

Università degli Studi di Perugia

ESAME DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI INGEGNERE
SEZIONE A
SECONDA SESSIONE 2025 (NOVEMBRE)

**Prova pratica del 15 dicembre 2025 – Settore Industriale
Classe LM-33 – Ingegneria Meccanica**

TERNA n. 1

TEMA 1. Si dimensioni un impianto di condizionamento a tutt'aria per un generico ambiente nel quale si deve effettuare il ricircolo dell'aria (la camera di miscela è posta a monte della batteria di pre-riscaldamento BC1). Si considerino le seguenti condizioni termo-igrometriche di progetto dell'aria esterna:

Inverno: $T_{aria} = 3^{\circ}\text{C}$; RH = 70%

Estate: $T_{aria} = 33^{\circ}\text{C}$; RH = 50%

La sala ha una pianta rettangolare di dimensioni pari a 6 x 5 m ed altezza pari a 3 m e può contenere fino ad un massimo di 10 persone.

Si consideri una portata necessaria a garantire la purezza dell'aria interna di 12 m³/h per persona ed una umidità prodotta da ciascun occupante di 60 g/h in inverno e 80 g/h in estate.

Il carico termico esterno dell'ambiente da condizionare risulta essere pari a 14'500 W in inverno e 5'500 W in estate.

Nell'ipotesi che le singole persone sviluppino un carico di 120 W, che i macchinari presenti apportino un carico di 5 W/m² e che l'impianto di illuminazione, avente un'efficienza specifica di 95 lumen/W, assicuri un illuminamento di 500 lux sul piano orizzontale, si richiede:

1. disegnare sul diagramma psicrometrico allegato i trattamenti dell'aria e fare uno schema di unità di trattamento aria (UTA) compatibile con i trattamenti stessi;
2. definire il carico termico invernale ed estivo totale del locale;
3. determinare la portata d'aria dell'impianto di condizionamento e la massima portata di ricircolo ammissibile;
4. dimensionare le batterie dell'unità di trattamento dell'aria (UTA), adottando una portata di ricircolo pari al 70% di quella massima ammissibile;
5. determinare la potenza termica della caldaia e la potenza frigorifera del gruppo di refrigerazione ipotizzando un rendimento di 0.8 e un fattore di sicurezza pari al 20% della potenza calcolata;
6. calcolare la portata d'acqua necessaria per realizzare la trasformazione nell'umidificatore.

Dato lo schema dell'impianto riportato in Figura 1, ipotizzando un funzionamento solo nel periodo invernale con una temperatura di progetto dell'ambiente pari a 20°C e la temperatura di immissione dell'aria pari a 30°C, e canali a sezione rettangolare o quadrata, si richiede inoltre di:

7. calcolare la portata totale dell'impianto di condizionamento ($Y_{p,aria}=1005 \text{ J/kgK}$, $\rho_{aria}=1.225 \text{ kg/m}^3$);
8. dimensionare la singola bocchetta, nell'ipotesi che la velocità di progetto di immissione sia pari a 4 m/s e assumendo un fattore di contrazione (k) pari a 0.92;
9. dimensionare la rete di canali in ogni suo tratto, adottando il metodo delle perdite di carico distribuite costanti, utilizzando il diagramma in Figura 2.
10. valutare le perdite di carico totali gravanti sul circuito più sfavorito attraverso i dati riportati in Tab. 1.

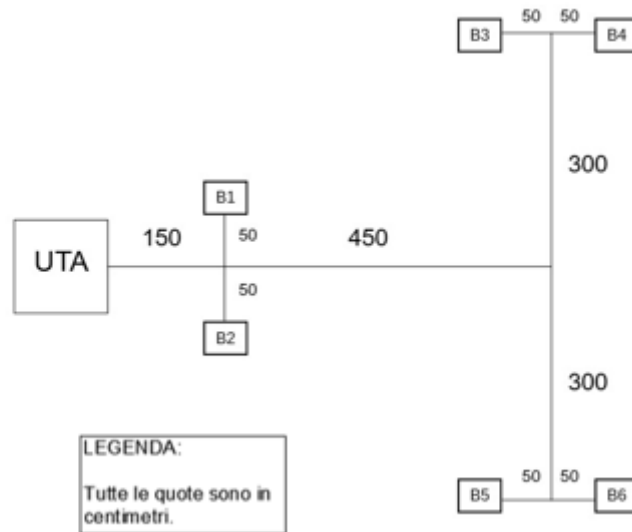


Figura 1. Schema d'impianto

Tabella 1. Coefficienti di perdita di carico concentrata.

TIPO	CARATTERISTICHE	ξ
ALLARGAMENTO DI SEZIONE	lenta variazione a mezzo divergente	0
	brusca variazione di A1 e A2	*
RESTRINGIMENTO DI SEZIONE	restringimento	0.2
CURVE	angolo=90°, canale circolare o quadrato	1.5
	angolo=90°, canale rettangolare	2
	angolo=90° arrotondato	1
	angolo=135°	0.5
	angolo=90°, $r/D < 5$ (r =raggio del raccordo, D =diametro equivalente)	0.3
	angolo=90°, $r/D > 5$ (r =raggio del raccordo, D =diametro equivalente)	0
CONFLUENZA O DIRAMAZIONE	confluenza o diramazione a T	3
	confluenza o diramazione a \perp	2.5
BOCCHETTA	Sezione rettangolare o quadrata	2.2
	Sezione circolare	1.8

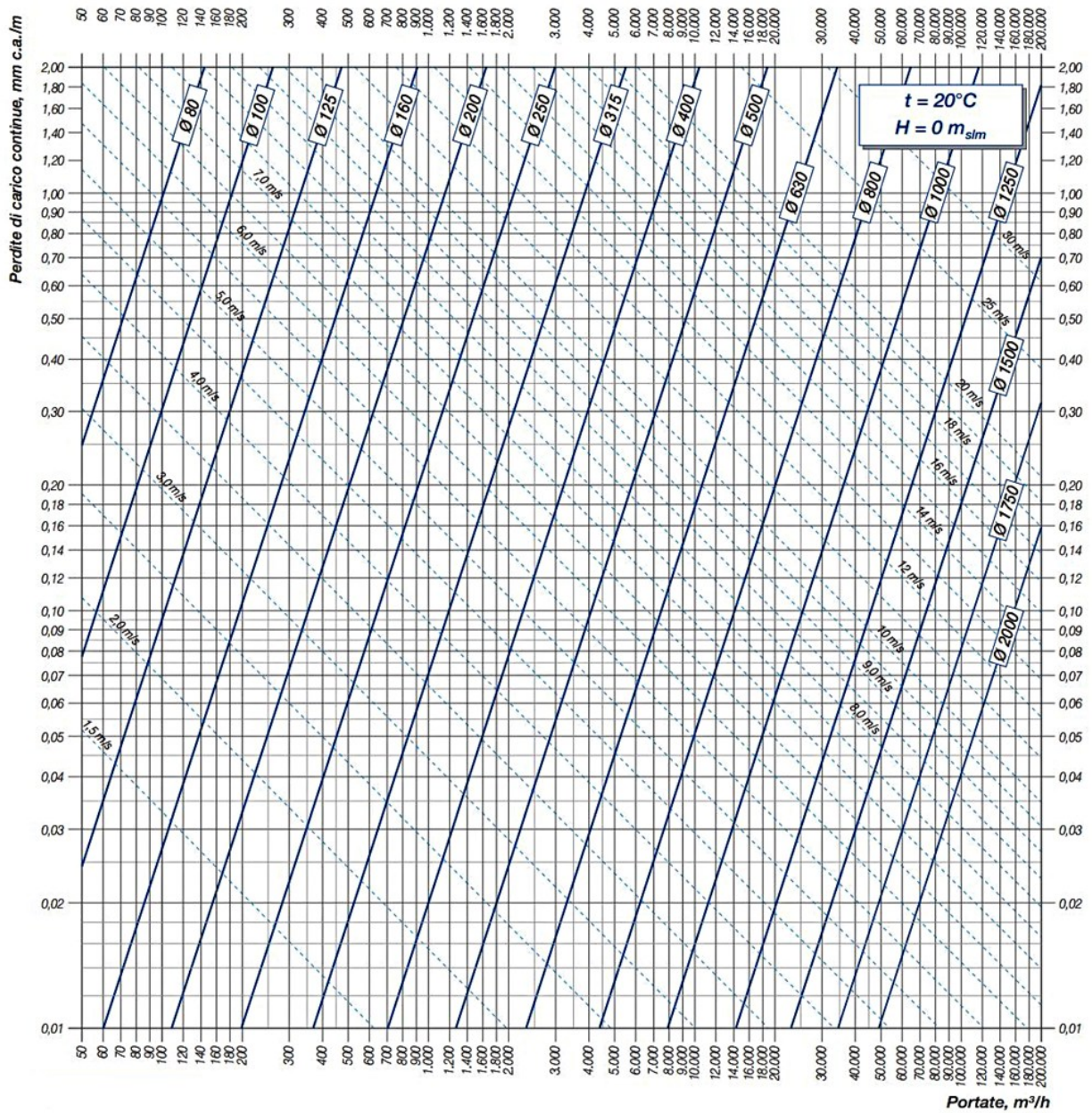


Figura 2. Diagramma portata/perdita di carico

Canali rettangolari: diametri equivalenti per la determinazione delle perdite di carico continue

<i>a, b = dimensioni rettangolo/quadrato, mm</i>		<i>Ø_e = diametro equivalente, mm</i>																<i>f = fattore correttivo velocità</i>	
<i>b</i>	<i>a</i>	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600	650	700	750	800	<i>a</i>	<i>b</i>	
100	Ø _e	109	133	152	169	183	195	207	217	227	236	245	253	261	268	275	Ø _e	100	
	f	0,94	0,93	0,91	0,89	0,87	0,86	0,84	0,82	0,81	0,80	0,79	0,77	0,76	0,75	0,74	f		
150	Ø _e	133	164	189	210	229	245	260	274	287	299	310	321	331	341	350	Ø _e	150	
	f	0,93	0,94	0,93	0,92	0,91	0,90	0,89	0,87	0,86	0,85	0,84	0,83	0,82	0,81	0,80	f		
200	Ø _e	152	189	219	244	266	286	305	321	337	352	365	378	391	402	414	Ø _e	200	
	f	0,91	0,93	0,94	0,94	0,93	0,92	0,91	0,90	0,89	0,88	0,87	0,86	0,86	0,85	0,84	f		
250	Ø _e	169	210	244	273	299	322	343	363	381	398	414	429	443	457	470	Ø _e	250	
	f	0,89	0,92	0,94	0,94	0,94	0,93	0,93	0,92	0,91	0,90	0,90	0,89	0,88	0,87	0,87	f		
300	Ø _e	183	229	266	299	328	354	376	400	420	439	457	474	490	506	520	Ø _e	300	
	f	0,87	0,91	0,93	0,94	0,94	0,94	0,93	0,93	0,92	0,92	0,91	0,90	0,90	0,89	0,89	f		
350	Ø _e	195	245	286	322	354	383	409	433	455	477	496	515	533	550	567	Ø _e	350	
	f	0,86	0,90	0,92	0,93	0,94	0,94	0,94	0,93	0,93	0,93	0,92	0,92	0,91	0,91	0,90	f		
400	Ø _e	207	260	305	343	378	409	437	464	488	511	533	553	573	592	609	Ø _e	400	
	f	0,84	0,89	0,91	0,93	0,93	0,94	0,94	0,94	0,93	0,93	0,93	0,92	0,92	0,92	0,91	f		
450	Ø _e	217	274	321	363	400	433	464	492	518	543	567	589	610	630	649	Ø _e	450	
	f	0,82	0,87	0,90	0,92	0,93	0,93	0,94	0,94	0,94	0,93	0,93	0,93	0,93	0,92	0,92	f		
500	Ø _e	227	287	337	381	420	455	488	518	547	573	598	622	644	666	687	Ø _e	500	
	f	0,81	0,86	0,89	0,91	0,92	0,93	0,94	0,94	0,94	0,94	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	f		
550	Ø _e	236	299	352	398	439	477	511	543	573	601	628	653	677	700	722	Ø _e	550	
	f	0,80	0,85	0,88	0,90	0,92	0,93	0,93	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,93	0,93	f		
600	Ø _e	245	310	365	414	457	496	533	567	598	628	656	683	708	732	755	Ø _e	600	
	f	0,79	0,84	0,87	0,90	0,91	0,92	0,93	0,93	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,93	f		
650	Ø _e	253	321	378	429	474	515	553	589	622	653	683	711	737	763	787	Ø _e	650	
	f	0,77	0,83	0,86	0,89	0,90	0,92	0,92	0,93	0,93	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	f		
700	Ø _e	261	331	391	443	490	533	573	610	644	677	708	737	765	792	818	Ø _e	700	
	f	0,76	0,82	0,86	0,88	0,90	0,91	0,92	0,93	0,93	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	f		
750	Ø _e	268	341	402	457	506	550	592	630	666	700	732	763	792	820	847	Ø _e	750	
	f	0,75	0,81	0,85	0,87	0,89	0,91	0,92	0,92	0,93	0,93	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	f		
800	Ø _e	275	350	414	470	520	567	609	649	687	722	755	787	818	847	875	Ø _e	800	
	f	0,74	0,80	0,84	0,87	0,89	0,90	0,91	0,92	0,93	0,93	0,93	0,94	0,94	0,94	0,94	f		
850	Ø _e	282	359	424	482	534	582	626	668	706	743	778	811	842	872	901	Ø _e	850	
	f	0,74	0,79	0,83	0,86	0,88	0,89	0,91	0,92	0,92	0,93	0,93	0,94	0,94	0,94	0,94	f		
900	Ø _e	289	367	435	494	548	597	643	686	726	763	799	833	866	897	927	Ø _e	900	
	f	0,73	0,79	0,82	0,85	0,87	0,89	0,90	0,91	0,92	0,92	0,93	0,93	0,94	0,94	0,94	f		
950	Ø _e	295	376	445	506	561	612	659	703	744	783	820	855	889	921	952	Ø _e	950	
	f	0,72	0,78	0,82	0,85	0,87	0,88	0,90	0,91	0,92	0,92	0,93	0,93	0,93	0,94	0,94	f		
1000	Ø _e	301	384	454	517	574	626	674	719	762	802	840	876	911	944	976	Ø _e	1000	
	f	0,71	0,77	0,81	0,84	0,86	0,88	0,89	0,90	0,91	0,92	0,92	0,93	0,93	0,93	0,94	f		
1100	Ø _e	313	399	473	538	598	652	703	751	795	838	878	916	953	988	1.022	Ø _e	1100	
	f	0,70	0,76	0,80	0,83	0,85	0,87	0,88	0,89	0,90	0,91	0,92	0,92	0,93	0,93	0,93	f		
1200	Ø _e	324	413	490	558	620	677	731	780	827	872	914	954	993	1.030	1.065	Ø _e	1200	
	f	0,69	0,74	0,79	0,82	0,84	0,86	0,87	0,89	0,90	0,90	0,91	0,92	0,92	0,93	0,93	f		
1300	Ø _e	334	426	506	577	642	701	757	808	857	904	948	990	1.031	1.069	1.107	Ø _e	1300	
	f	0,67	0,73	0,77	0,80	0,83	0,85	0,86	0,88	0,89	0,90	0,90	0,91	0,92	0,92	0,92	f		
1400	Ø _e	344	439	522	595	662	724	781	835	886	934	980	1.024	1.066	1.107	1.146	Ø _e	1400	
	f	0,66	0,72	0,76	0,79	0,82	0,84	0,86	0,87	0,88	0,89	0,90	0,91	0,91	0,92	0,92	f		
1500	Ø _e	353	452	536	612	681	745	805	860	913	963	1.011	1.057	1.100	1.143	1.183	Ø _e	1500	
	f	0,65	0,71	0,75	0,79	0,81	0,83	0,85	0,86	0,87	0,88	0,89	0,90	0,91	0,91	0,92	f		
1600	Ø _e	362	463	551	629	700	766	827	885	939	991	1.041	1.088	1.133	1.177	1.219	Ø _e	1600	
	f	0,64	0,70	0,74	0,78	0,80	0,82	0,84	0,85	0,87	0,88	0,89	0,89	0,90	0,91	0,91	f		
1700	Ø _e	371	475	564	644	718	785	849	908	964	1.018	1.069	1.118	1.164	1.209	1.253	Ø _e	1700	
	f	0,64	0,69	0,74	0,77	0,79	0,81	0,83	0,85	0,86	0,87	0,88	0,89	0,89	0,90	0,91	f		
1800	Ø _e	379	485	577	660	735	804	869	930	988	1.043	1.096	1.146	1.195	1.241	1.286	Ø _e	1800	
	f	0,63	0,69	0,73	0,76	0,79	0,81	0,82	0,84	0,85	0,86	0,87	0,88	0,89	0,90	0,90	f		
1900	Ø _e	387	496	590	674	751	823	889	952	1.012	1.068	1.122	1.174	1.224	1.271	1.318	Ø _e	1900	
	f	0,62	0,68	0,72	0,75	0,78	0,80	0,82	0,83	0,85	0,86	0,87	0,88	0,88	0,89	0,90	f		
2000	Ø _e	395	506	602	688	767	840	908	973	1.034	1.092	1.147	1.200	1.252	1.301	1.348	Ø _e	2000	
	f	0,61	0,67	0,71	0,74	0,77	0,79	0,8	0,83	0,84	0,85	0,86	0,87	0,88	0,89	0,89	f		
2200	Ø _e	410	525	625	715	797	874	945	1.013	1.076	1.137	1.195	1.251	1.305	1.356	1.406	Ø _e	2200	
	f	0,60	0,66	0,70	0,73	0,76	0,78	0,80	0,81	0,83	0,84	0,85	0,86	0,87	0,88	0,88	f		

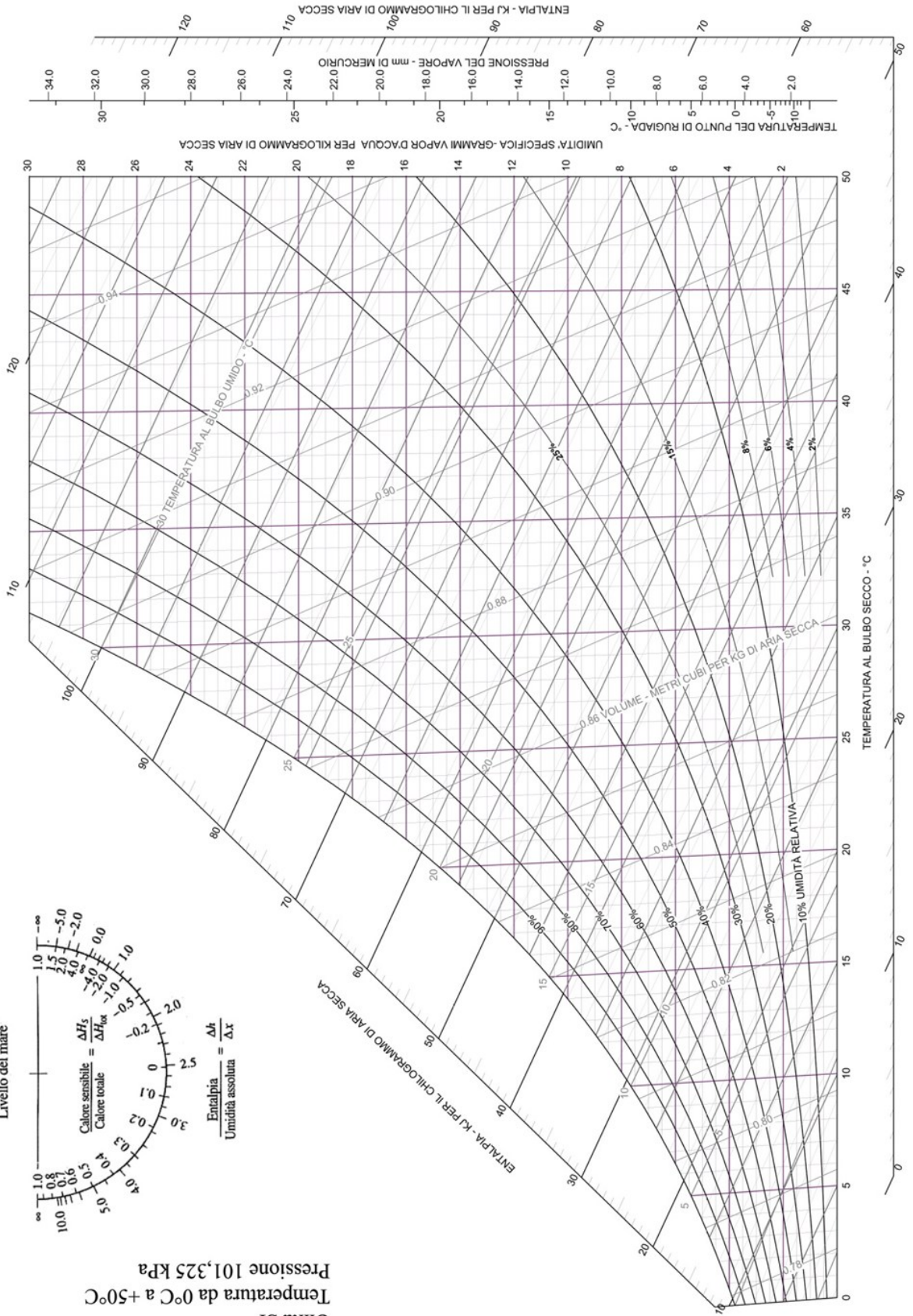
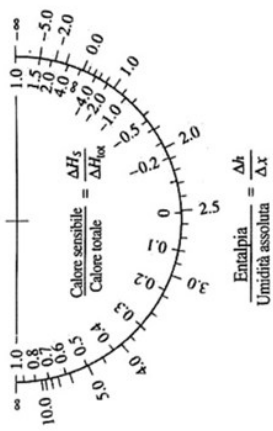
Diagramma Psicrometrico

Unità SI

Temperatura da 0°C a +50°C

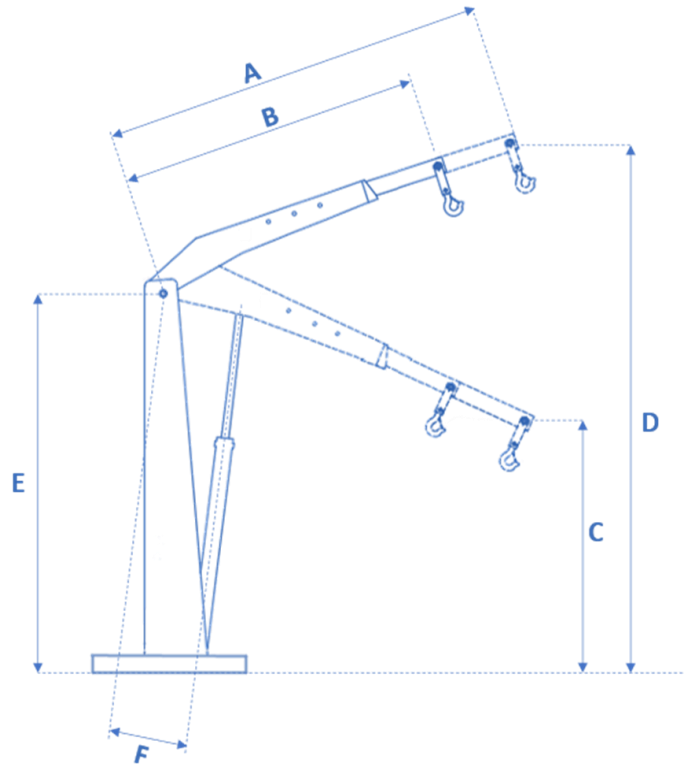
Pressione 101,325 kPa

Livello del mare



TEMA 2. Il candidato svolga in alternativa una tra le seguenti due tracce **2a)** e **2b)**.

2a) Si esegua il dimensionamento statico dei componenti principali della gru a gancio schematizzata in figura considerando un coefficiente di sicurezza sul carico pari a 1,5. Il disegno sottostante (che è solo esemplificativo e non è in scala) deve essere visto dal candidato come uno schema di funzionamento del braccio stesso. Gli unici vincoli progettuali sono quelli riportati in calce alla figura. Il candidato è quindi libero di scegliere autonomamente tutti gli altri parametri utili e/o necessari al corretto dimensionamento.



A: 1910 mm

B: 1460 mm

C: 315 mm

D: 3110 mm

E: 1990 mm

F: tra 200 mm e 500 mm

Si consideri una portata massima pari a 500 kg. L'estensione del braccio è manuale e deve poter essere regolata su tre posizioni equidistanti. Deve essere previsto un semplice dispositivo meccanico anti-sfilamento per impedire l'estrazione accidentale del braccio (es. perno di sicurezza); tale dispositivo deve essere dimensionato per sopportare le massime forze ipotizzabili in esercizio.

Il dimensionamento deve comprendere

- La scelta dei profilati
- La verifica dei perni
- L'eventuale verifica delle saldature/bullonature
- La progettazione del sistema di ancoraggio al terreno

Deve essere eseguito un disegno complessivo di massima con le sezioni utili all'individuazione delle scelte progettuali effettuate.

Per la realizzazione della gru, si consideri un acciaio S235JR con tensione di rottura pari a 360 MPa, snervamento 235 MPa e tensione ammissibile pari a 160 MPa.

2b) Supponendo di voler automatizzare la gru a gancio riportata nella traccia 2a, si progetti il sistema di attuazione e controllo per il meccanismo di sollevamento ed estensione del braccio della gru a gancio (si usino i vincoli dimensionali e la portata indicata nella traccia 2a). Il candidato dovrà progettare e giustificare le scelte meccaniche e mecatroniche necessarie per sollevare, muovere e bloccare l'estensione del braccio in sicurezza e con le prestazioni richieste.

In particolare, si richiede di:

1. Determinare la forza e la corsa necessarie per i pistoni o attuatori che realizzano il sollevamento ed estensione, tenendo conto dei momenti generati dal carico e dal braccio in tutte le posizioni operative.
2. Progettare l'architettura di azionamento (idraulico, pneumatico o elettromeccanico) motivandone la scelta) e dimensionare i componenti principali.
3. Progettare il sistema di controllo che garantisca l'estensione del braccio nelle posizioni predefinite nella traccia 2a, comprensivo di sensori e loop di controllo.

Altri dati eventualmente necessari possono essere ipotizzati dal candidato.

TEMA 3. Si consideri un impianto per la produzione di energia elettrica mediante ciclo combinato gas-vapore, di potenza totale pari a 430 MW, il cui schema è rappresentato in figura.

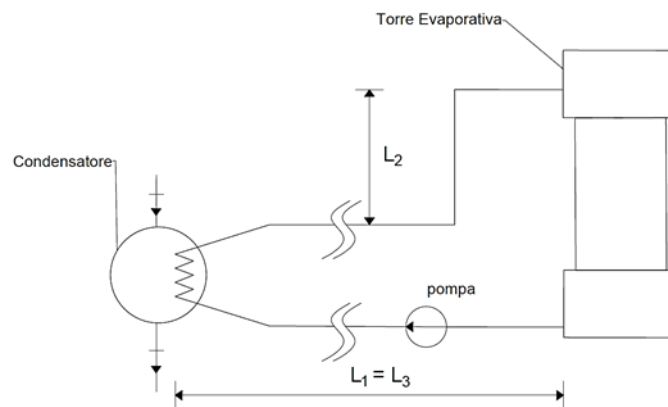
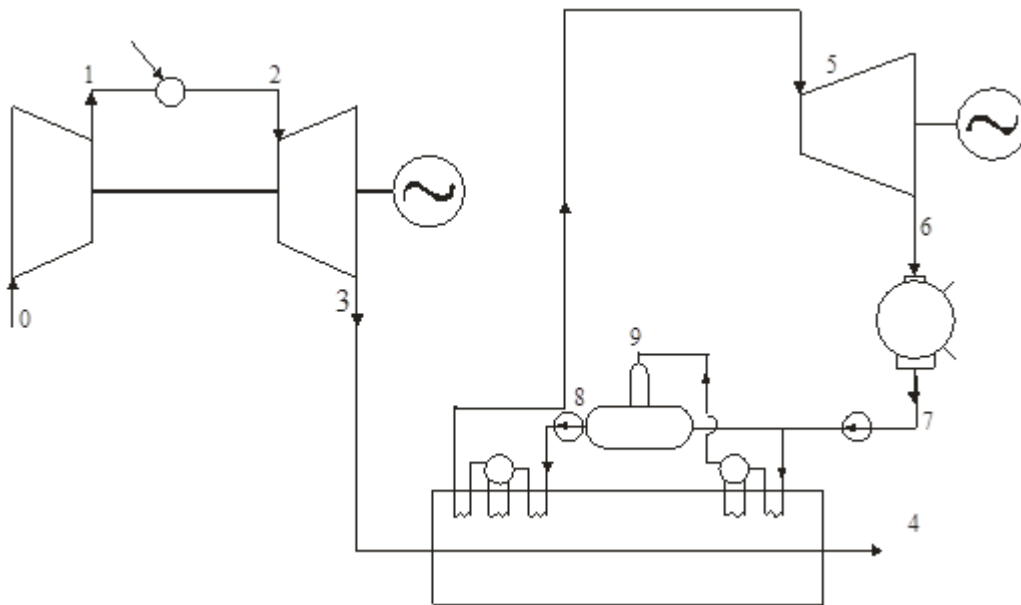
Facendo riferimento ai dati in tabella si:

- disegni il diagramma T-s e di scambio termico nella caldaia a recupero;
- determinino le potenze elettriche prodotte separatamente da turbogas e turbina a vapore;
- calcoli il rendimento elettrico dell'intero impianto;
- calcoli la temperatura dei fumi al camino;
- valuti la potenza termica da smaltire al condensatore.

Si calcoli inoltre la potenza assorbita dalla pompa asservita al circuito condensatore-torre evaporativa, facendo riferimento ai seguenti dati ed al relativo schema d'impianto:

- temperatura di ingresso e uscita acqua al condensatore, T_{wi} : 15°C, T_{wu} : 50°C
- perdita di carico complessiva nel condensatore (lato acqua): 1.8 bar
- pressione (relativa) richiesta all'ingresso della torre evaporativa, a monte degli ugelli: 1.4 bar
- tratti rettilinei del circuito: $L_1 = L_3 = 12\text{m}$, L_2 : 8m
- per le perdite concentrate si assumano 5 curve a 90°.

Si assumano valori tecnicamente accettabili per tutte le grandezze non indicate.



Dati Turbogas	Dati vapore
$T_0 = 288 \text{ K};$ $P_0 = 1 \text{ bar}$ $b = 18;$ $TIT = 1500 \text{ K}$ $h_c = 0.84$ $h_T = 0.9$ $h_{alt} = 0.98$	Pressione massima caldaia = 70 bar Temperatura surriscaldato = 500°C Pressione di esercizio del degasatore = 4.5 bar $h_T = 0.89;$ $h_{alt} = 0.98$ $DT_{PP \text{ caldaia}} = 25 \text{ }^\circ\text{C}$ Pressione esercizio del condensatore = 0.06 bar
Combustibile: LHV= 48 000 kJ/kg Aria: K=1.376 R=288 J/kg K Fumi: K=1.3184 R=293 J/kg K	