

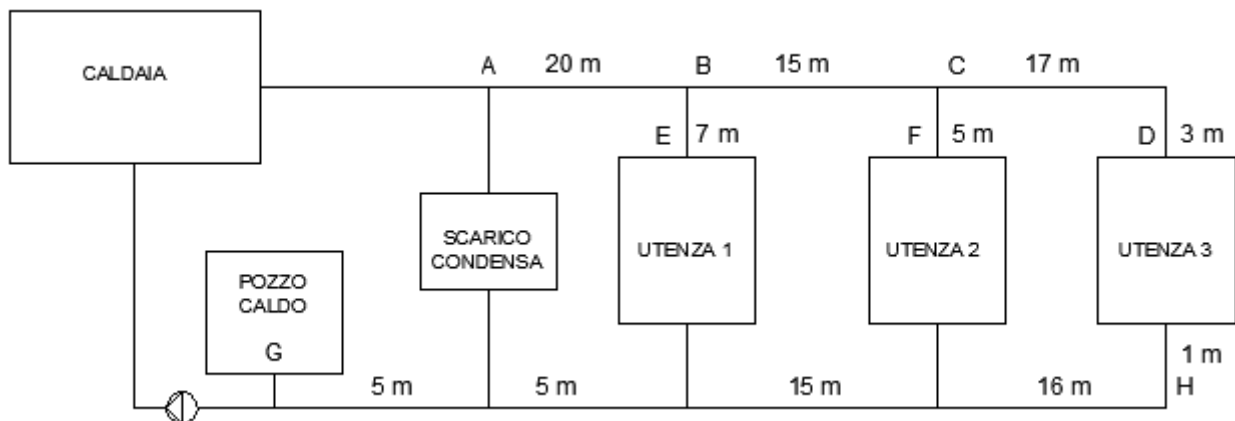
---

ESAME DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI INGEGNERE  
SECONDA SESSIONE 2016 – SEZIONE A  
SETTORE INDUSTRIALE  
Prova Pratica di Progettazione  
TEMA N. 10: MECCANICA-IMPIANTI

---

**Progetto di un impianto di produzione e distribuzione di vapore tecnologico**

Si consideri il seguente layout semplificato di un impianto di produzione e distribuzione di vapore tecnologico.



Dati e caratteristiche tecniche dell'impianto:

- Il vapore cede calore alle varie utenze:
  - Temperatura fluido in ingresso agli scambiatori utenze 1, 2 e 3: 90 °C;
  - Temperatura fluido in uscita dagli scambiatori utenze 1, 2 e 3: 115 °C;
  - Portata acqua utenze:  $G_1 = 500$  kg/h;  $G_2 = 1500$  kg/h;  $G_3 = 3000$  kg/h;
  - Il fluido lato utenza è acqua.
- Fattore di accidentalità  $\sum \beta = 2$  nei vari tratti.

---

ESAME DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI INGEGNERE  
SECONDA SESSIONE 2016 – SEZIONE A  
SETTORE INDUSTRIALE  
Prova Pratica di Progettazione  
TEMA N. 10: MECCANICA-IMPIANTI

---

In riferimento alle condizioni indicate:

- Il candidato realizzi il P&ID dell'impianto ed il relativo diagramma T-s motivando la presenza degli elementi di sicurezza e degli scaricatori d'aria;
- Considerando una differenza di temperatura fra vapore condensante e fluido in uscita alle utenze di 15 K e uno scambio in controcorrente rappresentare il diagramma di scambio termico. Considerando un coefficiente di scambio termico del vapore pari a  $2000 \text{ W/m}^2\text{K}$ , un coefficiente di scambio termico dell'acqua pari a  $200 \text{ W/m}^2\text{K}$ , uno spessore pari a 1 mm ed una conducibilità di  $60 \text{ W/mK}$  il candidato dimensiona i tre scambiatori;
- Considerando una pressione a valle del regolatore di pressione superiore di 0.5 bar rispetto alla pressione del vapore condensante, il candidato ricavi la pressione a monte del regolatore  $p_0$  per garantire un volano termico di 5 min avendo a disposizione 400 kg di acqua all'interno della caldaia;
- Il candidato dopo aver rappresentato graficamente il layout dell'impianto esponga i criteri per dimensionare le condotte di distribuzione del vapore. Dimensioni inoltre la rete di distribuzione del vapore supponendo una perdita di carico distribuita pari al 70% di quella totale ed utilizzando il diagramma allegato;
- Il candidato dimensiona il circuito più sfavorito della rete comune delle condense non considerando la produzione di vapore di flash che si ha in tale circuito. Si consideri una differenza di quota rispetto al pelo libero del pozzo caldo di 2 m e una pressione di 0.70 bar g a valle dello scaricatore di condensa in tale tratto;
- Il candidato calcoli la potenza della pompa posta nella rete delle condense supponendo che le perdite di carico siano pari al 15 % della differenza di pressione e trascurando la differenza di quota.

Per il calcolo il candidato consideri:

$$1 \text{ bar} = 10196.36 \text{ mm H}_2\text{O}$$

$$\nu_{\text{H}_2\text{O}} = 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$$

$$f_{\text{attrito}} = 0.0791 \text{ Re}^{-0.25}$$

Per ogni dato mancante fare riferimento a criteri di buon progetto.

ESAME DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI INGEGNERE  
 SECONDA SESSIONE 2016 – SEZIONE A  
 SETTORE INDUSTRIALE  
 Prova Pratica di Progettazione  
 TEMA N. 10: MECCANICA-IMPIANTI

**Allegato**

*Tabelle dei vapori saturi*

**Proprietà del vapore d'acqua saturo (ad una data temperatura)**

Temperatura t (°C)	Pressione p (bar)	Volume specifico		Densità		Entalpia specifica		Calore di vaporizzazione r (kJ/kg)	Entropia specifica	
		liquido v <sub>l</sub> (m <sup>3</sup> /kg)	vapore v <sub>v</sub> (m <sup>3</sup> /kg)	liquido ρ <sub>l</sub> (kg/m <sup>3</sup> )	vapore ρ <sub>v</sub> (kg/m <sup>3</sup> )	liquido h <sub>l</sub> (kJ/kg)	vapore h <sub>v</sub> (kJ/kg)		liquido s <sub>l</sub> [kJ/(kg K)]	vapore s <sub>v</sub> [kJ/(kg K)]
121	2.0491	0.0010612	0.8657	942.33	1.155	607.9	2700	2200	1.5385	7.1193
122	2.1144	0.0010621	0.8407	941.53	1.189	612.2	2709	2197	1.5492	7.1089
123	2.1814	0.0010630	0.8164	940.73	1.225	616.5	2710	2194	1.5599	7.0985
124	2.2502	0.0010640	0.7930	939.85	1.261	620.8	2712	2191	1.5706	7.0881
125	2.3208	0.0010649	0.7704	939.06	1.298	625.0	2713	2188	1.5814	7.0777
126	2.3932	0.0010658	0.7486	938.26	1.336	629.2	2715	2186	1.5922	7.0674
127	2.4674	0.0010668	0.7276	937.38	1.374	633.4	2716	2183	1.6029	7.0573
128	2.5434	0.0010677	0.7074	936.59	1.414	637.7	2718	2180	1.6135	7.0472
129	2.6213	0.0010687	0.6880	935.72	1.454	642.0	2719	2177	1.6240	7.0372
130	2.7011	0.0010697	0.6683	934.84	1.496	646.3	2721	2174	1.6354	7.0272
131	2.7829	0.0010707	0.6499	933.97	1.539	650.5	2722	2171	1.6450	7.0173
132	2.8668	0.0010717	0.6321	933.10	1.582	654.8	2723	2168	1.6555	7.0074
133	2.9528	0.0010727	0.6148	932.23	1.626	659.0	2724	2165	1.6659	6.9976
134	3.041	0.0010737	0.5981	931.36	1.672	663.2	2725	2162	1.6754	6.9878
135	3.130	0.0010747	0.5820	930.49	1.718	667.5	2727	2159	1.6859	6.9781
136	3.222	0.0010757	0.5664	929.63	1.765	671.8	2728	2156	1.6973	6.9685
137	3.317	0.0010767	0.5512	928.76	1.814	676.1	2730	2154	1.7078	6.9589
138	3.414	0.0010777	0.5366	927.90	1.864	680.4	2731	2151	1.7183	6.9493
139	3.513	0.0010788	0.5224	928.96	1.914	684.7	2733	2148	1.7278	6.9398
140	3.614	0.0010798	0.5087	928.10	1.966	689.0	2734	2145	1.7392	6.9304
141	3.717	0.0010808	0.4953	925.24	2.019	693.3	2735	2142	1.7496	6.9211
142	3.823	0.0010819	0.4824	924.30	2.073	697.6	2737	2139	1.7599	6.9117
143	3.931	0.0010829	0.4699	923.45	2.128	701.9	2738	2136	1.7702	6.9024
144	4.042	0.0010840	0.4579	922.51	2.184	706.2	2739	2133	1.7804	6.8932
145	4.155	0.0010851	0.4461	921.57	2.242	710.5	2740	2130	1.7907	6.8839
146	4.271	0.0010862	0.4347	920.64	2.300	714.8	2742	2127	1.8009	6.8747
147	4.389	0.0010873	0.4237	919.71	2.360	719.1	2743	2124	1.8112	6.8655
148	4.510	0.0010884	0.4130	918.78	2.421	723.4	2744	2121	1.8214	6.8564
149	4.634	0.0010895	0.4028	917.85	2.484	727.8	2745	2117	1.8316	6.8473
150	4.760	0.0010906	0.3928	916.93	2.547	732.2	2746	2114	1.8418	6.8383

ESAME DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI INGEGNERE  
 SECONDA SESSIONE 2016 – SEZIONE A  
 SETTORE INDUSTRIALE  
 Prova Pratica di Progettazione  
 TEMA N. 10: MECCANICA-IMPIANTI

**Proprietà del vapore d'acqua saturo (ad una data temperatura)**

Temperatura	Pressione	Volume specifico		Densità		Entalpia specifica		Calore di vaporizzazione	Entropia specifica	
		liquido	vapore	liquido	vapore	liquido	vapore		liquido	vapore
t [°C]	p [bar]	$v_l$ (m <sup>3</sup> /kg)	$v_v$ (m <sup>3</sup> /kg)	$\rho_l$ (kg/m <sup>3</sup> )	$\rho_v$ (kg/m <sup>3</sup> )	$h_l$ (kJ/kg)	$h_v$ (kJ/kg)	r (kJ/kg)	$s_l$ (kJ/kg K)	$s_v$ (kJ/kg K)
151	4.899	0.0010917	0.3827	916.00	2.612	636.6	2748	2111	1.8520	6.8293
152	5.020	0.0010928	0.3733	915.08	2.679	641.0	2749	2108	1.8522	6.8204
153	5.155	0.0010939	0.3641	914.16	2.746	645.3	2750	2105	1.8523	6.8115
154	5.293	0.0010950	0.3552	913.24	2.815	649.6	2752	2102	1.8524	6.8027
155	5.433	0.0010962	0.3466	912.24	2.885	653.9	2753	2099	1.8524	6.7940
156	5.576	0.0010974	0.3381	911.24	2.958	658.2	2754	2096	1.9025	6.7854
157	5.723	0.0010986	0.3299	910.25	3.030	662.5	2755	2092	1.9125	6.7768
158	5.872	0.0010998	0.3220	909.26	3.106	666.9	2756	2089	1.9226	6.7681
159	6.024	0.0011009	0.3143	908.35	3.182	671.2	2757	2086	1.9326	6.7595
160	6.180	0.0011021	0.3068	907.36	3.258	675.6	2758	2082	1.9427	6.7508
161	6.339	0.0011033	0.2996	906.37	3.338	679.9	2759	2079	1.9527	6.7421
162	6.502	0.0011044	0.2925	905.47	3.419	684.2	2760	2076	1.9627	6.7335
163	6.667	0.0011056	0.2856	904.49	3.500	688.6	2761	2072	1.9726	6.7250
164	6.836	0.0011069	0.2790	903.42	3.584	692.9	2762	2069	1.9825	6.7165
165	7.008	0.0011081	0.2726	902.45	3.670	697.3	2763	2066	1.9924	6.7081
166	7.183	0.0011094	0.2662	901.39	3.757	701.7	2764	2062	2.0023	6.6998
167	7.362	0.0011106	0.2600	900.41	3.846	706.1	2765	2059	2.0122	6.6915
168	7.545	0.0011119	0.2541	899.36	3.936	710.5	2667	2056	2.0221	6.6832
169	7.731	0.0011131	0.2483	898.39	4.027	714.8	2768	2053	2.0319	6.6749
170	7.920	0.0011144	0.2426	897.34	4.122	719.2	2769	2050	2.0417	6.6666
171	8.114	0.0011156	0.2371	896.38	4.218	723.5	2770	2046	2.0515	6.6583
172	8.311	0.0011169	0.2318	895.34	4.314	727.9	2771	2043	2.0614	6.6500
173	8.511	0.0011182	0.2266	894.29	4.413	732.3	2772	2040	2.0712	6.6418
174	8.716	0.0011195	0.2215	893.26	4.515	736.7	2773	2036	2.0811	6.6336
175	8.925	0.0011208	0.2166	892.22	4.617	741.1	2773	2032	2.0909	6.6256
176	9.137	0.0011221	0.2118	891.19	4.721	745.5	2774	2029	2.1008	6.6177
177	9.354	0.0011234	0.2071	890.15	4.829	749.9	2775	2025	2.1103	6.6097
178	9.574	0.0011248	0.2026	889.05	4.936	754.3	2776	2022	2.1201	6.6017
179	9.799	0.0011261	0.1982	888.02	5.045	758.7	2777	2018	2.1298	6.5938
180	10.027	0.0011275	0.1939	886.92	5.157	763.1	2778	2015	2.1395	6.5858

ESAME DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI INGEGNERE  
SECONDA SESSIONE 2016 – SEZIONE A  
SETTORE INDUSTRIALE  
Prova Pratica di Progettazione  
TEMA N. 10: MECCANICA-IMPIANTI

Allegato

Diagramma per il calcolo di condotte di vapore. (I valori di  $R$  sono espressi in  $\text{mm H}_2\text{O} / \text{m}$  mentre le rette inclinate del quadrante di sinistra sono graduate in termini di pressione media  $\text{kp/cm}^2$ )

