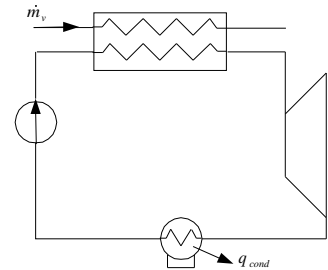


**Prova scritta di Fisica Tecnica – 1.07.2002**  
**( Ing. Civile, Edile ed Ambientale )**

**Esercizio 1**

In un impianto per la produzione di elettricità si sfrutta l'energia geotermica per fornire calore ad un ciclo Rankine a vapore saturo. Il ciclo, funzionante con il fluido R134a, opera tra la temperatura di evaporazione  $t_e = 60^\circ\text{C}$  e di condensazione  $t_c = 20^\circ\text{C}$ . L'energia geotermica viene prelevata tramite un pozzo che fornisce una portata  $\dot{m}_v = 10 \text{ kg/s}$  di vapor d'acqua umido alla temperatura  $t_v = 150^\circ\text{C}$  e titolo  $x_v = 0,4$ . Il vapor d'acqua entra in uno scambiatore di calore fornendo il flusso termico  $q_v$  al ciclo Rankine e uscendo in condizioni di liquido saturo alla temperatura  $t_v$ . Sapendo che alla temperatura  $t_v$  l'entalpia il volume specifico e l'entropia specifica del vapor d'acqua saturo sono pari rispettivamente ad  $h_{vs} = 2750 \text{ kJ/kg}$ ,  $v_{vs} = 0,4 \text{ m}^3/\text{kg}$  e  $s_{vs} = 6,8 \text{ kJ/(kg K)}$  si chiede di determinare:

1. il tracciamento del ciclo Rankine sul diagramma p-h allegato;
2. l'entalpia  $h_v$ , il volume specifico  $v_v$  e l'entropia  $s_v$  del vapore in entrata allo scambiatore;
3. il diametro del tubo di alimentazione del vapore umido considerando una velocità all'interno del condotto pari a  $\bar{u} = 5 \text{ m/s}$
4. il flusso termico  $q_v$  fornito al fluido operante del ciclo Rankine;
5. la potenza ottenuta in turbina considerando un rendimento isoentropico di espansione pari a  $\eta_{ie} = 0,9$ ;
6. il rendimento del ciclo Rankine trascurando il lavoro di compressione della pompa;
7. La generazione di entropia  $\dot{S}_{irr}$  dell'intero sistema (ciclo + scambiatore) sapendo che il condensatore scambia un flusso termico  $q_{cond}$  alla temperatura  $T_a = 298 \text{ K}$ .



Per l'acqua si assuma:  $c_e = 4,187 \text{ kJ/(kg K)}$ ,  $v_e = 0,001 \text{ m}^3/\text{kg}$ ,  $s=0$ ,  $h=0$  per  $T=273,16 \text{ K}$

**Esercizio 2**

Due cilindri coassiali hanno diametro rispettivamente  $d_1 = 1 \text{ cm}$  e  $d_2 = 3 \text{ cm}$ . Il cilindro interno, superficie grigia di emissività  $\varepsilon = 0,8$ , è alla temperatura  $T_1 = 1000 \text{ K}$  mentre il cilindro esterno è una superficie nera alla temperatura  $T_2 = 500 \text{ K}$ . Si determini:

1. Il flusso termico scambiato per radiazione  $q_{12}$ ;
2. La radiosità  $J_1$  e l'irradianza  $G_1$  per il cilindro interno;
3. La radiosità  $J_2$  e l'irradianza  $G_2$  per il cilindro esterno;

Si assuma  $\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ W/(m}^2 \text{ K}^4)$

## Termodinamica applicata

Per trovare lo stato del vapore in entrata ho bisogno delle condizioni del liquido saturo alla temperatura  $t_v$

$$h_\ell = c_\ell t = 628,05 \text{ kJ/kg}, \quad s_\ell = c_\ell \ln\left(\frac{T_v}{T_0}\right) = 1,83 \text{ kJ/(kg K)}$$

$$h_v = h_\ell (1 - x_v) + h_{vs} x_v = 1477 \text{ kJ/kg}$$

$$s_v = s_\ell (1 - x_v) + s_{vs} x_v = 3,82 \text{ kJ/(kg K)}$$

$$v_v = v_\ell (1 - x_v) + v_{vs} x_v = 0,1606 \text{ kJ/(kg K)}$$

$$A = \frac{\dot{m} v_v}{\bar{u}} = 0,3212 \text{ m}^2, \quad D = \sqrt{\frac{4A}{\pi}} = 0,6395 \text{ m}$$

$$q_v = \dot{m}_v (h_v - h_\ell) = 8488 \text{ kW}$$

$$h'_4 = 404 \text{ kJ/kg}, \quad h_1 = 226 \text{ kJ/kg}, \quad h_3 = 428 \text{ kJ/kg}, \quad h_4 = h_3 - (h_3 - h'_4) \eta_{ie} = 406,4 \text{ kJ/(kg K)}$$

$$\eta = \frac{h_3 - h_4}{h_3 - h_1} = 0,1069$$

$$P = q_v \cdot \eta = 907,61 \text{ kW}$$

$$|q_c| = q_v - P = 7580 \text{ KW}$$

$$\dot{S}_{irr} = \dot{m} (s_\ell - s_v) - \frac{\bar{q}_c}{T_0} = \dot{m} (s_\ell - s_v) + \frac{|q_c|}{T_0} = 5,57 \text{ kW/K}$$

## Trasmissione del calore

$$A_1 = \pi d_1 = 0,0314 \text{ m}^2, \quad A_2 = \pi d_2 = 0,0941 \text{ m}^2$$

$$R_1 = \frac{1 - \varepsilon}{A_1 \varepsilon} = 7,9581 \text{ m}^2, \quad R_2 = 0, \quad R_{12} = 1/A_1 = 31,831 \text{ m}^2$$

$$E_{n1} = \sigma T_1^4 = 56700 \text{ W/m}^2, \quad E_{n2} = \sigma T_2^4 = 3544 \text{ W/m}^2$$

$$q_1 = q_{12} = -q_2 = \frac{E_{n1} - E_{n2}}{R_1 + R_{12} + R_2} = \varepsilon A_1 (E_{n1} - E_{n2}) = 1336 \text{ W}$$

$$J_1 = E_{n1} - q_1 \cdot R_1 = 46069 \text{ W/m}^2$$

$$G_1 = J_1 - \frac{q_1}{A_1} = 3544 \text{ W/m}^2$$

$$J_2 = E_{n2} - q_2 \cdot R_2 = E_{n2} + q_1 \cdot R_2 = 3544 \text{ W/m}^2$$

$$G_2 = J_2 - \frac{q_2}{A_2} = J_2 + \frac{q_1}{A_2} = 17719 \text{ W/m}^2$$