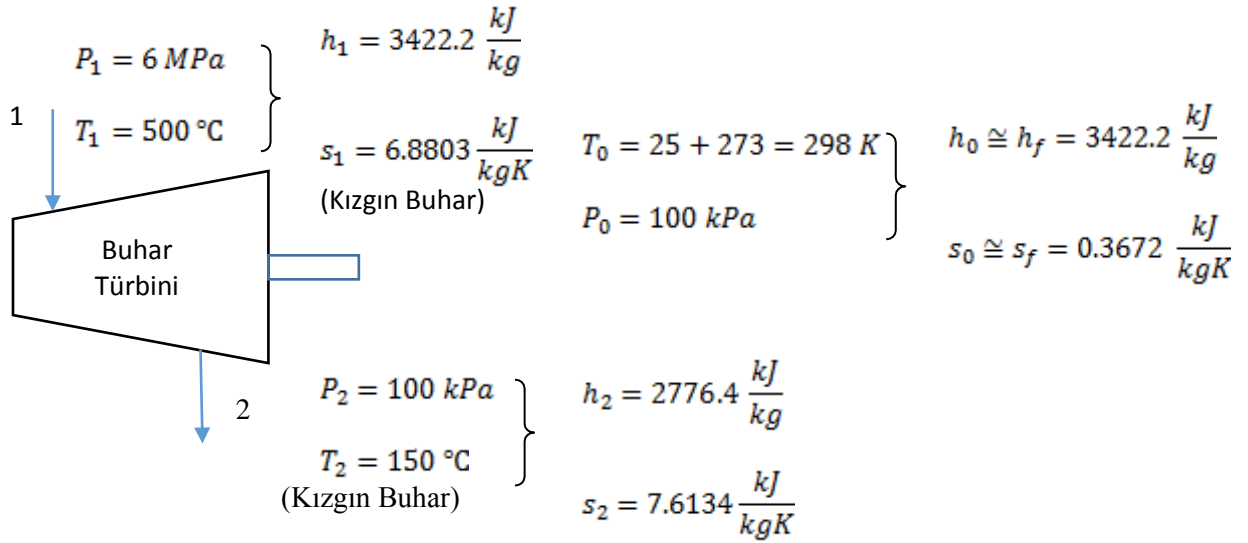
$$d) \eta_{II} = \frac{w_{tr}}{w_g} = \frac{227,23}{279,175} = 0.814 \text{ (%81.4)}$$

Özgül ısının sıcaklıkla değişimi için hesap yapılırsa;

$$\eta_{II} = \frac{W_{tr}}{W_g} = \frac{228,12}{279,175} = 0,817 \text{ (%81,7)}$$

S-30) Buhar, adyabatik bir türbine 6 MPa ve 500 °C girmekte, 100 kPa ve 150 °C çıkmaktadır. Buna göre; **(a)** Tersinir işi, **(b)** İşlemin tersinmezliğini, **(c)** Türbinin 2. yasa verimi %80 ise gerçek işi, **(d)** Çıkış şartları için buharın ekserjisini hesaplayınız. Su için ölü hal basınç 100 kPa ve sıcaklık 25 °C alınabilir.

C30)

a) T.D.I. Kanunu :

$$q - W = h_2 - h_1 + \frac{V_2^2 - V_1^2}{2} + g(z_2 - z_1) \Rightarrow W = h_2 - h_1$$

$$W = 3422.2 - 2776.4 = 645.8 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

Tersinir iş :

$$W_{tr} = \psi_1 - \psi_2 = h_1 - h_2 - T_0(s_1 - s_2)$$

$$W_{tr} = 3422.2 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} - 2776.4 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} - 298\text{K}(6.8803 - 7.6134) \frac{\text{kJ}}{\text{kgK}} = 864.2638 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

b) Tersinmezlik :

$$I = W_{tr} - W_{gercek} = 864.2638 - 645.8 = 218.4638 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

c) 2. Yasa Verimi:

$$\eta_{II} = \frac{W_{gercek}}{W_{tr}} = \frac{645.8}{864.2638} = 0.7472$$

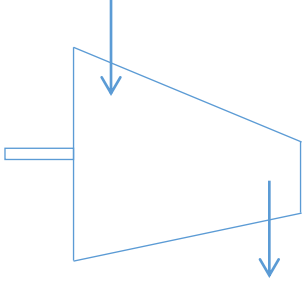
d) $\psi_2 = h_2 - h_0 - T_0(s_2 - s_0)$ (Çıkış ekserjisi)

$$\psi_2 = 2776.4 - 104.9 - 298 * (7.6134 - 0.3672) = 512.4324 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

S-31) Su buharı adyabatik bir türbine 6 MPa basınç, 600 °C sıcaklık ve 80 m/s hızla girmekte, 50 kPa basınç, 100 °C sıcaklık ve 140 m/s hızla çıkmaktadır. Akış sürekli olup, türbinin gücü 5 MW'dır. Türbin

için, **(a)** birim zamanda tersinir işi, **(b)** ikinci yasa verimini hesaplayın. Çevre sıcaklığının 25 °C olduğunu kabul edin.

C-31)



I.Durum $h_1 = 3658.4$, $h_2 = 2682.5$

II.Durum $s_1 = 7.1677$, $s_2 = 7.6947$

$$\Delta h = h_2 - h_1 = -975.6 \frac{kJ}{kg} , \quad \frac{V_2^2 - V_1^2}{2} = \frac{140^2 - 80^2}{2000} = 66 \frac{kJ}{kg}$$

$$\Delta s = s_2 - s_1 = 0.527 \text{ kJ/kgK}$$

$$Q - W = \dot{m} * [h_2 - h_1 + \frac{V_2^2 - V_1^2}{2} + g * (Z_2 - Z_1)]$$

$$-5000 \frac{kJ}{s} = \dot{m} * [-975.6 + 6.6] \frac{kJ}{kg} \Rightarrow \dot{m} = \frac{5000}{969} = 5.1599 \text{ kg/s}$$

$$W_{tr} = \dot{m} * \left[h_g - h_c - T_0 * (s_g - s_c) + \frac{V_g^2 - V_c^2}{2} + g * (Z_g - Z_c) \right]$$

$$W_{tr} = 5.1599 * [975.6 - 298 * (-0.527) - 6.6]$$

$$W_{tr} = 5810 \frac{kJ}{s} \Rightarrow 5.81 \text{ MW}$$

$$\eta_{II} = \frac{W}{W_{tr}} = \frac{5 \text{ MW}}{5.81 \text{ MW}} = 0.8606 \text{ (%86.06)}$$

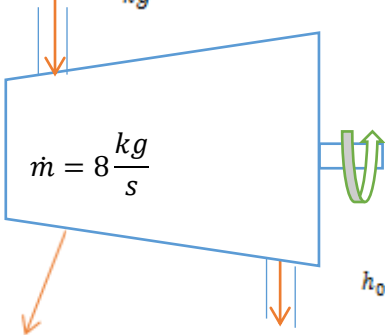
S-32)Buhar, 8 kg/s'lik bir kütleli debi ile sürekli akışlı bir türbine 3 Mpa ve 450°C girmekte, 0.2Mpa ve 150°C çıkmaktadır. Türbinden 25°C ve 100kPa'daki çevreye 300 kW ısı kaybı olmaktadır. Kinetik ve potansiyel enerjideki değişimi ihmal edip, a)Türbinden elde edilen gerçek güç çıktısını, b) Türbinden

elde edilebilecek en büyük güç çıktısını, c) İkinci yasa verimini, d) Ekserji yok oluşunu (tersinmezlikleri), e) Buharın giriş koşullarındaki ekserjisini hesaplayınız.

C-32)

$$P_1 = 3 \text{ MPa}, T_1 = 450^\circ\text{C}$$

$$h_1 = 3344 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}, s_1 = 7.0834 \text{ kJ/kgK}$$



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

$$\dot{Q} = -300 \text{ kW}$$

$$P_2 = 0.2 \text{ MPa}, T_2 = 150^\circ\text{C}$$

$$h_2 = 2768.8 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}, s_2 = 7.2795 \text{ kJ/kgK}$$

T.D.I Kanunu

$$\dot{Q} - \dot{W} = \dot{m} * (h_2 - h_1)$$

$$-300 \text{ kW} - \dot{W} = 8 \frac{\text{kg}}{\text{s}} * (2768.8 - 3344)$$

$$\dot{W} = 4301.6 \text{ kW} = \dot{W}_{\text{gerçek}}$$

$$\dot{W}_{\text{tersinir}} = \dot{m} * [(h_2 - h_1) - T_0 * (s_1 - s_2)]$$

$$W_{\text{tersinir}} = 8 \frac{\text{kg}}{\text{s}} * (3344 - 2768.8) - 298 \text{ K} * (7.0834 - 7.2795) = 5069.1 \text{ kW}$$

$$\eta_{II} = \frac{\dot{W}_{\text{gerçek}}}{\dot{W}_{\text{tersinir}}} = \frac{4301.6}{5069.1} = \% 84.85$$

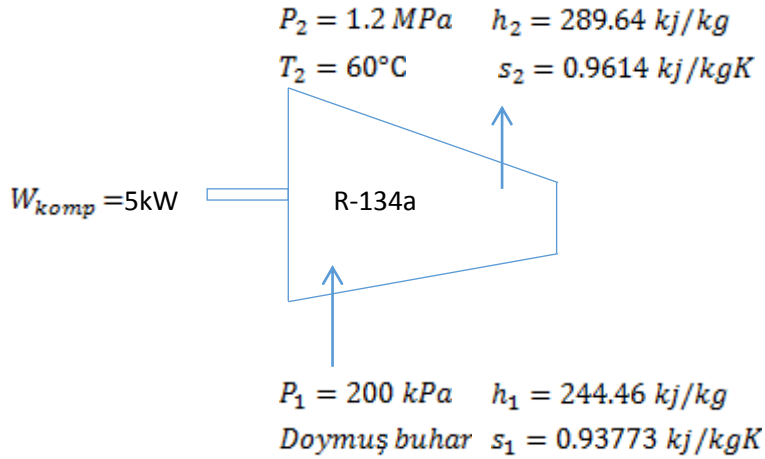
$$I = \dot{W}_{\text{tr}} - \dot{W}_{\text{gerçek}} = 5069.1 - 4301.6 = 767.5 \text{ kW}$$

$$e) \Psi_1 = (h_1 - h_0) - T_0 * (s_1 - s_0) = 3239.1 - 298(7.0834 - 0.3672) = 1237.6724 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$\dot{\Psi}_1 = \dot{m} * \Psi_1 = 8 * 1237.6724 = 9901.3792 \text{ kW}$$

S-33) Bir soğutma makinesinin 5 kW gücündeki bir adyabatik bir kompresöre R-134a soğutucu akışkanı 200 kPa basıncında doymuş buhar olarak girmekte ve 60°C sıcaklık ve 1.2 MPa basınca kadar sıkıştırarak çıkarmaktadır. Bu kompresörün ikinci yasa verimini hesaplayınız.

C-33)



II durum için ideal

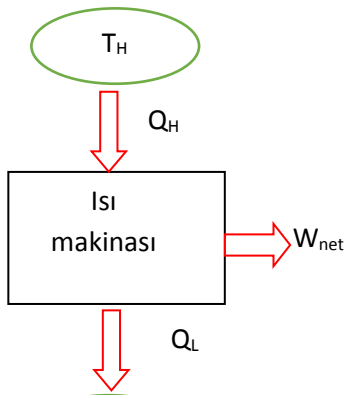
$$P_2 = 1.2 \text{ MPa} \quad h_{2s} = h_g = 281.884 \text{ kJ/kg} \quad \text{interpolasyon}$$

$$s_1 = s_{2s} \quad s_{2s} = 0.93773 \text{ kJ/kgK}$$

$$\eta_{II} = \frac{W_{ter}}{W_{ger}} = \frac{m(h_{2s} - h_1)}{m(h_2 - h_1)} = \frac{281.884 - 244.46}{289.64 - 244.46} = \% 82.83$$

S-34) Isı kaynağı olarak 1200°C sıcaklıktaki bir kazandan ısı alan ve ısı kuyusu olarak 20°C sıcaklıktaki bir nehre ısı veren bir ısı makinesinin ısı verimi $\%40$ 'tır. Buna göre bu ısı makinesinin ikinci yasa verimini hesaplayınız.

C-34)



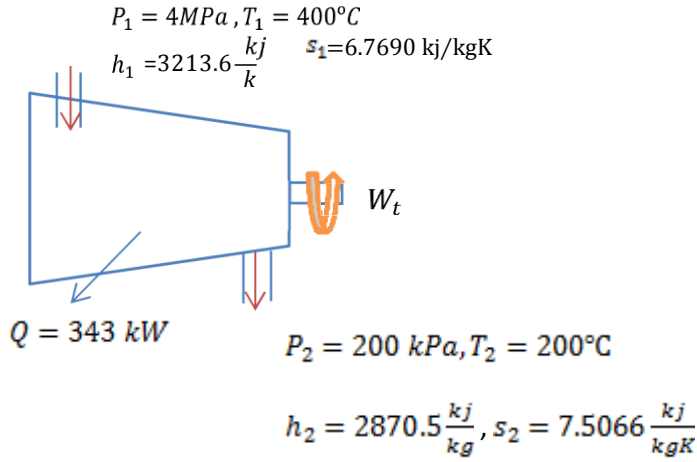
$$\eta_{carnot} = 1 - \frac{T_L}{T_H} = 1 - \frac{20 + 273}{1200 + 273} = 0.80$$

$$\eta_{II} = \frac{\eta_{isıl}}{\eta_{carnot}} = \frac{0.4}{0.8} = 0.5 = \%50$$

S-35) Sıcaklığı 400°C ve 4 MPa basınçta 10 kg/s kütleli bir debi ile bir türbine girmekte, 200 kPa basınçta 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.

C-35)



a)

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

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

a). T.D.I Kanunu

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

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

$$-\dot{W} = \dot{W}_{\text{gerçek}} = 3088 \text{ kW}$$

b) En yüksek güç \dot{W}_{tr} 'dir.

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

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

$$\dot{W}_{tr} = 5629 \text{ kW}$$

$$c) \eta_{II} = \frac{\dot{W}_{\text{gerçek}}}{\dot{W}_{tr}} = \frac{3088 \text{ kW}}{5629 \text{ kW}} = 0.5486 = \%54.86$$

$$d) I = \dot{W}_{tr} - \dot{W}_{\text{gerçek}} = 2541 \text{ kW}$$

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

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

$$\Psi_2 = 638.06 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

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

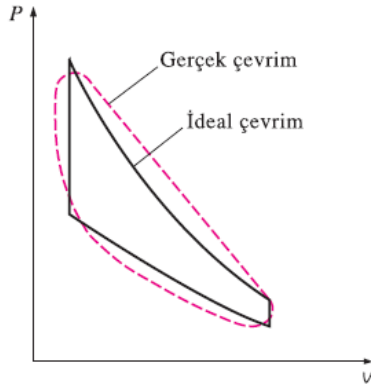
GAZ AKIŞKANLI GÜÇ ÇEVİMLERİ

GÜÇ ÇEVİMLERİNİN ÇÖZÜMLEMESİNE İLİŞKİN TEMEL KAVRAMLAR

Güç üreten makinelerin büyük çoğunluğu bir termodinamik çevrime göre çalışır.

İdeal Çevrim: Gerçek çevrimin içten tersinmezliklerden ve diğer karmaşıklıklardan arındırılması halinde, gerçek çevrime benzeyen fakat tümüyle içten tersinir hal değişimlerinden oluşan bir çevrim elde edilir.

Tersinir Çevrim: Carnot çevrimi gibi tümünden tersinir bir çevrime göre çalışan ısı makineleri, aynı sıcaklık sınırları arasında çalışan tüm ısı makineleri içinde en yüksek ısıl verime sahip makinelerdir.



Isı Makinelerinin Isıl Verimi

$$\eta_{th} = \frac{W_{net}}{Q_g} \text{ veya } \eta_{th} = \frac{w_{net}}{q_g}$$

PİSTONLU MOTORLARA GENEL BİR BAKIŞ

Sıkıştırma oranı

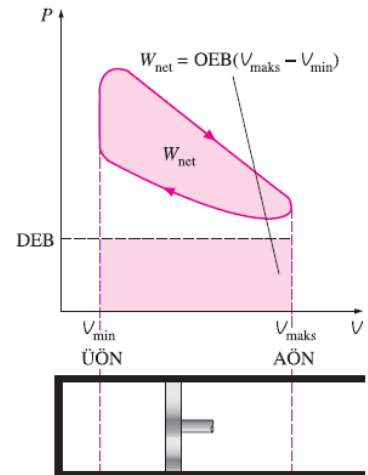
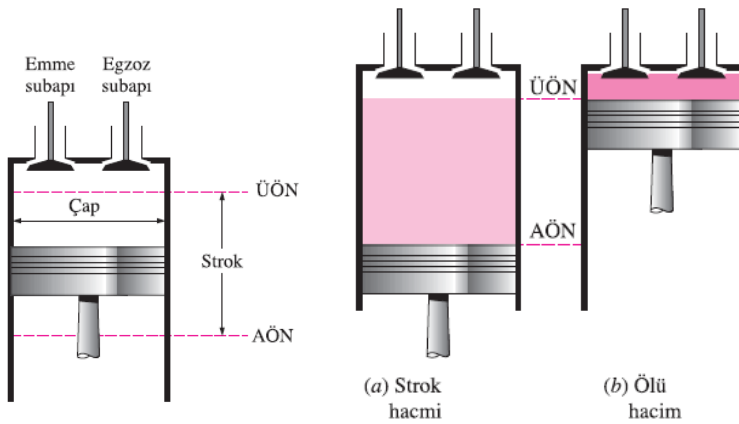
$$r = \frac{V_{maks}}{V_{min}} = \frac{V_{AÖN}}{V_{ÜÖN}}$$

$$W_{net} = OEB \times \text{Piston tablası alanı} \times \text{Strok uzunluğu} = OEB \times \text{Strok hacmi}$$

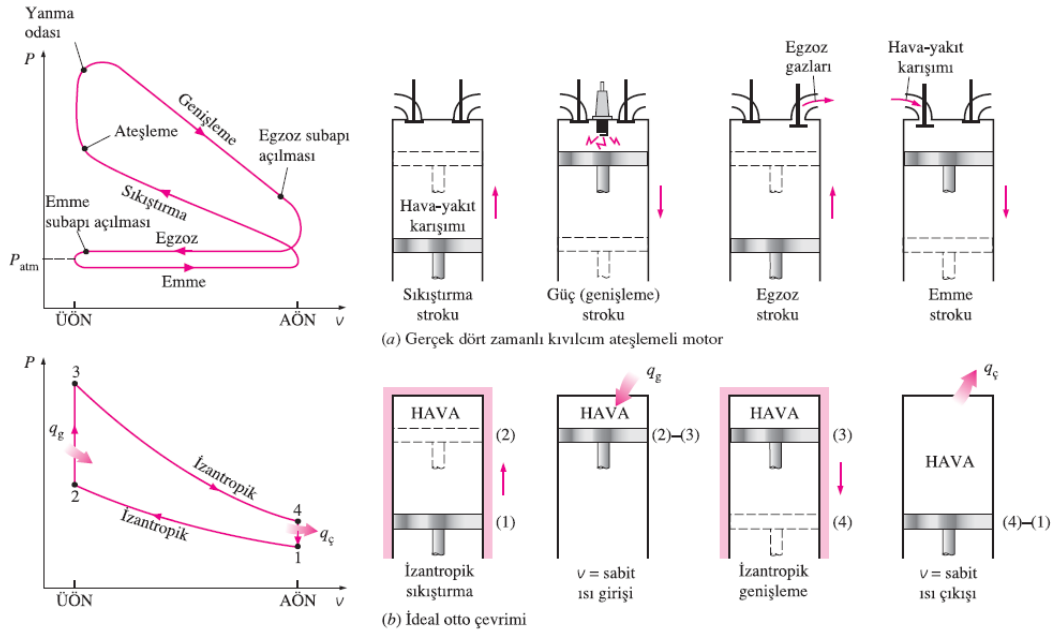
Ortalama Efektif Basınç

$$OEB = \frac{W_{net}}{V_{maks} - V_{min}} = \frac{W_{net}}{V_{maks} - V_{min}} \quad (\text{kPa})$$

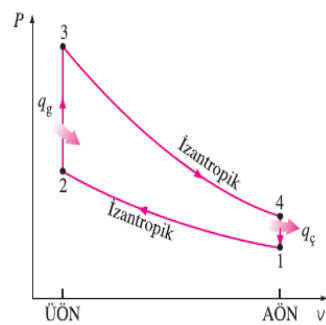
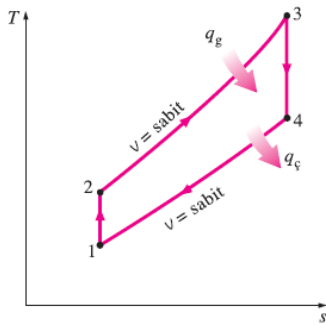
Buji-ateşlemeli (SI) motorlar Sıkıştırılmalı ateşlemeli (CI) motorlar



OTTO ÇEVİRİMİ: BUJİ-ATEŞLEMELİ MOTORLARIN İDEAL ÇEVİRİMİ



Buji-ateşlemeli motorların ideal ve gerçek çevrimleriyle P-v diyagramları



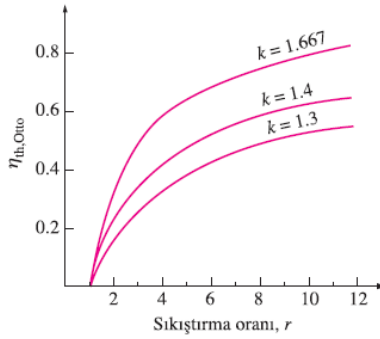
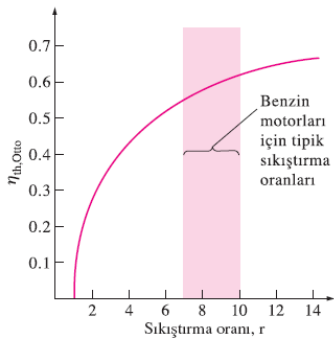
- 1-2 İzentropik sıkıştırma
- 2-3 Sabit hacimde çevrime ısı girişi
- 3-4 İzentropik genişleme
- 4-1 Sabit hacimde çevrimden ısı çıkışı

$$(q_g - q_ç) + (w_g - w_ç) = \Delta u$$

$$\eta_{th,Otto} = \frac{w_{net}}{q_g} = 1 - \frac{q_ç}{q_g} = 1 - \frac{T_4 - T_1}{T_3 - T_2} = 1 - \frac{T_1(T_4/T_1 - 1)}{T_2(T_3/T_2 - 1)}$$

$$q_g = u_3 - u_2 = c_v(T_3 - T_2)$$

$$q_ç = u_4 - u_1 = c_v(T_4 - T_1)$$



$$\frac{T_1}{T_2} = \left(\frac{v_2}{v_1}\right)^{k-1} = \left(\frac{v_3}{v_4}\right)^{k-1} = \frac{T_4}{T_3}$$

$$r = \frac{V_{max}}{V_{min}} = \frac{V_1}{V_2} = \frac{V_1}{V_4}$$

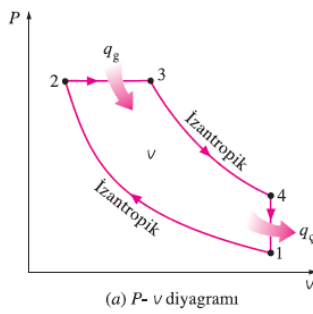
$$\eta_{th,Otto} = 1 - \frac{1}{r^{k-1}}$$

İş akışkanının özgül ısılarının oranı k büyüdükçe ideal Otto çevriminin ısı verimi artar.

İdeal Otto çevriminin ısı veriminin sıkıştırma oranıyla değişimi ($k = 1.4$).

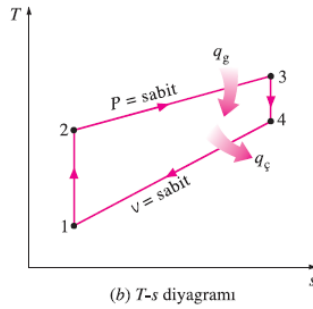
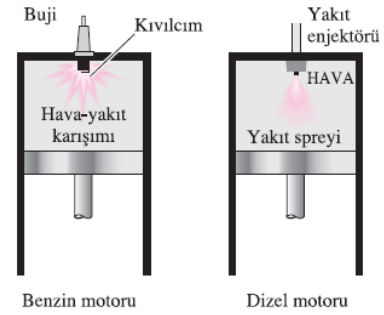
DİSEL ÇEVİRİMİ: SIKIŞTIRMA-ATEŞLEMELİ MOTORLARIN İDEAL ÇEVİRİMİ

Diesel motorlarında , sıkıştırma stroku süresince yalnızca hava sıkıştırıldığından, kendiliğinden tutuşma olasılığı yoktur. Bu yüzden diesel motorları, çok daha yüksek sıkıştırma oranlarında (tipik olarak 12 ile 24 aralığında) çalışacak şekilde tasarlanırlar.



Diesel motorlarında bujinin yerini yakıt enjektörü almış olup, sıkıştırma stroku süresince yalnızca hava sıkıştırılır.

- 1-2 İzantropik sıkıştırma
- 2-3 Sabit basınçta ısı geçişi
- 3-4 İzantropik genişleme
- 4-1 Sabit hacimde ısı atılması



$$\eta_{th,Diesel} = \frac{w_{net}}{q_g} = 1 - \frac{q_ç}{q_g} = 1 - \frac{T_4 - T_1}{k(T_3 - T_2)} = 1 - \frac{T_1(T_4/T_1 - 1)}{kT_2(T_3/T_2 - 1)}$$

$$\eta_{th,Diesel} = 1 - \frac{1}{r^{k-1}} \left[\frac{r_c^k - 1}{k(r_c - 1)} \right]$$

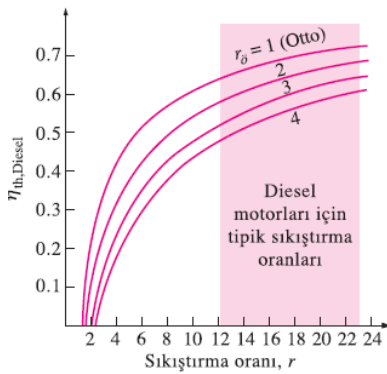
$$q_g - w_{b,ç} = u_3 - u_2 \rightarrow q_g = P_2(v_3 - v_2) + (u_3 - u_2) = h_3 - h_2 = c_p(T_3 - T_2)$$

$$-q_ç = u_1 - u_4 \rightarrow q_ç = u_4 - u_1 = c_v(T_4 - T_1)$$

$$\text{Kesme oranı } r_{\bar{v}} = \frac{V_3}{V_2} = \frac{v_3}{v_2}$$

aynı sıkıştırma oranı için $\eta_{th,Otto} > \eta_{th,Diesel}$

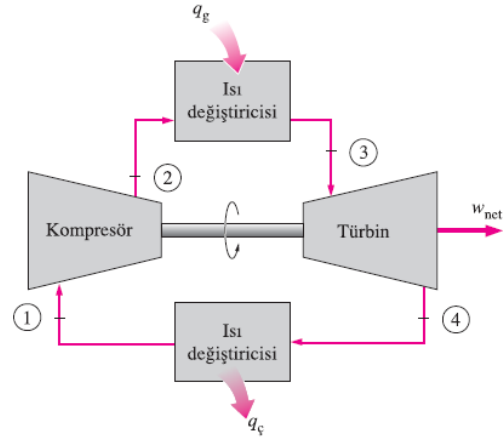
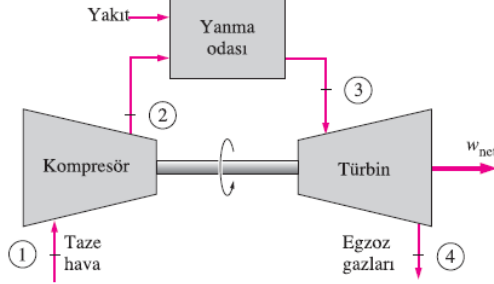
İdeal Diesel çevriminin ısı veriminin, sıkıştırma oranına ve kesme oranına göre değişimi ($k = 1.4$).



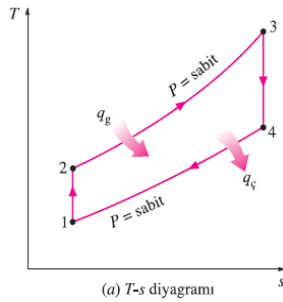
BRAYTON ÇEVİRİMİ: GAZ TÜRBİNLERİ İÇİN İDEAL ÇEVİRİM

Yanma işleminin yerini sabit basınçta bir dış kaynaktan ısı girişi, egzoz işleminin yerini de sabit basınçta çevre havaya ısı atılması işlemi alır. İş akışkanının kapalı bir çevrimde dolaştığı bu ideal çevrime **Brayton** çevrimi denir ve aşağıda sıralanan dört içten tersinir hal değişiminden oluşur:

- 1-2 İzentropik sıkıştırma (bir kompresörde)
- 2-3 Sabit basınçta ısı girişi
- 3-4 İzentropik genişleme (bir türbinde)
- 4-1 Sabit basınçta ısı çıkışı



Açık çevrime göre çalışan bir gaz türbini. Kapalı çevrime göre çalışan bir gaz türbini.



$$(q_g - q_ç) + w_g - w_ç = h_ç - h_g$$

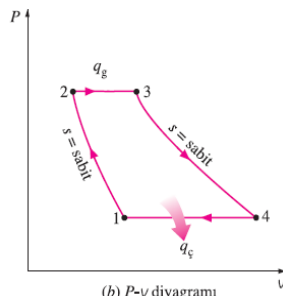
$$q_g = h_3 - h_2 = c_p(T_3 - T_2)$$

$$q_ç = h_4 - h_1 = c_p(T_4 - T_1)$$

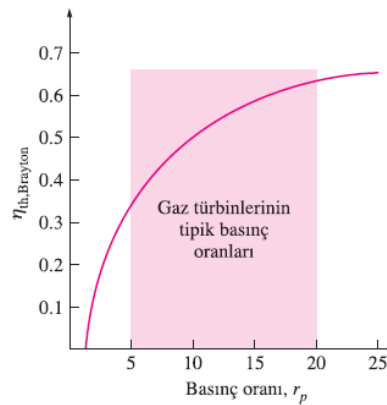
$$\eta_{th,Brayton} = \frac{w_{net}}{q_g} = 1 - \frac{q_ç}{q_g} = 1 - \frac{c_p(T_4 - T_1)}{c_p(T_3 - T_2)} = 1 - \frac{T_1(T_4/T_1 - 1)}{T_2(T_3/T_2 - 1)}$$

Basınç oranı $r_p = \frac{P_2}{P_1} \quad \frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{(k-1)/k} = \left(\frac{P_3}{P_4}\right)^{(k-1)/k} = \frac{T_3}{T_4}$

$$\eta_{th,Brayton} = 1 - \frac{1}{r_p^{(k-1)/k}}$$



İdeal Brayton çevriminin T-s ve P-v diyagramları.



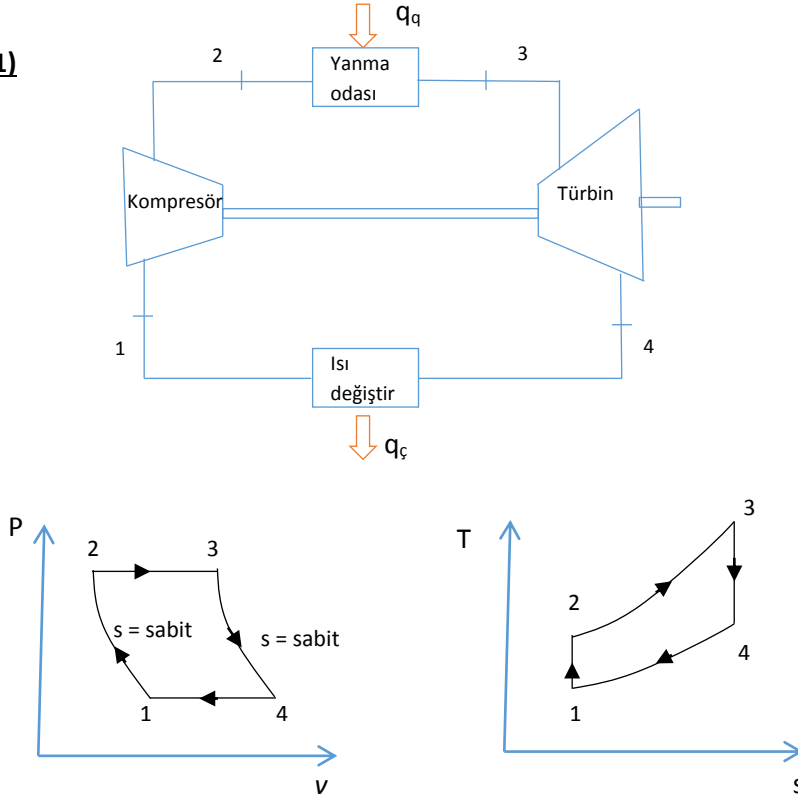
İdeal Brayton çevriminin ısı veriminin basınç oranına göre değişimi.

S-1) İdeal Brayton çevrimine göre çalışan bir gaz türbininde basınç oranı 9, kompresör girişinde sıcaklık 280 K ve türbin girişinde ise sıcaklık 1200 K olduğuna göre;

a) Gaz türbini çevrimini şematik olarak çiziniz, **b)** T-s ve P-V diyagramlarını çiziniz. **c)** Sistem bu şartlarda rejeneratör kullanmaya uygun mu ? neden?, **d)** Isıl verimini hesaplayınız.

Not: $T_2/T_1=(P_2/P_1)^{(k-1)/k}$, $k=1.4$

C-1)



$$r_p = \frac{P_2}{P_1} = 9 , \quad T_1 = 280 \text{ K} , \quad T_3 = 1200 \text{ K}$$

$$T_2 = T_1 * \left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{\frac{k-1}{k}} \Rightarrow T_2 = 524.89 \text{ K}$$

$$\frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{\frac{k-1}{k}} = \frac{T_3}{T_4} \Rightarrow T_4 = \frac{T_3}{90.286} = 640.13 \text{ K}$$

$T_4 > T_2$ olduğundan rejeneratör kullanılabilir.

$$\eta_{\text{ısı}} = \frac{w_{\text{net}}}{q_g} = 1 - \frac{q_{\text{ç}}}{q_g} = 1 - \frac{C_p * (T_4 - T_1)}{C_p * (T_3 - T_2)}$$

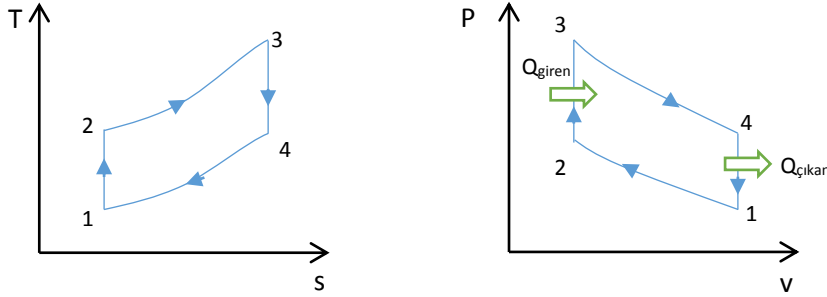
$$\eta_{\text{ısı}} = 1 - \frac{640.13 - 280}{1200 - 524.89} = 0.466 \text{ (\%46.66)}$$

$$\eta_{\text{ısı}} = 1 - \frac{1}{r^{\frac{k-1}{k}}} = 1 - \frac{1}{9^{\frac{0.4}{1.4}}} = 1 - \frac{1}{1.87344} = \%46.66$$

S-2) Havayla çalışan ideal bir Otto çevriminin sıkıştırma oranı 8'dir. Çevrimin en yüksek ve en düşük sıcaklıkları sırasıyla 1600 K ve 310 K'dir. Özgül ısılardan sıcaklıkla değişmediğini varsayarak, **a-** Çevrimin T-s ve P-V diyagramını çiziniz. **b-** Çevrime verilen ısıyı, **c-** Çevrimin ısı verimini, **d-** Aynı sıcaklık sınırları arasında çalışan bir Carnot çevriminin verimini hesaplayın.

C-2) $r = 8$, $T_{\text{maks}} = 1600\text{K} = T_3$, $T_{\text{min}} = 310\text{K} = T_1$

a)



$$k = 1.4 , C_v = 0.718 \frac{\text{kJ}}{\text{kgK}} , C_p = 1.005 \frac{\text{kJ}}{\text{kgK}} \text{ alındı.}$$

$$\text{b) } T_2 = T_1 * r^{k-1} = 310\text{K} * 8^{0.4} = 712.19\text{K}$$

$$q_{\text{giren}} = C_v * (T_3 - T_2) = 0.718 \frac{\text{kJ}}{\text{kgK}} * (1600 - 712.19)\text{K}$$

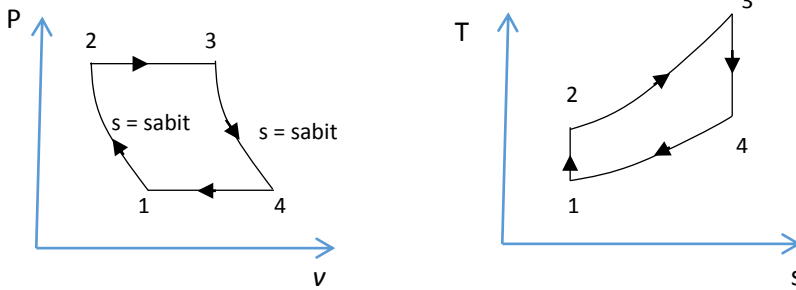
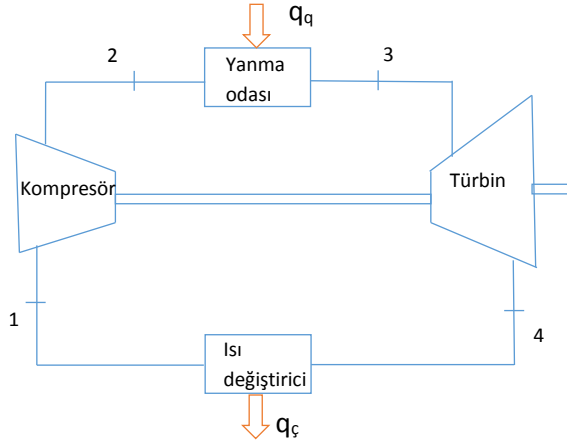
$$q_{\text{giren}} = 637.45 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$\text{c) } \eta_{\text{otto}} = 1 - r^{1-k} = 0.5647 \text{ (\%56.47)}$$

$$\text{d) } \eta_{\text{Carnot}} = \frac{T_H - T_L}{T_H} = 1 - \frac{T_L}{T_H} = 1 - \frac{310}{1600} = 0.8063 \text{ (\% 80.63)}$$

S-3) Hava bir gaz türbini santralinin kompresörüne 300 K sıcaklık ve 100 kPa basınçta girmekte, 580 K sıcaklık ve 700 kPa basınçta sıkıştırılmaktadır. Türbine girmeden önce havaya 950 kJ/kg ısı geçişi olmaktadır. Türbinin adiabatik verimi yüzde 86 olduğuna göre, **a-** Kompresörü çalıştırmak için gerekli işin türbinde elde edilen işe oranını, **b-** çevrimin ısı verimini hesaplayın. Çevrimin ideal Brayton çevrimine göre çalıştığını ve özgül ısılardan sıcaklıkla değişmediğini kabul edin.

C-3)



$$P_1 = 100 \text{ kPa} , \quad T_1 = 300 \text{ K} , \quad P_2 = 700 \text{ kPa} , \quad T_2 = 580 \text{ K}$$

$$w_k = C_p * (T_2 - T_1) = 1.005 \frac{\text{kJ}}{\text{kgK}} * (580 - 300) \text{ K} \Rightarrow w_k = 281.4 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$q_{giren} = C_p * (T_3 - T_2) \Rightarrow 950 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} = 1.005 * (T_3 - 580 \text{ K})$$

$$T_3 = 1525.27 \text{ K}$$

$$w_t = C_p * (T_3 - T_4) \Rightarrow \frac{T_3}{T_4} = r_p^{k-\frac{1}{k}}$$

$$r_p = \frac{P_2}{P_1} = \frac{700 \text{ kPa}}{100 \text{ kPa}} = 7 , \quad T_4 = \frac{1525.27}{7^{0.4}} = 847.79 \text{ K}$$

$$w_{ts} = 1.005 * (1525.27 - 847.79) = 653.73 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$\eta_{Türbin} = \frac{w_{gt}}{w_{ts}} \Rightarrow w_{gt} = 562.21 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$a) \text{ Geri iş oranı} = \frac{w_k}{w_{gt}} = \frac{281.4}{562.21} = 0.5 (\% 50)$$

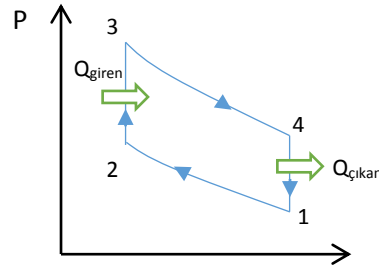
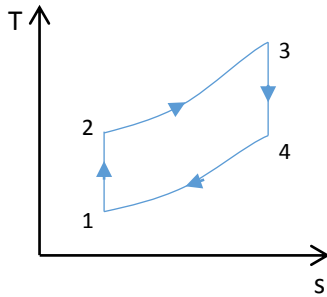
$$b) \eta_{\text{Brayton}} = 1 - r_p^{\frac{1-k}{k}} = 1 - 7^{-0.2857} = 0.4264 (\% 42.64)$$

$$q_{\text{çıkan}} = C_p * (T_4 - T_1) = 1.005 * (874.79 - 300) = 577.66 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$\eta_{\text{Brayton}} = \frac{w_{\text{net}}}{q_{\text{giren}}} = \frac{w_{gt} - w_k}{q_{\text{giren}}} = \frac{562.21 - 281.4}{950} = \% 29.56$$

S-4) Bir Otto çevriminde sıkıştırma oranı 8'dir. Sıkıştırma stroku başlangıcında sıcaklık 20 °C ve basınç 0.1 MPa'dır. Çevrim başına verilen ısı 2000 kJ/kg ise; **a-** Çevrimin her noktasındaki sıcaklık ve basınç değerlerini, **b-** Çevrimin ısıl verimini hesaplayınız. ($k=1.4$, $c_v=0.718$ kJ/kgK)

C-4)



$$T_1 = 20 + 273 = 293 \text{ K}$$

$$T_2 = T_1 * 8^{0.4} = 673.13 \text{ K}$$

$$\frac{P_2}{P_1} = r^k \Rightarrow P_2 = 0.1 * 8^{1.4} = 1.83 \text{ MPa}$$

$$q_{23} = C_v * (T_3 - T_2) \Rightarrow T_3 = \frac{2000}{0.7165} + 673.13 \Rightarrow T_3 = 3464.47 \text{ K}$$

$$\frac{P_3}{P_2} = \frac{T_3}{T_2} \Rightarrow P_3 = 9.41 \text{ MPa}$$

$$\frac{P_3}{P_4} = \left(\frac{v_4}{v_3}\right) \Rightarrow P_4 = \frac{P_3}{r^k} = 0.5119 \text{ MPa}$$

$$\left. \begin{array}{l} P_3 * v_3 = R * T_3 \\ P_4 * v_4 = R * T_4 \end{array} \right\} \frac{P_3}{P_4} = \frac{T_3}{T_4} * \frac{v_4}{v_3} \Rightarrow T_4 = 1507.72 \text{ K}$$

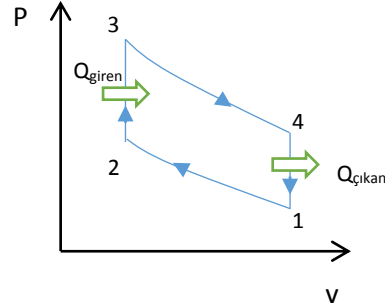
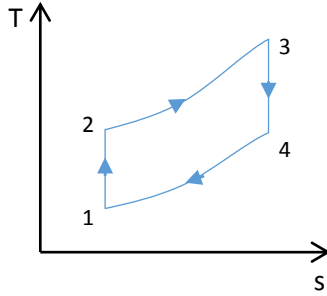
$$\eta_{otto} = 1 - \frac{1}{r^{k-1}} = 0.56$$

$$q_{41} = 0.7165 * (1507.72 - 2.93) = 870.340 \frac{kJ}{kg}, \quad w_{net} = q_{23} - q_{41} = 1129.65$$

$$\eta_{otto} = \frac{w_{net}}{q_{23}} = \% 56.48$$

S-5) Bir ideal Otto çevriminde sıkıştırma oranı 9.5'tir. Sıkıştırma başlangıcında havanın sıcaklığı 35 °C ve basıncı 100 kPa ve hacmi 600 cm³'tür. İzentropik genişleme işleminin sonunda havanın sıcaklığı 800 K olduğuna göre; **a)** Çevrimin P-V ve T-s diyagramlarını çiziniz. **b)** Çevrimin en yüksek sıcaklık ve basıncını, **c)** Çevrime verilen ısıyı, **d)** Çevrimin ısı verimini, **e)** Ortalama efektif basıncı hesaplayınız.

C-5)



a)

1-2 izentropik sıkıştırma

$$T_2 = T_1 * \left(\frac{v_1}{v_2}\right)^2 = 308K * 9.5^{0.4} = 757.9K$$

$$\frac{P_2 * v_2}{T_2} = \frac{P_1 * v_1}{T_1} \Rightarrow P_2 = \frac{v_1}{v_2} * \frac{T_2}{T_1} * P_1 = 9.5 * \left(\frac{757.9K}{308K}\right) * 100 kPa = 2338 kPa$$

3-4 izentropik genişleme

$$T_3 = T_4 * \left(\frac{v_4}{v_3}\right)^{k-1} = 800K * 9.5^{0.4} = 1969 K$$

2-3 sabit hacimde ısı girişi

$$\frac{P_2 * v_2}{T_2} = \frac{P_3 * v_3}{T_3} \Rightarrow P_3 = \frac{T_3}{T_2} * P_2 = \frac{1969K}{757.9K} * 2338kPa = 6072 kPa$$

$$b) m = \frac{P_1 * v_1}{R * T_1} = \frac{100 kPa * 0.0006 m^3}{0.287 \frac{kPa * m^3}{kgK} * 308K} = 6.788 * 10^{-4} kg$$

$$Q_{giren} = m * (u_3 - u_2) = m * C_v * (T_3 - T_2)$$

$$Q_{giren} = 6.788 * 10^{-4} kg * \left(0.718 \frac{kJ}{kgK}\right) * (1969 - 757.9)K = 0.590 kJ$$

c) 4-1 sabit hacimde ısı çıkışı

$$Q_{çikan} = m * (u_4 - u_1) = m * C_v * (T_4 - T_1)$$

$$Q_{çikan} = -(6.788 * 10^{-4} kg) * \left(0.718 \frac{kJ}{kgK}\right) * (800 - 308)K = 0.240 kJ$$

$$W_{net} = Q_{giren} - Q_{çikan} = 0.590 - 0.240 = 0.350 kJ$$

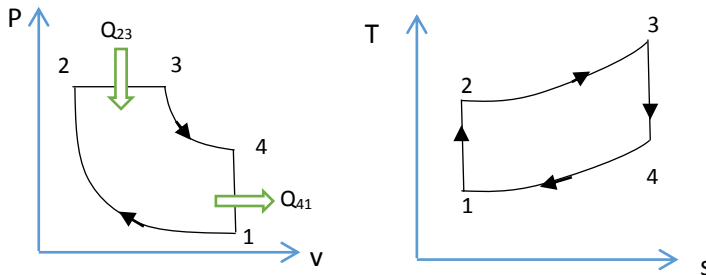
$$\eta_{th} = \frac{W_{net}}{Q_{giren}} = \frac{0.350 kJ}{0.590 kJ} = \%59.4$$

$$d) V_{min} = V_2 = \frac{V_{max}}{r}$$

$$OEB = \frac{W_{net}}{V_1 - V_2} = \frac{W_{net}}{V_1 * \left(1 - \frac{1}{r}\right)} = \frac{350 kJ}{0.0006 m^3 * \left(1 - \frac{1}{9.5}\right)} * \left(kPa * \frac{m^3}{kJ}\right) = 652 kPa$$

S-6) İdeal bir **Diesel** çevriminin sıkıştırma oranı 16, kesme oranı (ön genişleme oranı) 2 dir. Sıkıştırma işleminin başında havanın basıncı 95 kPa, sıcaklığı 27°C'dir. Çevrimi P-V ve T-s diyagramında göstererek, **a)** ısı giriş işlemi sonundaki sıcaklığını, **b)** ısıl verimini, **c)** ortalama efektif basıncı bulunuz. Özgül ısılardan sıcaklıkla değişmediğini kabul ediniz.

C-6)



$$a) T_2 = T_1 * \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{k-1} = 300K * 16^{0.4} = 909.4 K$$

2-3 prosesinde P = sabit

$$\frac{P_3 * V_3}{T_3} = \frac{P_2 * V_2}{T_2} \Rightarrow T_3 = \left(\frac{V_3}{V_2}\right) * T_2 = 2 * T_2$$

$$T_3 = 1818,8 K$$

$$b) q_{giren} = h_3 - h_2 = C_p * (T_3 - T_2) = 1.005 \frac{kJ}{kgK} * (1818.8 - 909.4)K = 913.9 \frac{kJ}{kg}$$

$$T_4 = T_3 * \left(\frac{V_3}{V_4}\right)^{k-1} = T_3 * \left(2 * \frac{V_2}{V_4}\right)^{k-1} = (1818.8 - 909.4) * \left(\frac{2}{16}\right)^{0.4} = 791.7 K$$

$$q_{çıkan} = u_4 - u_1 = C_v * (T_4 - T_1) = 0.718 \frac{kJ}{kgK} * (791.7 - 300)K = 353 \frac{kJ}{kg}$$

$$\eta = 1 - \frac{q_{çıkan}}{q_{giren}} = 1 - \frac{353}{913.9} = \% 61.4$$

$$c) w_{net} = q_{giren} - q_{çıkan} = 913.9 - 353 = 560.9 \frac{kJ}{kg}$$

$$v_1 = \frac{R * T_1}{P_1} = \frac{0.287 * 300}{95} = 0.906 \frac{m^3}{kg} = v_{max}$$

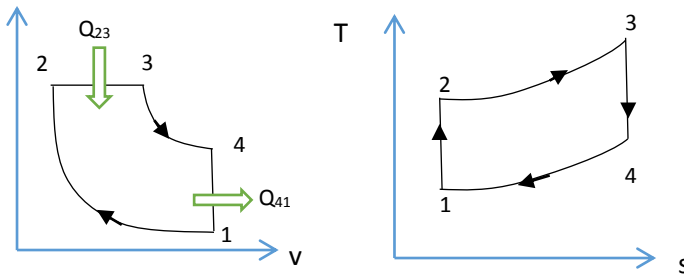
$$v_{min} = v_2 = \frac{v_{max}}{16} = \frac{0.906}{16} = 0.057 \frac{m^3}{kg}$$

$$OEB = \frac{w_{net}}{v_1 - v_2} = \frac{560.9}{0.906 - 0.057} = 660.4 KPa$$

S-7) İzentropik sıkıştırma oranı 16 olan ideal Diesel çevriminde sıkıştırma başlangıcında hava 100 kPa ve 300 K sıcaklıktadır. Çevrime 1 kg hava için verilen ısı 1800 kJ olduğuna göre, çevrimi P-v ve T-s diyagramlarında gösterip maksimum sıcaklığı, yapılan işi ve çevrimin ısıl verimini bulunuz.

$$C_p = 1.0035 \text{ kJ/kgK} , C_v = 0.7165 \text{ kJ/kgK}$$

C-7)



$$\frac{T_2}{T_1} = r^{k-1} \Rightarrow T_2 = 300 * 16^{0.4} = 909.43 K$$

$$\frac{P_2}{P_1} = r^k \Rightarrow P_2 = 4850 kPa = P_3$$

$$q_{23} = C_p * (T_3 - T_2) \Rightarrow T_3 = \frac{q_{23}}{C_p} + T_2 = 2703.15 K$$

$$\frac{T_3}{T_4} = \left(\frac{V_1}{V_3}\right)^{k-1} = \left(\frac{V_1}{V_2} * \frac{V_2}{V_3}\right)^{k-1} = r^{k-1} * \left(\frac{T_2}{T_3}\right)^{k-1} \Rightarrow T_4 = 1378.85$$

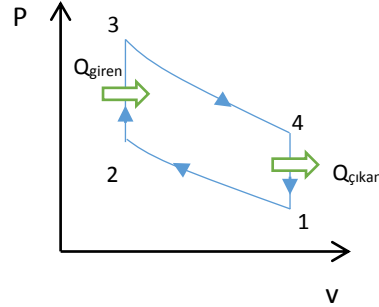
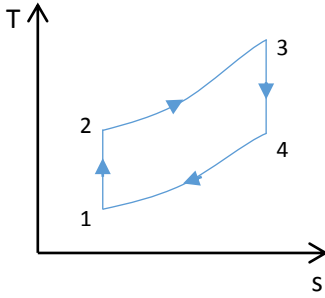
$$q_{41} = C_v * (T_4 - T_1) = 773 \text{ kJ/kg}$$

$$w_{net} = q_{23} - q_{41} = 1026.99 \text{ kJ/kg}$$

$$\eta_{isil} = \frac{w_{net}}{q_{23}} = \frac{1026.99}{1800} = \%57$$

S-8) Bir ideal Otto çevriminde sıkıştırma başlangıcında havanın sıcaklığı 27 °C ve basıncı 100 kPa'dır. Çevrimin maksimum sıcaklığı 2500 K ve sıkıştırma oranı 8 olduğuna göre, **a-** Çevrimin P-V ve T-s diyagramlarını çiziniz. **b-** Çevrimin her noktasındaki sıcaklık ve basıncı bulunuz. **c-** Çevrimden elde edilebilecek net gücü belirleyiniz. **d-** Çevriminin verimini hesaplayınız.

C-8)



$$1 \Rightarrow P_1 = 0.1 \text{ MPa}, T_1 = 300 \text{ K}$$

$$2 \Rightarrow P_2 = P_1 * r^k = 1.8379 \text{ MPa}$$

$$T_2 = T_1 * r^{k-1} = 689.219 \text{ K}$$

$$3 \Rightarrow P_3 = P_1 * r * \frac{T_3}{T_1} = 0.1 * 8 * \frac{2500 \text{ K}}{300 \text{ K}} = 6.6567 \text{ MPa}$$

$$T_3 = T_{max} = 2500 \text{ K}$$

$$4 \Rightarrow P_4 = P_1 * r^{1-k} * \frac{T_3}{T_1} = 0.3627 \text{ MPa}$$

$$T_4 = T_3 * r^{1-k} = 1088.18 \text{ K}$$

$$c) q_{giren} = C_v * (T_3 - T_2) = 0.7165 * (2500 - 689.219) = 1297.42 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$q_{çikar} = C_v * (T_4 - T_1) = 564.73 \text{ kJ/kg}$$

$$w_{net} = 732.68 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

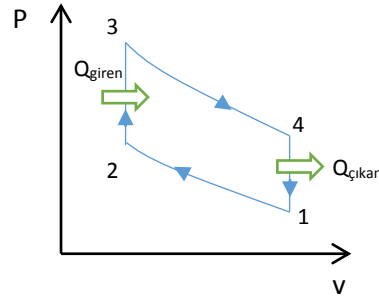
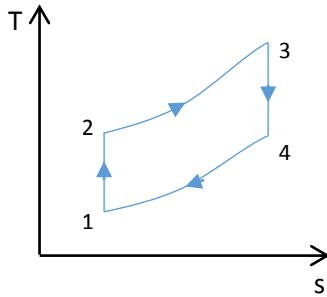
$$d) \eta_{isil} = \frac{w_{net}}{q_{giren}} = 0.5647 \text{ (%56.47)}$$

$$\eta_{isil} = 1 - r^{1-k} = 0.5647$$

S-9) İdeal bir Otto çevriminin sıkıştırma oranı 9.5'dir. Sıkıştırma işleminin başlangıcında havanın basıncı 100 kPa, sıcaklığı 17 °C, hacmi 600 cm³ 'tür. İzentropik genişlemenin sonunda havanın sıcaklığı 800 K'dir. Oda sıcaklığında sabit özgül ısılar kullanarak, **(a)** çevrimin en yüksek sıcaklık ve basıncını, **(b)** kJ olarak çevrime verilen ısıyı, **(c)** çevrimin ısıl verimini, **(d)** çevrimin ortalama efektif basıncını hesaplayınız.

Not: C_p = 1.005 kJ/kg·K, C_v = 0.718 kJ/kg·K, R = 0.287 kJ/kg·K, k = 1.4

C-9)



$$P_1 = 100 \text{ kPa}$$

$$T_1 = 17 + 273 = 290 \text{ K}$$

$$V_1 = 600 \text{ cm}^3 = 600 * 10^{-3} \text{ m}^3$$

$$T_4 = 800 \text{ K}$$

$$r = 9.5$$

$$T_2 = T_1 * r^{k-1} = 290 * 9.5^{0.4} = 713.65 \text{ K}$$

$$P_2 = P_1 * r^k = 2338 \text{ kPa} = 23.38 \text{ MPa}$$

$$m = \frac{P_1 * V_1}{R * T_1} = \frac{100 * 0.0006}{0.287 * 290} = 7.2 * 10^{-4} \text{ kg}$$

$$\frac{T_3}{T_4} = \left(\frac{v_3}{v_4}\right)^{k-1} \Rightarrow T_3 = T_4 * r^{k-1} = 1969 \text{ K}$$

$$P_3 = \frac{T_3}{T_2} * P_2 = 6450.67 \text{ kPa}$$

$$b) Q_{23} = m * C_v * (T_3 - T_2) = 7.2 * 10^{-4} \text{ kg} * 0.718 \frac{\text{kJ}}{\text{kgK}} * (1969 - 713.65) \text{ K} = 0.649 \text{ kJ}$$

$$c) Q_{41} = m * C_v * (T_4 - T_1) = 0.2636 \text{ kJ}$$

$$W_{net} = Q_{23} - Q_{41} = 0.3854 \text{ kJ}$$

$$\eta_{isil} = \frac{W_{net}}{Q_{23}} = \frac{0.3854}{0.649} = 0.5938 (\%59.4), \quad \eta_{isil} = 1 - r^{1-k} = \% 59.4$$

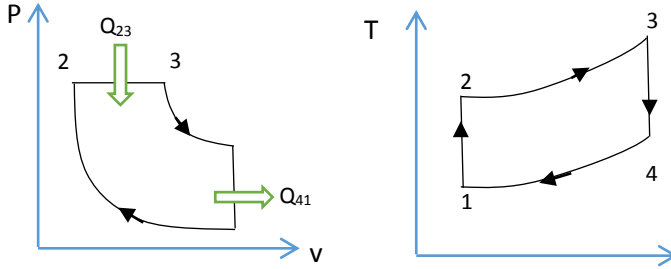
$$d) OEB = \frac{W_{net}}{V_{max} - V_{min}} = \frac{W_{net}}{V_1 * \left(1 - \frac{1}{r}\right)} = \frac{0.3854 \text{ kJ}}{0.0006 * \left(1 - \frac{1}{9.5}\right)} = 718 \text{ kPa}$$

S-10) Benzin ve dizel yakıtlı içten yanmalı motorların termodinamik çevrimlerinin adını yazınız, bu çevrimlerin P-V diyagramlarını çiziniz. İki çevrim arasındaki farkları yazınız.

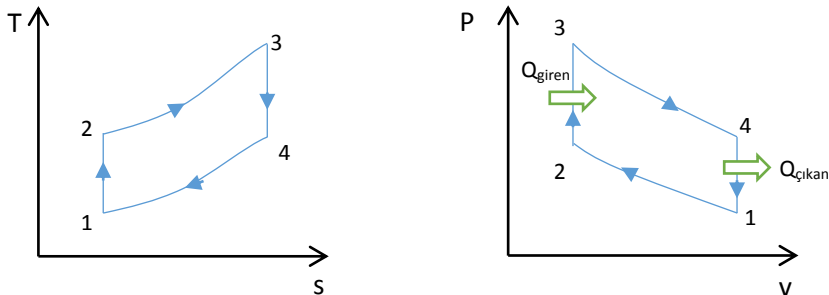
C-10)

Benzin Çevrim	Dizel Çevrim
Otto	Dizel
Buji Ateşlemeli	Sıkıştırılmalı ateşlemeli
Sıkıştırma oranı düşük	Sıkıştırma oranı yüksek

Dizel çevrim

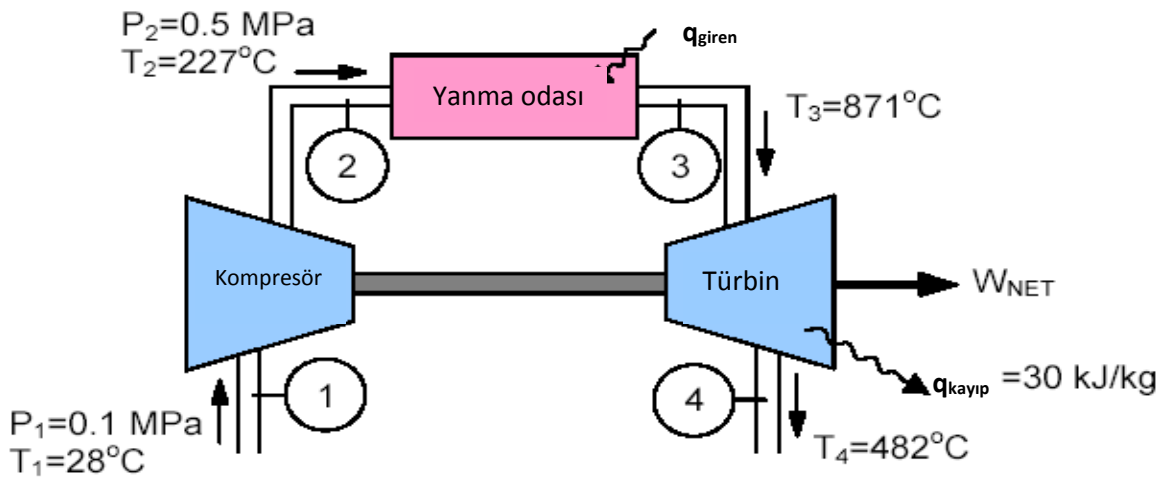


Otto çevrim

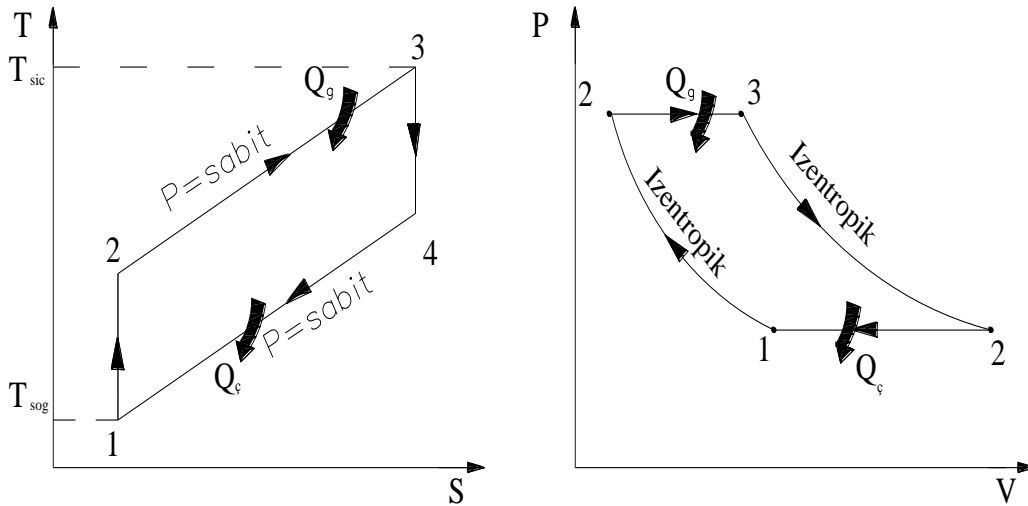


S-11)Aşağıda gerçek gaz türbinine ait şematik resim verilmiştir. Buna göre; **a)** Çevrimin adını yazıp, P-V ve T-s diyagramını çiziniz. **b)** Kompresörün adyabatik verimini ($\eta_{komp.}$), **c)** Çevrimin net işini (W_{Net}) **d)** Çevrimin ısı verimini, **e)** Geri iş oranını hesaplayınız.

C-11)



a)



Brayton çevriminin T-S ve P-V diyagramları.

$$b) T_{2,s} = T_1 \left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{k-1}{k}} = 301 \left(\frac{0.5}{0.1} \right)^{\frac{1.4-1}{1.4}} = 477 K$$

$$\eta_{komp.} = \frac{w_{komp,s}}{w_{komp,a}} = \frac{h_{2,s} - h_1}{h_2 - h_1} = \frac{C_p(T_{2,s} - T_1)}{C_p(T_2 - T_1)} = \frac{477 - 301}{500 - 301} = 0.883 \Leftrightarrow \%88.3$$

$$c) w_{Tur.} = (h_3 - h_4) - q_{cu.} = C_p(T_3 - T_4) - q_{cu.}$$

$$w_{Tur.} = 1.005(1144 - 755) - 30 = 361 \frac{kJ}{kg}$$

$$w_{komp.} = (h_2 - h_1) = C_p(T_2 - T_1) = 1.005(500 - 301) = 200 \frac{kJ}{kg}$$

$$w_{Net} = w_{Tur.} - w_{komp.} = 361 - 200 = 161 \frac{kJ}{kg}$$

$$d) \eta_{Brayton} = \frac{w_{Net}}{q_{giren}}$$

$$q_{giren} = h_3 - h_2 = C_p(T_3 - T_2) = 1.005(1144 - 500) = 647 \frac{kJ}{kg}$$

$$\eta_{Brayton} = \frac{161}{647} = 0.249 \Leftrightarrow \%24.9$$

$$e) r_{gi} = \frac{w_{komp.}}{w_{Tur.}} = \frac{200}{361} = 0.554$$

S-12) Bir silindirde başlangıçta 100 kPa ve 27 °C ' de 0.8 kg Nitrojen bulunmaktadır. Nitrojen politropik işlem $P * V^{1.3} = \text{sabit}$ olarak hacmi ilk hacminin yarısına kadar sıkıştırılmaktadır. Buna göre yapılan işi ve silindirin çevreye transfer ettiği ısıyı hesaplayınız. $R=0.287$ kJ/kgK , $C_v= 0.7448$

C-12)

$$\left. \begin{array}{l} P_1 = 100 \text{ kPa} \\ T_1 = 300 \text{ K} \\ m = 0.8 \text{ kg} \\ C_v = 0.7448 \\ V_2 = V_1/2 \end{array} \right\}$$

$$P_1 * V_1^{1.3} = P_2 * V_2^{1.3} \Rightarrow P_2 = \left(\frac{V_1}{V_2} \right)^{1.3} * P_1$$

$$P_2 = 2^{1.3} * 100 \text{ kPa} = 246.2 \text{ kPa}$$

$$\frac{P_1 * V_1}{T_1} = \frac{P_2 * V_2}{T_2} \Rightarrow T_2 = 369.3 \text{ K}$$

$$W_{12} = \frac{P_2 * V_2 - P_1 * V_1}{1 - n} = \frac{m * R * (T_2 - T_1)}{1 - n} = -54.8 \text{ kJ}$$

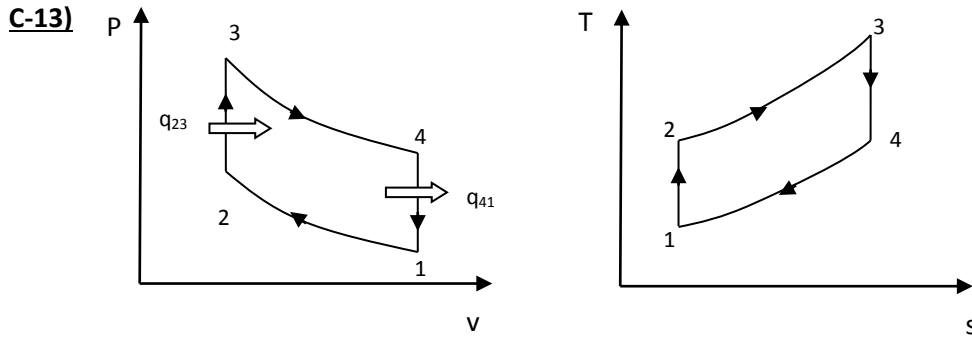
T.D.I. Kanununa göre

$$Q_{12} - W_{12} = \Delta U = \frac{m * C_v * (T_2 - T_1)}{41.29 \text{ kJ}} \Rightarrow Q_{12} = \Delta U + W_{12}$$

$$Q_{12} = 41.29 - 54.8 = -13.5 \text{ kJ/kg}$$

S-13) Sıkıştırma oranı 7 olan ideal Otto çevriminde sıkıştırma başlangıcında sıcaklık 25°C , basınç 0.1 MPa dir. Çevrimdeki maksimum sıcaklık 2000°C olduğunda göre birim hava kütlesi için;

- Çevrimin tüm noktalarındaki basınç ve sıcaklık değerlerini,
- Çevrime verilen ısı miktarını, çevrimden alınan ısı miktarını, çevrimden alınan net işi,
- Çevrimin ısıl verimini hesaplayınız.



$$r = \frac{v_1}{v_2} = 7 \quad 2 \rightarrow P_2 = 1.524 \text{ MPa} , T_2 = 648.91 \text{ K}$$

$$3 \rightarrow P_3 = 1.524 \text{ MPa} , T_3 = 2273 \text{ K}$$

$$4 \rightarrow P_4 = 0.350 \text{ MPa} , T_4 = 1042.84 \text{ K}$$

$$Q_{gir} = Q_{23} = 1165.66 \text{ kJ/kg}$$

$$Q_{cik} = Q_{41} = 882.2 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \quad w_{net} = 251.86 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$1 \rightarrow 2 \quad P_1^k * V_1^k = P_2^k * V_2^k \Rightarrow P_2 = P_1 * r^k = 0.1 * 7^{1.4} = 1.5245 \text{ MPa}$$

$$\left. \begin{array}{l} 2 \rightarrow 3 \quad P_2 * V_2 = R * T_2 \\ P_3 * V_3 = R * T_3 \end{array} \right\} \frac{P_2}{P_3} = \frac{T_2}{T_3} \Rightarrow P_3 = \frac{T_3}{T_2} * P_2 = 5.339 \text{ MPa}$$

$$q_{23} = q_{giren} = C_v * (T_3 - T_2) = 0.718 * (2273 - 649) = 1166.032 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$3 \rightarrow 4 \quad P_3^k * V_3^k = P_4^k * V_4^k \Rightarrow P_4 = P_3 * \left(\frac{1}{r}\right)^k = 5.339 * r^{-k} = 0.350 \text{ MPa}$$

$$T_4 = T_3 * r^{1-k} \Rightarrow T_4 = 2273 * 7^{-0.4} = 1043.66 \text{ K}$$

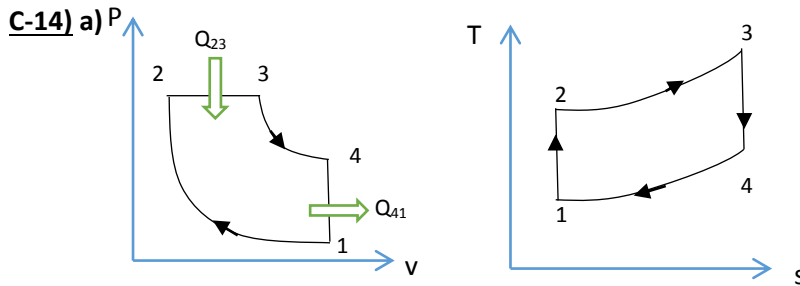
$$4 \rightarrow 1 \quad q_{41} = q_{\text{çıkan}} = C_v * (T_4 - T_1) = 0.718 * (1043 - 298) = 535.38 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$w_{\text{net}} = q_{\text{giren}} - q_{\text{çıkan}} = 630.646 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$\eta = \frac{w_{\text{net}}}{q_{\text{giren}}} = \frac{630.646}{1166.032} = \% 54.08$$

$$\eta = 1 - r^{1-k} \Rightarrow \eta = 1 - 7^{-0.4} = \% 54.08$$

S-14) İzentropik sıkıştırma oranı 16 olan bir ideal Diesel çevriminde sıkıştırma başlangıcında hava 27 °C ve basınç 0.1 MPa'dır. Çevrim başına verilen ısı 1800 kJ/kg ise; **a)** Çevrimin P-V ve T-s diyagramını çiziniz. **b)** Çevrimin her noktasındaki sıcaklık ve basınç değerlerini, **c)** Yapılan işi, **d)** Çevrimin ısıl verimini hesaplayınız. (Hava için $k=1.4$, $C_v=0.7165 \text{ kJ/kgK}$)



$$\frac{T_2}{T_1} = r^{k-1} \Rightarrow T_2 = 300 * 16^{0.4} = 909.43 \text{ K}$$

$$\frac{P_2}{P_1} = r^k \Rightarrow P_2 = 4850 \text{ kPa} = P_3$$

$$P_{23} = C_p * (T_3 - T_2) \Rightarrow T_3 = \frac{q_{23}}{C_p} + T_2 = 2703.15 \text{ K}$$

$$\frac{T_3}{T_4} = \left(\frac{V_1}{V_3}\right)^{k-1} = \left(\frac{V_1}{V_2} * \frac{V_2}{V_3}\right)^{k-1} = r^{k-1} * \left(\frac{T_2}{T_3}\right)^{k-1} \Rightarrow T_4 = 1378.85$$

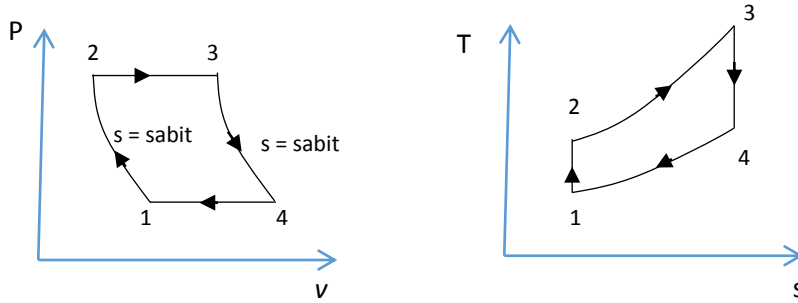
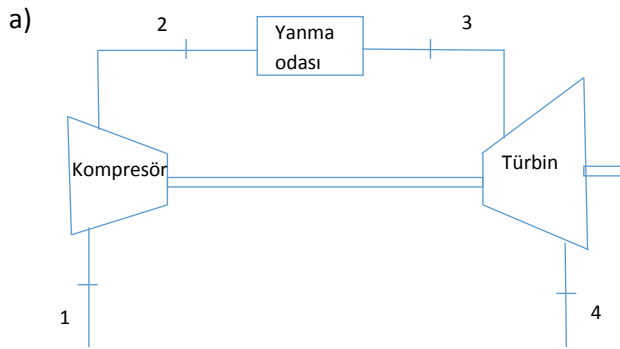
$$q_{41} = C_v * (T_4 - T_1) = 773 \text{ kJ/kg}$$

$$w_{net} = q_{23} - q_{41} = 1026.99 \text{ kJ/kg}$$

$$\eta_{ısıl} = \frac{w_{net}}{q_{23}} = \frac{1026.99}{1800} = \%57$$

S-15) Hava, bir gaz türbini sisteminin kompresörüne 100 kPa basınç ve 25°C sıcaklıkta girmektedir. Basınç oranı 5 ve maksimum sıcaklık 850°C olduğuna göre; a) Bu çevrimin termodinamik adını yazıp çevrimin T-s ve P-V diyagramlarını sistemin şematik şekliyle çiziniz. b) Geri iş oranını, c) Isıl verimi hesaplayınız.

C-15)



b) $T_1 = 298 \text{ K}, T_3 = 1123 \text{ K}$

$$T_2 = T_1 * \left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{(k-1)/k} = (298)(5)^{0.2857} = 472.0 \text{ K}$$

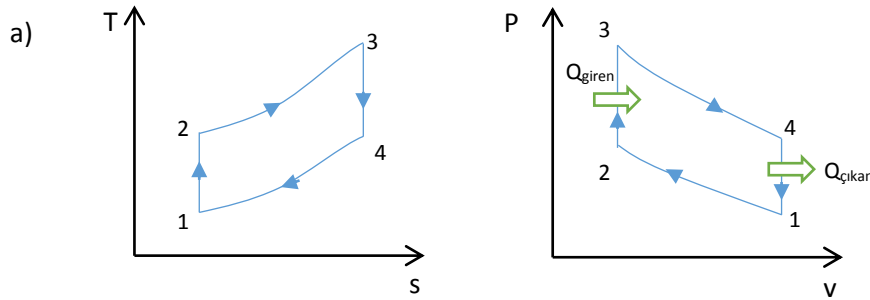
$$T_4 = T_3 * \left(\frac{P_4}{P_3}\right)^{(k-1)/k} = (1123) \left(\frac{1}{5}\right)^{0.2857} = 709 \text{ K}$$

$$\frac{w_{komp}}{w_{türbin}} = \frac{C_p * (T_2 - T_1)}{C_p * (T_3 - T_4)} = \frac{472.0 - 298}{1123 - 709} = 0.420 = \%42$$

$$c) \eta_{\text{istl}} = 1 - r^{(1-k)/k} = 1 - (5)^{-0.2857} = 0.369 = \%36.90$$

S-16) Bir otto çevriminde maksimum kabul edilebilir basınç 8 Mpa'dır. Sıkıştırma başlangıcındaki basınç ve sıcaklık değerleri sırasıyla, 85 kPa ve 30°C'dir. Sıkıştırma oranı 8 olduğuna göre; (a) Çevrimin P-v ve T-s diyagramında gösteriniz, (b) Çevrime girmesi gerekli ısı enerjisini, (c) Çevrimin verimini, (d) Ortalama efektif basıncı hesaplayınız.

C-16)



$$b) P_1 = 85 \text{ kPa}, T_1 = 30 + 273 = 303 \text{ K}$$

$$P_3 = 8 \text{ MPa} = 8000 \text{ kPa}, r = 8$$

$$P_2 = P_1 * r^k = 85 * 8^{1.4} = 1562.23 \text{ kPa}$$

$$T_2 = T_1 * r^{k-1} = 303 * 8^{0.4} = 696.11 \text{ K}$$

$$T_3 = \frac{P_3}{P_2} T_2 = \frac{8000}{1562.23} * 696.11 = 3564.7 \text{ K}$$

$$q_g = C_V(T_3 - T_2) = 0.718(3564.7 - 696.11) = 2059.65 \text{ kJ/kg}$$

$$T_4 = \frac{T_2}{T_1} T_3 = \frac{303}{696.11} * 3564.7 = 1551.63 \text{ K}$$

$$q_c = C_V(T_4 - T_1) = 0.718(1551.63 - 303) = 896.52 \text{ kJ/kg}$$

$$W_{\text{net}} = q_g - q_c = 1163.13 \text{ kJ/kg}$$

$$c) \eta_{\text{istl}} = \frac{W_{\text{net}}}{q_{\text{giren}}} = \frac{1163.13}{2059.65} = 0.5647 = \%56.47$$

$$\eta_{\text{istl}} = 1 - r^{1-k} \Rightarrow \eta = 1 - 8^{-0.4} = 0.5647$$

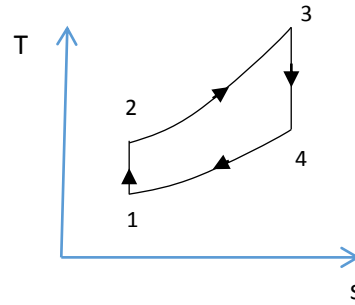
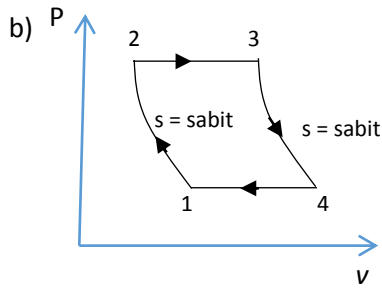
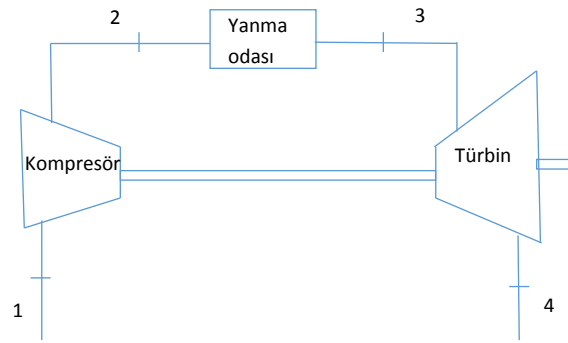
$$d) v_1 = \frac{R * T_1}{P_1} = \frac{0.287 * 303}{85} = 1.023, v_2 = \frac{R * T_2}{P_2} = \frac{0.287 * 696.11}{1562.23} = 0.1278$$

$$OEB = \frac{W_{\text{net}}}{v_1 - v_2} = \frac{1163.13}{1.023 - 0.1278} = 1299.3 \text{ kPa}$$

S-17) Hava bir Brayton çevriminin kompresörüne 85 kPa basınç ve 0°C şartlarında girmektedir. Basınç oranı 6 ve maksimum sıcaklık 1000°C olduğuna göre; (a) Çevrimi şematik olarak çiziniz. (b) Çevrimi P-v ve T-s diyagramlarında gösteriniz, (c) Isıl verimi, (d) Geri iş oranını bulunuz.

C-17)

a)



c)

$$P_1 = 85 \text{ kPa}, T_1 = 0 + 273 = 273 \text{ K}$$

$$T_3 = 1000 + 273 = 1273 \text{ K}$$

$$r_p = \left(\frac{P_2}{P_1}\right) = 6$$

$$T_2 = T_1 \left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{k-1/k} = 273(6)^{0.2857} = 455.5 \text{ K}$$

$$T_4 = T_3 \left(\frac{P_1}{P_2}\right)^{k-1/k} = 1273\left(\frac{1}{6}\right)^{0.2857} = 762.96 \text{ K}$$

$$q_g = C_p(T_3 - T_2) = 1.005(1273 - 455.5) = 821.59 \text{ kJ/kg}$$

$$q_{\zeta} = C_p(T_4 - T_1) = 1.005(762.96 - 273) = 492.41 \text{ kJ/kg}$$

$$W_{net} = q_g - q_{\zeta} = 329.18 \text{ kJ/kg}$$

$$W_k = C_p(T_2 - T_1) = 1.005(455.5 - 273) = 183.41 \text{ kJ/kg}$$

$$W_t = C_p(T_3 - T_4) = 1.005(1273 - 762.96) = 512.59 \text{ kJ/kg}$$

$$W_{net} = W_t - W_k = 329.18 \text{ kJ/kg}$$

$$\eta_{isil} = \frac{W_{net}}{q_{giren}} = \frac{329.18}{821.59} = 0.4 = \%40$$

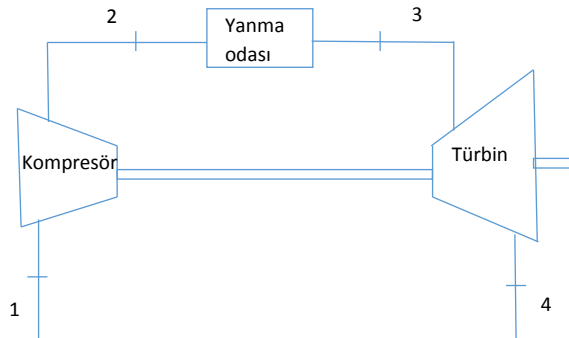
$$\eta_{isil} = 1 - \frac{1}{r^{1-k}} \Rightarrow \eta = 1 - \frac{1}{6^{0.2857}} = 0.4 = \%40$$

$$e) \text{ GIO} = \frac{W_k}{W_t} = \frac{183.41}{512.59} = 0.3578 = \%35.78$$

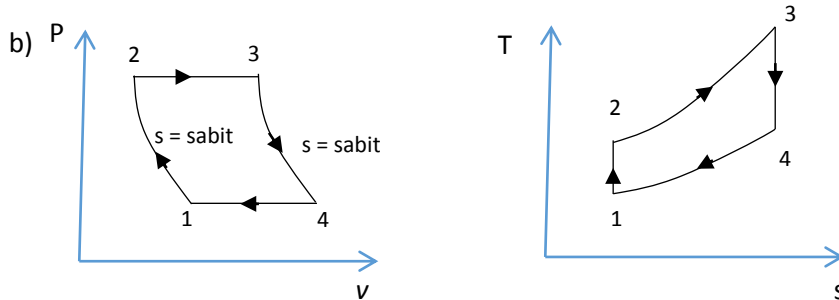
S-18) İdeal Brayton çevrimine göre çalışan bir gaz türbininde basınç oranı 8, kompresör girişinde sıcaklık 300 K ve türbin girişinde ise sıcaklık 1300 K olduğuna göre; a) Gaz türbini çevrimini şematik olarak çiziniz, b) T-s ve P-V diyagramlarını çiziniz. c) Kompresör ve türbin çıkışında gazın sıcaklığını hesaplayınız d) Çevrimin ısı verimini hesaplayınız. e) Sistem bu şartlarda rejeneratör kullanmaya uygun mu? Neden?

C-18)

a)



b)



c)

$$\begin{aligned} T_1 &= 300 \text{ K} \\ T_3 &= 1300 \text{ K} \\ r_p &= \left(\frac{P_2}{P_1}\right) = 8 \end{aligned}$$

$$T_2 = T_1 \left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{k-1/k} = 300(8)^{0.2857} = 543.42 \text{ K}$$

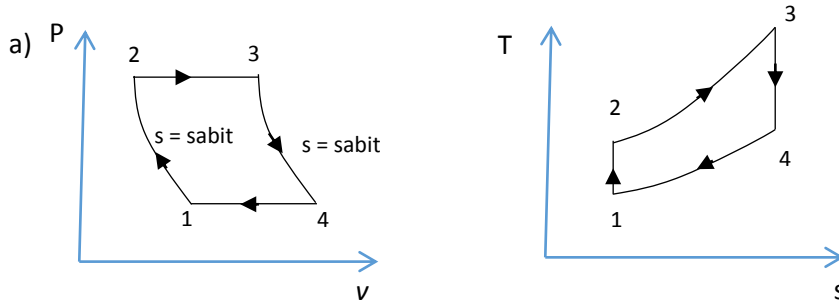
$$T_4 = T_3 \left(\frac{P_1}{P_2} \right)^{k-1/k} = 1300 \left(\frac{1}{8} \right)^{0.2857} = 717.68 \text{ K}$$

d) $\eta_{\text{isitl}} = 1 - \frac{T_4 - T_1}{T_3 - T_2} = 1 - \frac{417.68}{756.58} = 0.4479 = \%44.79$

e) $T_4 > T_2$ olduğundan rejeneratör kullanılabilir.

S-19) İdeal brayton çevrimine göre çalışan bir gaz türbininin sıkıştırma oranı 10'dur. Çevrimdeki en düşük ve en yüksek sıcaklıklar sırasıyla 310K ve 1210K'dir. Kompresörün izentropik verimi %80 ve türbinin izentropik verimi %85 olduğu kabul edilirse, a) Çevrimi P-v ve T-s diagramlarında gösteriniz, b) Türbin çıkış sıcaklığını c) Çevrimin verimini d) Isıl verimi bulunuz.

C-19)



b) $T_1 = 310 \text{ K}, T_3 = 1210 \text{ K}, \eta_k = 0.8, \eta_T = 0.8$
 $r_p = \left(\frac{P_2}{P_1} \right) = \left(\frac{P_4}{P_3} \right) = 10$

$$T_{2S} = T_1 \left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{k-1/k} = 310(10)^{0.2857} = 598.52 \text{ K}$$

$$T_{4S} = T_3 \left(\frac{P_1}{P_2} \right)^{k-1/k} = 1210 \left(\frac{1}{10} \right)^{0.2857} = 626.72 \text{ K}$$

$$T_2 = T_1 + \frac{T_{2S} - T_1}{\eta_k} = 310 + \frac{598.52 - 310}{0.8} = 670.65 \text{ K}$$

$$T_4 = T_3 - \eta_T(T_3 - T_{4S}) = 1210 - 0.85(1210 - 626.72) = 714.21 \text{ K}$$

$$q_g = C_p(T_3 - T_2) = 1.005(1210 - 670.65) = 542.05 \text{ kJ/kg}$$

$$q_c = C_p(T_4 - T_1) = 1.005(714.21 - 310) = 406.23 \text{ kJ/kg}$$

c) $W_{\text{net}} = q_g - q_c = 135.82 \text{ kJ/kg}$

d) $\eta_{\text{isitl}} = 1 - \frac{T_4 - T_1}{T_3 - T_2} = 1 - \frac{404.21}{539.35} = 0.25 = \%25$

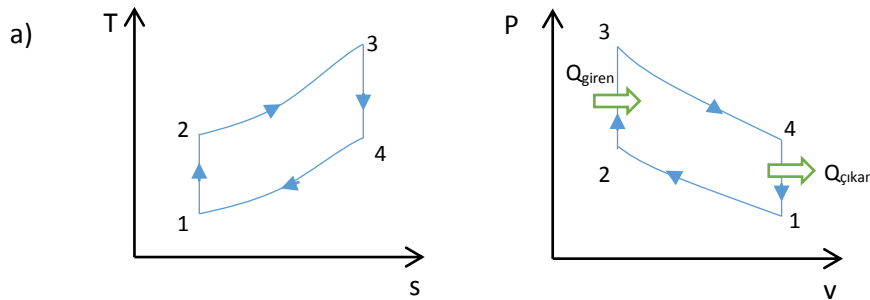
S-20) Havayla çalışan ideal bir Diesel çevriminin sıkıştırma oranı 20'dir. Sıkıştırma işleminin başlangıcında havanın basıncı 95 kPa, sıcaklığı 20°C olup, çevrimin en yüksek sıcaklığı 2200K'i geçmemesi istenmektedir. Çevrimin, (a) Isıl verimini hesaplayınız, (b) Ortalama efektif basıncını hesaplayınız, (c) Bu çevrimin hangi tür yakıt ve motorlarda kullanılmakta olduğunu belirtiniz.

C-20)

- a) $T_1 = 20 + 273 = 293 \text{ K}$, $T_3 = 2200 \text{ K}$, $r = 20$
 $T_2 = T_1 (r)^{k-1} = 293(20)^{0.4} = 971.1 \text{ K}$
 $\frac{V_3}{V_2} = \frac{T_3}{T_2} \rightarrow \frac{V_3}{V_2} = \frac{2200}{971.1} = 2.265$
 $T_4 = T_3 \left(\frac{V_3}{V_4}\right)^{k-1} = T_3 \left(\frac{2.265V_2}{V_1}\right)^{k-1} = 2200 \left(\frac{2.265}{20}\right)^{0.4} = 920.6 \text{ K}$
 $q_g = C_p(T_3 - T_2) = 1.005(2200 - 971.1) = 1235 \text{ kJ/kg}$
 $q_c = C_v(T_4 - T_1) = 0.717(920.6 - 293) = 450.6 \text{ kJ/kg}$
 $W_{net} = q_g - q_c = 1235 - 450.6 = 784.4 \text{ kJ/kg}$
 $\eta_{diesel} = \frac{W_{net}}{q_g} = \frac{784.4}{1235} = 0.635 = \%63.5$
- b) $v_1 = \frac{R \cdot T_1}{P_1} = \frac{0.287 \cdot 293}{95} = 0.885 \frac{\text{m}^3}{\text{kg}}$
 $OEB = \frac{W_{net}}{v_1 - \left(1 - \frac{1}{r}\right)} = \frac{784.4}{0.885 \left(1 - \frac{1}{20}\right)} = 933 \text{ kPa}$
- c) Dizel motorin, mazot yakıtı kullanan dizel motorlarda bu çevrim geçerlidir.

S-21) Isıl verimi %58.1 olan bir ideal Otto çevriminde havanın başlangıç koşulları 27°C ve 100 kPa'dır. Çevrim başına giren ısı 1800 kJ/kg olduğuna göre; (a) Çevrimin P-v ve T-s diyagramlarını çiziniz. (b) Çevrimin sıkıştırma oranını tespit ediniz. (c) Çevrimin her noktasındaki sıcaklık ve basıncı bulunuz. (d) Çevrimden elde edilebilecek net gücü belirleyiniz.

C-21)



- b) $\eta_{otto} = 1 - \frac{1}{r^{k-1}} = 0.581 \Rightarrow r = 8.8$
- c) $P_1 = 100 \text{ kPa}$, $T_1 = 300 \text{ K}$
 $T_2 = T_1 * r^{k-1} = 300 * 8.8^{0.4} = 716 \text{ K}$
 $P_2 = P_1 * r^k = 100 * 8.8^{1.4} = 2100.27 \text{ kPa}$
 $q_g = C_v(T_3 - T_2) = 0.717(T_3 - 716) = 1800 \text{ kJ/kg}$
 $T_3 = 3223.66 \text{ K}$

$$\frac{P_3}{P_2} = \frac{T_3}{T_2} = \frac{3223.66}{716} \Rightarrow P_3 = 9456.09 \text{ kPa}$$

$$P_3 = \frac{P_3}{r^k} = 450 \text{ kPa}$$

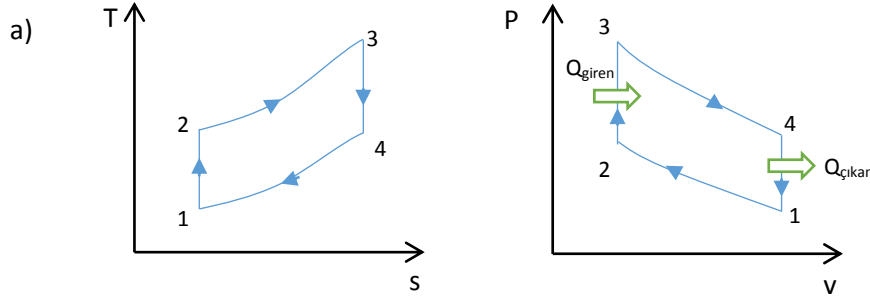
$$\frac{P_1}{P_4} = \frac{T_1}{T_4} = \frac{100}{450} = \frac{300}{T_4} \Rightarrow T_4 = 1350 \text{ K}$$

$$d) \quad q_c = C_v(T_4 - T_1) = 0.717(1350 - 300) = 753.9 \text{ kJ/kg}$$

$$W_{net} = q_g - q_c = 1800 - 753.9 = 1046.1 \text{ kJ/kg}$$

S-22) Benzin ile çalışan bir motorda sıkıştırma oranı 10 ve sıcaklık sınırları 30°C ve 1000°C'dir. Motorun ürettiği güç 500 kW olduğuna göre (a) Çevrimin P-v ve T-s diyagramlarını çiziniz. (b) Isıl verimi, (c) kütleli hava debisini (d) Çevrime verilen ve çevrimden atılan ısı miktarını hesaplayınız.

C-22)



$$b) \quad T_1 = 30 + 273 = 303 \text{ K}, T_3 = 1000 + 273 = 1273 \text{ K}, r=10, W=500 \text{ kW}$$

$$T_2 = T_1 * r^{k-1} = 303 * 10^{0.4} = 761.1 \text{ K}$$

$$T_3 = T_4 * r^{k-1} = 1273 = T_4 * 10^{0.4} \Rightarrow T_4 = 506.79 \text{ K}$$

$$q_g = C_v(T_3 - T_2) = 0.717(1273 - 761.1) = 367.03 \text{ kJ/kg}$$

$$q_c = C_v(T_4 - T_1) = 0.717(506.79 - 303) = 146.117 \text{ kJ/kg}$$

$$\eta = \frac{q_g - q_c}{q_g} = \frac{367.03 - 146.117}{367.03} = 0.60 = \%60$$

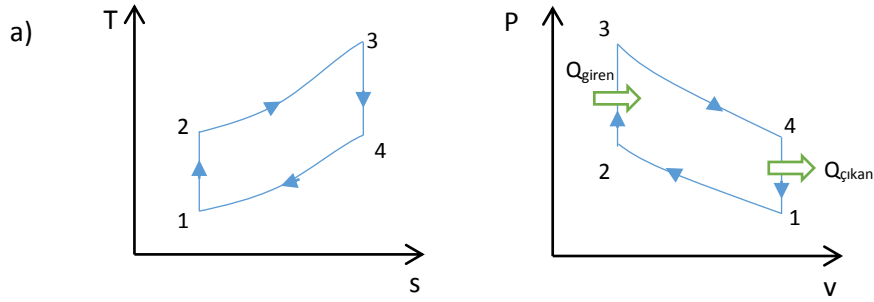
$$c) \quad W = \dot{m}(q_g - q_c) \Rightarrow 500 = \dot{m}(367.03 - 146.117)$$

$$\dot{m} = 2.26 \text{ kg/s}$$

$$d) \quad Q_g = \dot{m} * q_g = 2.26 * 367.03 = 830.71 \text{ kW}$$

$$Q_c = \dot{m} * q_c = 2.26 * 146.117 = 330.224 \text{ kW}$$

S-23) 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 çiziniz. (b) Çevrimde kullanılan yakıt cinsini yazınız. (c) Çevrimin her noktasındaki basınç ve sıcaklıkları, (d) Çevrimin ısıl verimini hesaplayınız.



$$r = \frac{V_{max}}{V_{min}} = 9.2 \quad P_1 = 98 \text{ kPa} \quad P_3 = 2 P_2 \quad k = 1.4 \quad T_1 = 27^\circ\text{C} = 300\text{K}$$

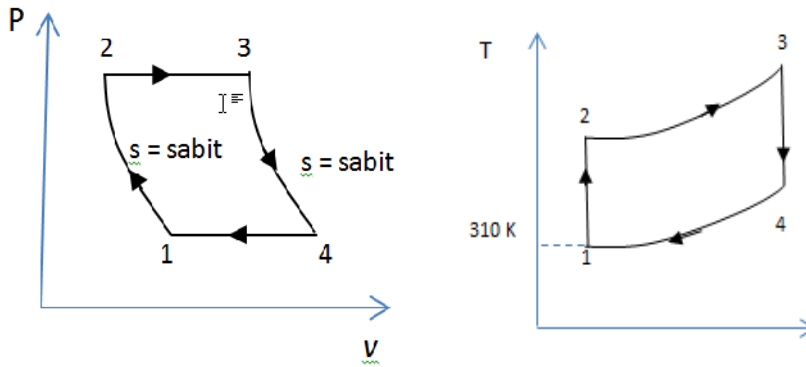
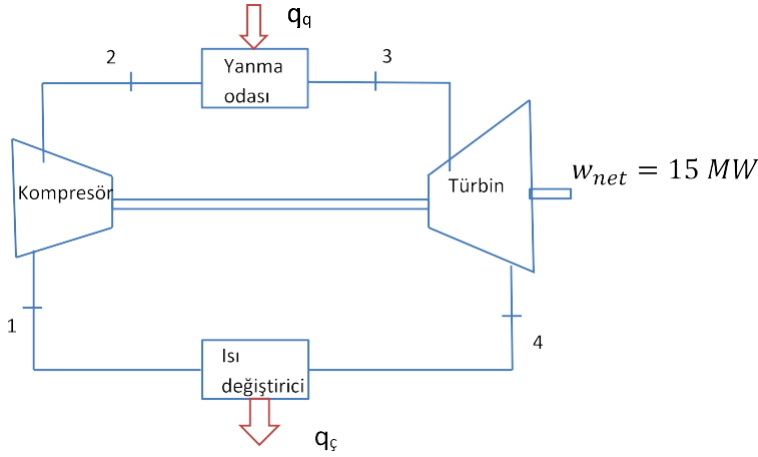
b) Benzin kullanılır.

$$\begin{aligned} c) \quad P_2 &= P_1 * r^k = 98 * 9.2^{1.4} = 2190.43 \text{ kPa} \\ P_3 &= 2 P_2 = 2 * 2190.43 = 4380.86 \text{ kPa} \\ P_4 &= P_3 * \left(\frac{v_3}{v_4}\right)^k = 4380.86 * \frac{1}{9.2} = 196 \text{ kPa} \\ T_2 &= T_1 * r^{k-1} = 300 * 9.2^{0.4} = 728.85 \text{ K} \\ \frac{P_3}{P_2} &= \frac{T_3}{T_2} \quad T_3 = T_2 \frac{P_3}{P_2} = 728.85 * 2 = 1457.7 \text{ K} \\ \frac{T_4}{T_3} &= \left(\frac{V_3}{V_4}\right)^{k-1} \quad T_4 = T_3 \left(\frac{V_3}{V_4}\right)^{k-1} = 1457.7 * \left(\frac{1}{9.2}\right)^{0.4} = 600 \text{ K} \end{aligned}$$

$$d) \quad \eta_{otto} = 1 - \frac{1}{r^{k-1}} = 0.59 = \%59$$

S-23) 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 çiziniz. (b) Santralin hangi termodinamik çevrime göre çalıştığını yazıp çevrimin P-V ve T-s diyagramını çiziniz. (c) Çevrimde dolaşan havanın kütleli debisini, (d) Çevrimin ısı verimini, (e) Geri iş oranını hesaplayınız.

C-23)a)



$$C_p = 1.005 \frac{kJ}{kgK} \quad T_1 = 310 K \quad T_3 = 900 K \quad \frac{P_{max}}{P_{min}} = 9$$

b) Brayton Çevrimi

c)

$$W_{net} = Q_H - Q_L = mC_p[(T_3 - T_2) - (T_4 - T_1)]$$

$$T_2 = T_1 \left(\frac{P_1}{P_2}\right)^{\frac{1-k}{k}} = 310 \left(\frac{1}{9}\right)^{\frac{-0.4}{1.4}} = 581.6K$$

$$T_3 = T_4 \left(\frac{P_4}{P_3}\right)^{\frac{1-k}{k}} \quad 900 = T_4 \left(\frac{1}{9}\right)^{\frac{-0.4}{1.4}} = 581.6K \quad T_4 = 480K$$

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

$$15000 \frac{kJ}{s} = m * 1.005 \frac{kJ}{kgK} [(900 - 581.86) - (480 - 310)]$$

$$m = 100.575 kg/s$$