

POLITECNICO DI TORINO
ESAMI DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALL'ESERCIZIO DELLA PROFESSIONE
DI INGEGNERE INDUSTRIALE

I Sessione 2013 - Sezione A

Settore Industriale

Prova pratica del 4 settembre 2013

Il candidato svolga uno a scelta fra i seguenti temi proposti:
(indicare sulla busta il numero del tema svolto)

Tema n. 1

Decollo, lunghezza di pista bilanciata e velocità minime di controllo di un Airbus A300-600

Per un bireattore Airbus A300-600 di cui si forniscono a parte le principali caratteristiche, si chiede di:

- 1 – Calcolare la velocità minima di distacco (minimum unstick speed) V_{MU} e la velocità di decollo (lift-off speed) V_{LOF} a pieno carico.
- 2 – Calcolare tempi e spazi di decollo a pieno carico a quota z_{ISA} di metri zero su un ostacolo di altezza 25 metri. Il coefficiente di attrito funzione della velocità ha una parte costante che si assumere eguale a 0.015 (calcestruzzo rugoso).
- 3 – Diagrammare per il velivolo in esame l'accelerazione di rullaggio a_r con spinta di mezzata in funzione della velocità di rullaggio, supponendo cioè la piantata di un motore in fase decollo.
- 4 – Diagrammare la decelerazione a_f di frenatura supponendo che questa avvenga senza spinta inversa, ma con la sola frenatura sulle ruote, assumendo un coefficiente di aderenza funzione della velocità la cui parte statica sia pari a 0.80 (calcestruzzo rugoso).
- 5 – Calcolare la velocità di decisione V adoperando un metodo iterativo nel quale di volta in volta si assumono per l'accelerazione di rullaggio a_r e per la decelerazione a_f di frenatura valori costanti medi relativi alle due fasi di accelerazione e decelerazione rispettivamente
- 6 – Calcolare la lunghezza di pista bilanciata relativa al velivolo in esame.

Nota: L'Airbus A300-600 ha dieci ruote, il coefficiente di resistenza al moto di rotolamento (Lausetti, *Decollo e Atterramento*, L&B, 1992, pagina 8) può essere espresso empiricamente come

$$\sigma_r = \sigma_0 + k_p \frac{q_r V^2}{g p_p D_p^3}$$

dove σ_0 è la parte statica del coefficiente di attrito, q_r è il peso gravante sulla ruota, D_p il diametro esterno degli pneumatici, p_p la pressione di gonfiamento degli pneumatici, V la velocità di traslazione e $k_p=0.0020$ è un coefficiente adimensionale.

AIRBUS A300-600

Dimensioni

Apertura alare $b=44.84$ m
 Lunghezza totale $L=50.08$ m
 Altezza massima
 a terra $h_0=16.62$ m
 Altezza massima
 in volo $h=15.36$ m

Raggi d'inerzia
 in volo $\left\{ \begin{array}{l} \rho_{xx}=6.7 \text{ m} \\ \rho_{yy}=8.8 \text{ m} \\ \rho_{zz}=10.4 \text{ m} \end{array} \right.$
 (carr. retr.)
 Raggi d'inerzia
 al suolo $\left\{ \begin{array}{l} \rho_{xx}=6.8 \text{ m} \\ \rho_{yy}=8.9 \text{ m} \\ \rho_{zz}=10.4 \text{ m} \end{array} \right.$
 (carr. abb.)

Ascissa baric.
 su corda m. $x_G/c=0.30$
 Distanza baric.-
 fuoco imp. vert. $a_v=26$ m

Distanza baric.-
 fuoco impenn.
 orizzontale $a=25.12$ m
 Angolo di seduta $\phi=12.2^\circ$

Ala

Superficie alare $S=260$ m²
 Apertura alare $b=44.84$ m
 Allungamento alare $\lambda=7.73$
 Calettamento ala-
 fusoliera (risp.
 assi portanza
 nulla) $\alpha_0=5^\circ$

Alettoni

Superficie (cad.) $S_a=7.06$ m²
 Estensione
 in corda $c_a/c_0=0.18$

Impennaggio orizzontale

Apertura $b_c=16.26$ m
 Superficie totale $S_c=64$ m²
 Superficie equil. $S_e=19.6$ m²
 Estensione in
 corda $c_e/c_c=0.32$
 Diedro longit. $\Delta=6^\circ$

Impennaggio verticale

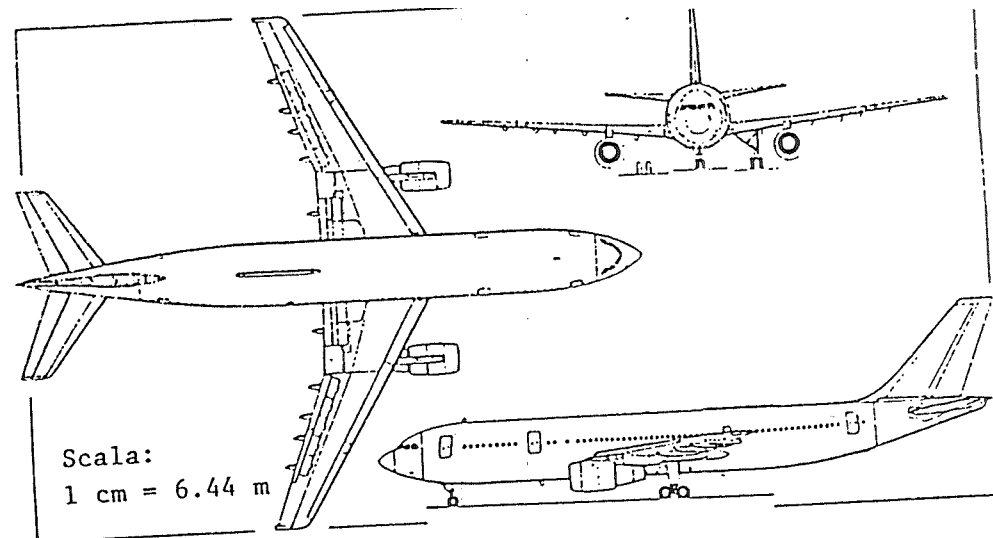
Superficie totale $S_v=45.2$ m²
 Allungamento geom. $\lambda_v=1.3$
 Superficie timone $S_t=13.57$ m²
 Estensione in
 corda $c_t/c_v=0.33$
 Parametro funz.
 di (S_t/S_v) $K=0.37$

Fusoliera

Lunghezza $L_f=53.3$ m
 Volume totale $D=1000$ m³
 Diametro massimo $\phi_f=5.64$ m
 Coeff. angolare
 di devianza $C'_y=1.12$
 (rif. a $D^2/3$)
 Parametro funz.
 di (L_f/ϕ_f) $(1-\zeta)=0.95$

Caratteristiche aerodinamiche

Coeff. di resistenza min.
 in volo ($Ma \leq 0.75$) $C_{RO}=0.017$
 con freni aer.
 aperti $C_{Rf}=0.084$
 al decollo $C_{Rd}=0.037$
 all'atterram. $C_{Ra}=0.110$



Aumento del C_{RO} in regime
 trans. ($0.75 < Ma < 0.95$)
 $\Delta C_{RO} = 0.2 (Ma - 0.75)^2$

Coeff. di port. massima
 senza ipersost. $C_{Pm}=1.36$
 al decollo $C_{Pd}=2.32$
 all'atterram. $C_{Pa}=2.00$
 Coeff. di port. di
 rull. al dec. $C_{Pr}=1.44$
 Fattore di Ostwald $e=0.90$
 Coeff. di momento focale
 dell'ala in volo $C_{MO}^*=-0.023$
 ($Ma \leq 0.75$)

Pesi

Peso a vuoto oper. $Q_{VO}=89$ Tn
 Peso mass. al dec. $Q_d=165$ Tn
 Peso mass. all'att. $Q_a=138$ Tn
 Carico comm. mass. $J_m=41$ Tn
 Carico di combust.
 massimo $G_m=50.5$ Tn

Pneumatici

Pressione di gonf. $p=14$ kg/cm²

Apparato propulsore

2 turbofan Pratt & Whitney
 JT9D-7R4H1 a due alberi
 Diametro $\phi_t=2.463$ m
 Lunghezza $L_t=3.371$ m
 Peso a secco $q_t=4029$ kg
 Dist. assi gond.
 motr.-piano
 simm. aereo $y_g=8$ m
 Rapp. compress. $\beta=26.7:1$
 Rapp. di by-pass $\tau=1:4.8$
 Caratteristiche di impiego
 Spinta statica
 a quota zero $T_{SO}=25 \times 2=50$ Tn
 N° mass. giri $n_{SO}=8000$ g/l'
 Cons. spec. st.
 a quota zero $k_{SO}=0.419$ $\frac{\text{kg}}{\text{kg h}}$
 Vel. effl. ug. $w_g=530$ m/s
 Vel. effl. aria
 by-pass a vel. cr. $w_a=290$ m/s
 Spinta inversa $T_i=7 \times 2=14$ Tn

Pneumatici

Diametro est. $d=0.8$ m

Tema n. 2

Un'azienda ospedaliera intende sostituire gli elettrobisturi presenti all'interno dei blocchi operatori di chirurgia generale, ginecologica ed ortopedica in quanto, data l'anzianità dei dispositivi, gli interventi di manutenzione preventiva sono diventati troppo frequenti.

- Predisporre il capitolato tecnico in base al quale i fornitori formuleranno le loro offerte, tenendo conto della necessità di dettagliare in modo accurato le caratteristiche degli elettrobisturi desiderati e di consentire un'agevole comparazione dei prodotti offerti. Il capitolato tecnico sarà costituito da una descrizione delle caratteristiche volute nella quale ad ogni caratteristica sarà attribuito un "indice" di importanza (potrebbe essere un indice variabile da 0 ad 1, da 0 a 100 o un semplice aggettivo, quale "bassa", "media" o "alta"). Oltre alla descrizione delle caratteristiche dovrà essere predisposta una tabella da utilizzare nella fase di comparazione, nella quale dovranno essere elencate in forma tabulare tutte le caratteristiche, i loro attributi e la loro importanza. Si definiscano inoltre le regole che saranno seguite per l'aggiudicazione, distinguendo tra aspetti legati alla "qualità" ed al "prezzo".

- Predisporre un programma di manutenzione preventiva per gli elettrobisturi che saranno acquisiti in seguito all'aggiudicazione della gara relativa al punto precedente, distinguendo tra interventi e verifiche eseguibili dall'operatore sanitario (primo livello) ed interventi e verifiche eseguibili dal personale del servizio di ingegneria clinica (secondo livello). Si elenchino tutti gli strumenti che dovranno essere disponibili all'interno del servizio di ingegneria clinica per effettuare le verifiche necessarie e si indichino, dove appropriato, gli intervalli di validità del valore delle variabili misurate.

Tema n. 3

Un generatore di calore ad uso industriale di potenzialità di 10MW è alimentato con biomassa legnosa avente le seguenti caratteristiche:

Densità apparente del legno in mucchio: 400 kg/m^3

Potere calorifico inferiore del legno al 12% di umidità: 15 MJ/kg

Composizione in peso del legno anidro

	% in peso
C	50,0
H	6,0
N	1,0
O	42,0
S	0,0
Ceneri	1,0

Il processo di combustione della biomassa legnosa produce un gas contenente i seguenti inquinanti, per i quali si possono considerare i fattori di emissione:

NO_x (espressi come NO_2) 250 mg/MJ

Polveri 150 mg/MJ

I limiti di emissione da rispettare al camino, riferiti al gas secco con un tenore di ossigeno pari al 11% in volume, sono:

NO_x (espressi come NO_2) 100 mg/Nm^3

Polveri 20 mg/Nm^3

NH_3 5 mg/Nm^3

La riduzione degli ossidi di azoto può essere attuata con ammoniaca in un reattore catalitico SCR, il catalizzatore fornisce una resa del 80% considerando una space velocity di 7000 h^{-1} a 230°C .

Le polveri possono essere trattate in un filtro a maniche, con maniche in feltro poliestere aventi diametro di 123 mm e altezza 2000 mm, con resa del 95% considerando una velocità di attraversamento di $0,023 \text{ m/s}$.

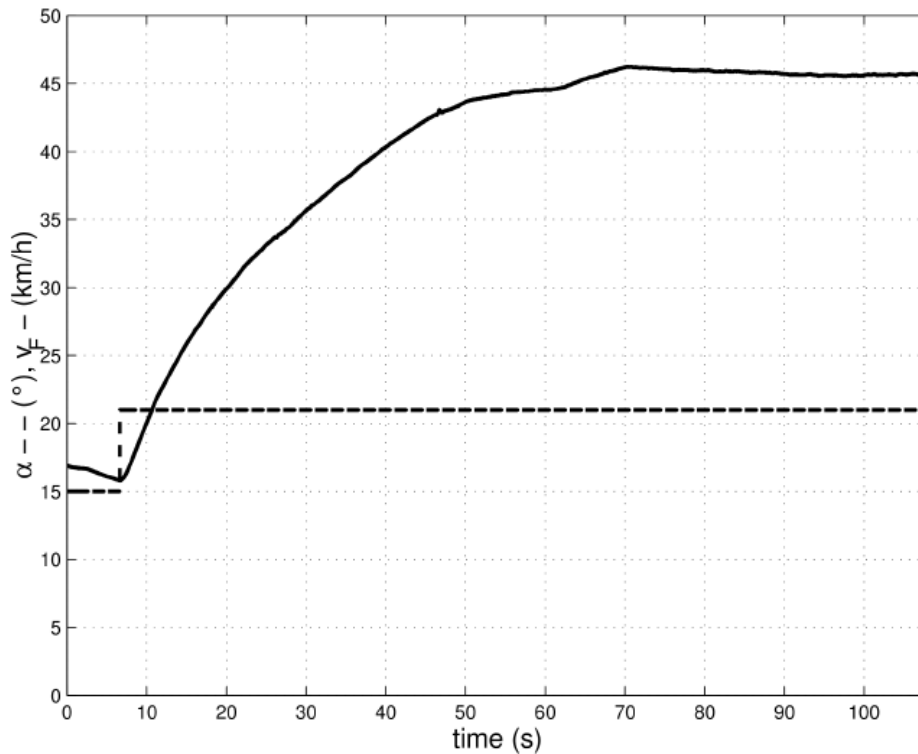
Il candidato predisponga lo schema di processo individuando le principali apparecchiature e i sistemi di controllo e strumentazione; inoltre dimensioni il reattore SCR e il sistema di abbattimento delle polveri, caratterizzando i flussi in ingresso e in uscita.

Tema n. 4

Il candidato progetti un controllo di velocità (cruise control) per un autoveicolo a benzina.

Prima parte

Si identifichi, relativamente all'impianto, un modello dinamico lineare alle variazioni sulla base della risposta al gradino rappresentata in figura, dove la linea tratteggiata rappresenta una variazione dell'angolo di apertura α della valvola a farfalla (ingresso dell'impianto) da 15° a 21° e la linea continua rappresenta la conseguente variazione di velocità v_F (uscita dell'impianto) in km/h.



Il candidato scelga l'ordine del modello in modo che sia minimo, pur riproducendo ragionevolmente bene l'andamento dell'uscita, e ne ricavi i valori numerici dei parametri argomentando le scelte fatte.

Seconda parte

Si ipotizzi che la valvola a farfalla¹ venga movimentata da un motore c.c. comandato in tensione e opportunamente retroazionato, descritto dalla funzione di trasferimento $\frac{\alpha(s)}{V_{in}(s)} = \frac{5}{1+s}$ e che la velocità del veicolo sia misurata tramite un trasduttore di velocità con uscita in tensione descritto dalla funzione di trasferimento $\frac{V_{out}(s)}{v_F(s)} = 0.1 \text{ V}/(\text{km h}^{-1})$.

Di conseguenza, a prescindere dai risultati ottenuti nella *Prima parte*, si assuma come modello complessivo dell'impianto la seguente funzione di trasferimento: $\frac{V_{out}(s)}{V_{in}(s)} = \frac{25}{(1+s)(1+25s)}$.

Il committente richiede il progetto di un dispositivo di controllo che soddisfi due requisiti:

1 – il veicolo deve muoversi esattamente alla velocità di riferimento (supposta costante) impostata dal guidatore;

¹ Si ricordi che l'angolo di apertura della valvola a farfalla è sempre compreso tra 0° e 90° .

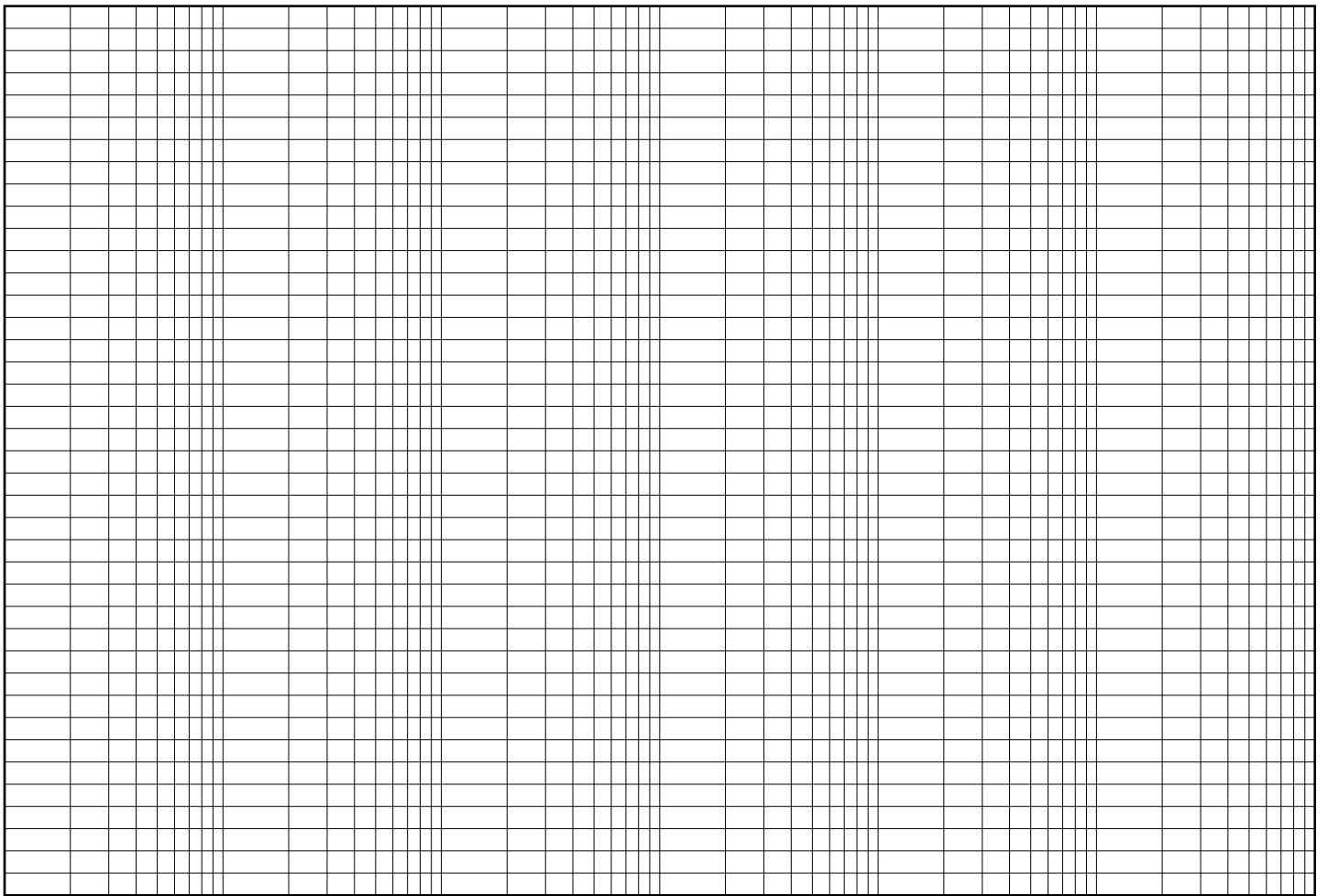
2 – se il guidatore aumenta la velocità di riferimento, il veicolo deve raggiungerla in un tempo ragionevolmente rapido, purché l'accelerazione non sia fastidiosa per gli occupanti del veicolo.

Il candidato trasformi questi due requisiti qualitativi in specifiche (come intese abitualmente in ambito controllistico), ed eventualmente ne aggiunga altre ritenute necessarie.

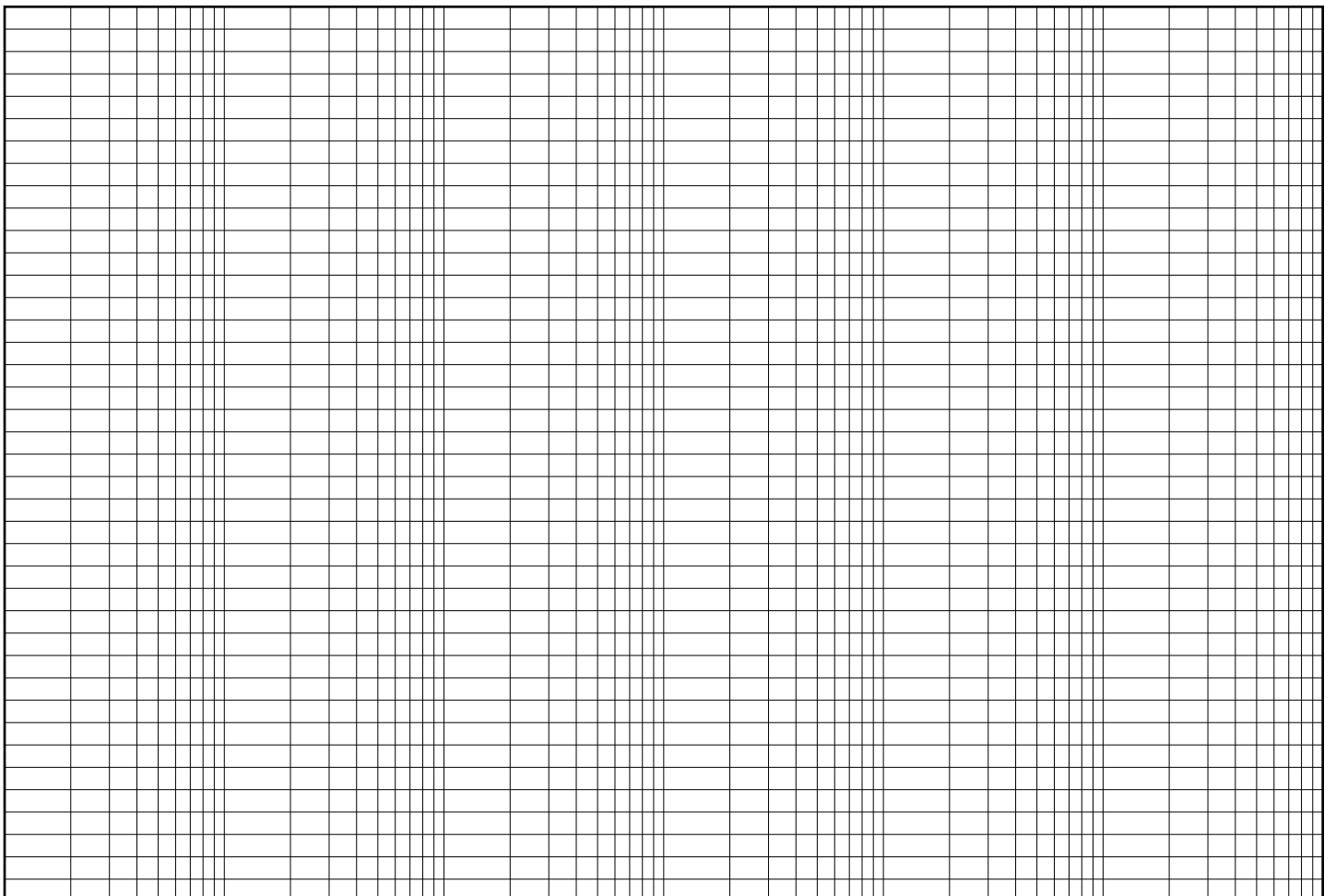
Quindi, sulla base delle specifiche da lui definite e del modello complessivo dell'impianto, progetti un dispositivo di controllo digitale, caratterizzandone la struttura e l'algoritmo; inoltre illustri le caratteristiche dei dispositivi di conversione A/D e D/A che intende utilizzare.

Nota: il tracciamento di diagrammi di Bode e/o di Nichols sia fatto sugli appositi fogli nelle pagine seguenti.

Carta semilogaritmica a 6 decadi

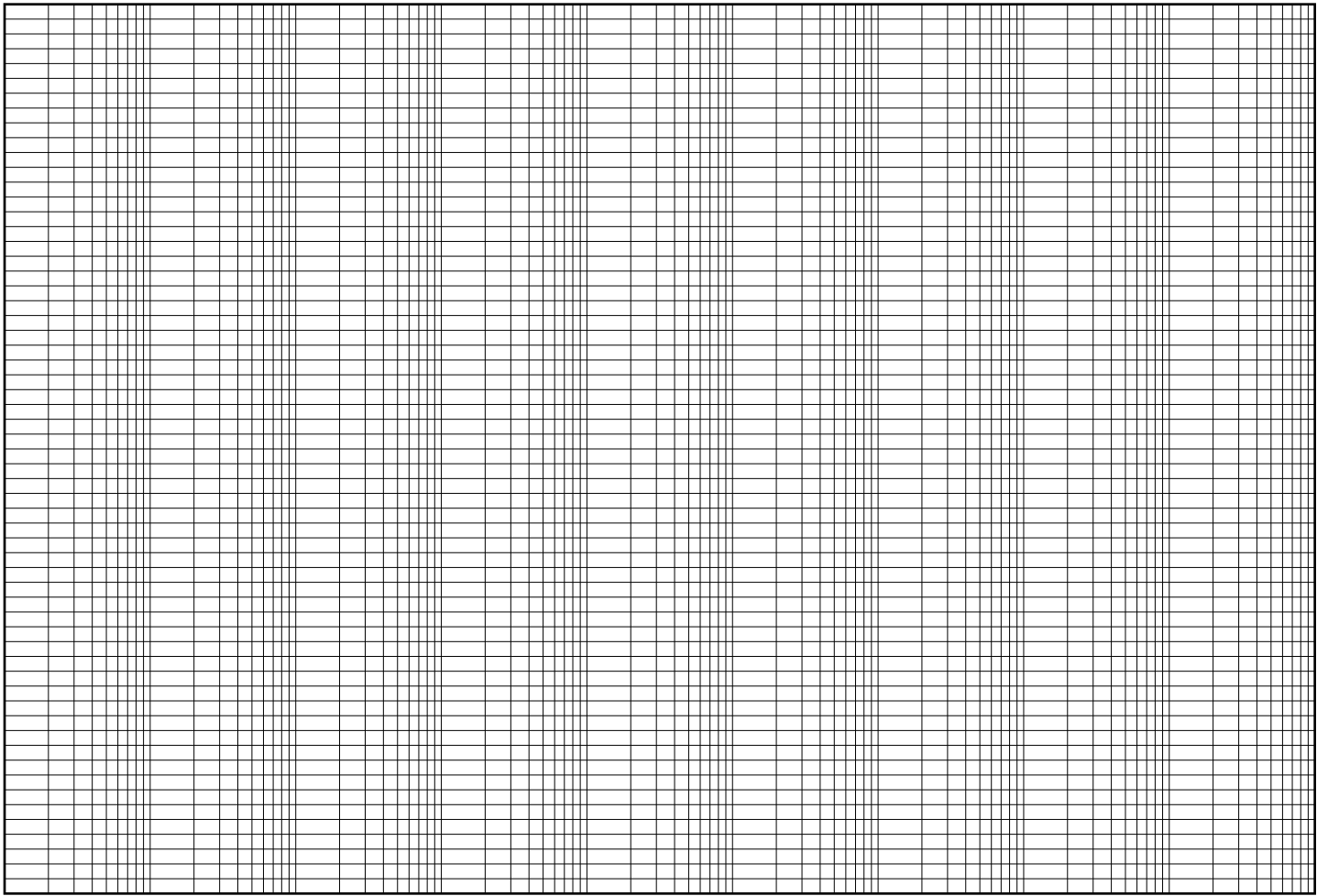


Pulsazione

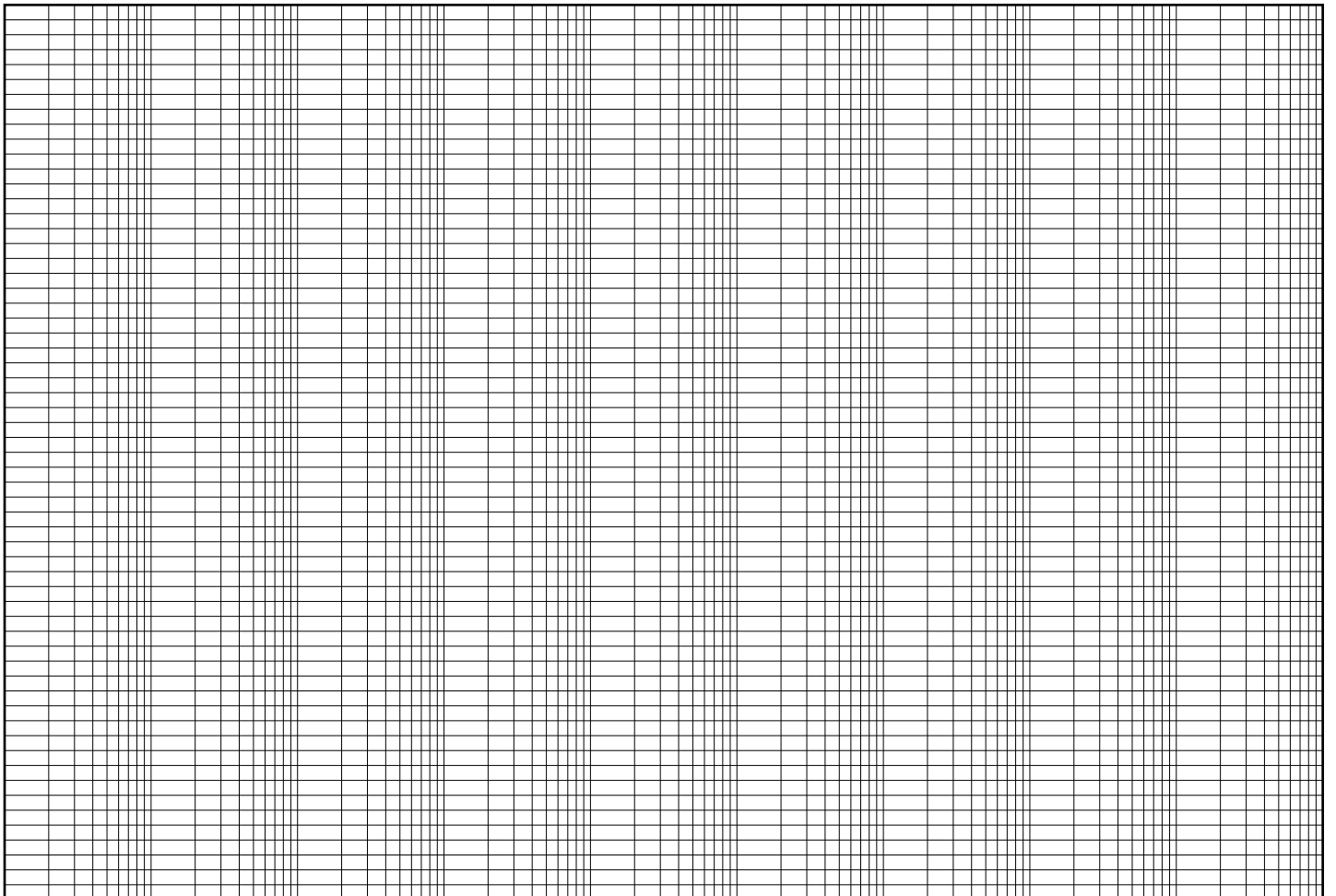


Pulsazione

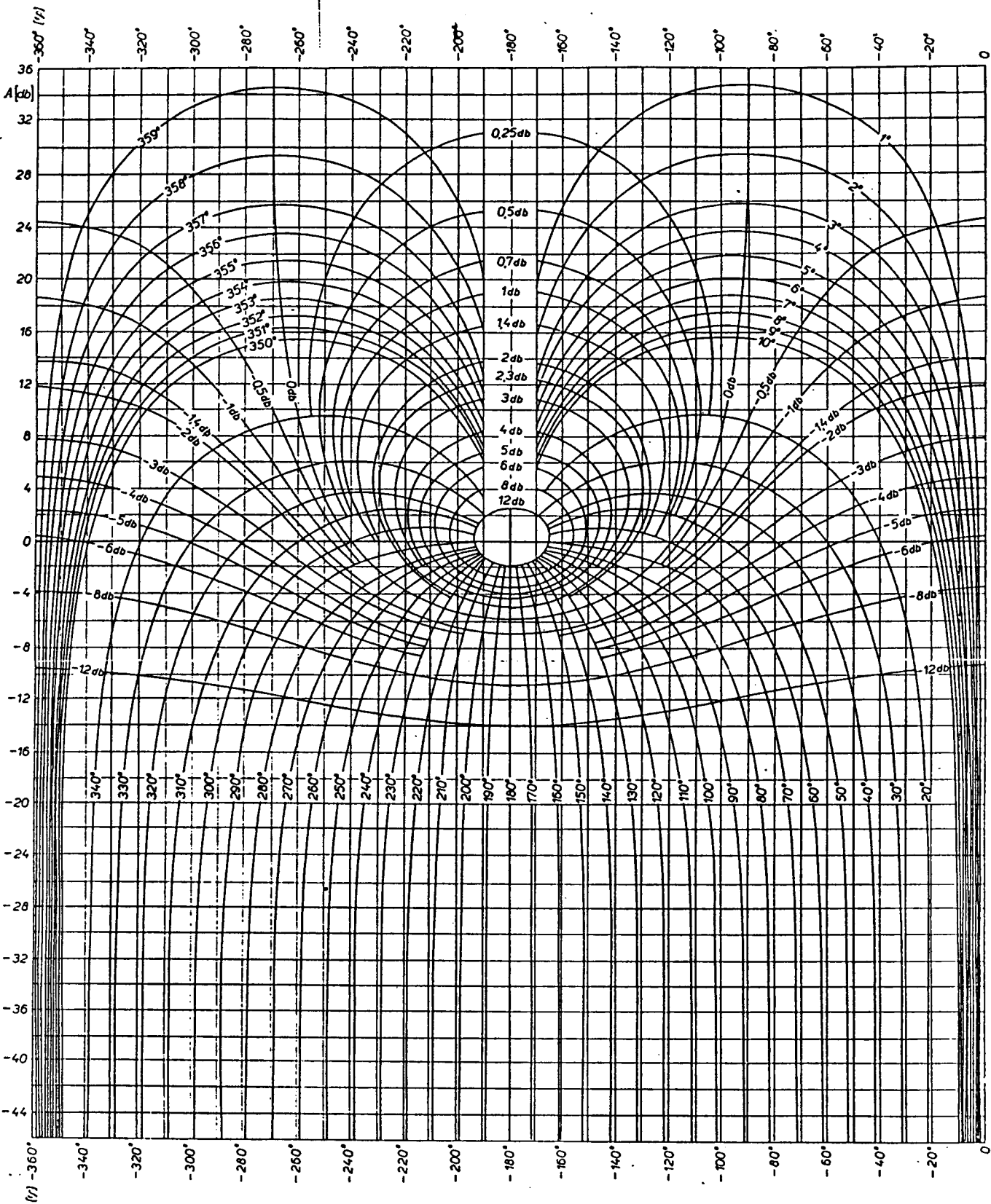
Carta semilogaritmica a 9 decadi



Pulsazione



Pulsazione



Tema n. 5

Si consideri un piccolo presidio ospedaliero da realizzare in un paese in via di sviluppo dell'Africa sub sahariana.

Il sito è completamente privo di infrastrutture quali linee elettriche pubbliche di distribuzione, acquedotti, fognature, ecc.

Il presidio ospedaliero insisterà su un'area di circa 1.000 m², su un solo piano fuori terra, e sarà organizzato con n° 2 sale operatorie, n° 2 ambulatori, locali tecnici e di servizio, n° 4 camere di degenza, sala mensa e cucina.

Tenendo conto delle peculiarità del sito, il presidio ospedaliero non sarà del tipo "occidentale" ma sarà realizzato con tecniche ed attrezzature compatibili con il sito, quindi con utilizzatori elettrici di potenza ridotta, diffuso utilizzo di apparecchiature a basso consumo, climatizzatori solo nelle 2 sale operatorie.

L'alimentazione elettrica sarà ricavata da un impianto fotovoltaico disposto sulla copertura dell'edificio, esercito in isola, collegato ad un gruppo di accumulatori ricaricabili, mentre sarà previsto un gruppo elettrogeno di emergenza.

Il candidato, sulla base degli studi e degli approfondimenti condotti, effettui le stime e le assunzioni necessarie e proceda:

1. al dimensionamento di massima degli impianti elettrici del presidio ospedaliero,
2. al dimensionamento dell'impianto fotovoltaico in copertura,
3. al dimensionamento del gruppo di accumulatori necessari a garantire un'autonomia di funzionamento della struttura per almeno 2 giorni in assenza di radiazione solare,
4. al dimensionamento del gruppo elettrogeno di emergenza.

illustrando nel dettaglio le problematiche affrontate e le scelte tecnico-economiche operate, con particolare riferimento al risparmio energetico; si consiglia di organizzare il lavoro predisponendo relazione tecnica e schemi a blocchi e unifilari, per meglio illustrare e dettagliare le scelte progettuali compiute;

Tutti gli elaborati prodotti dovranno essere stilati in forma chiara ed ordinata.

La capacità di sintesi, l'ordine e la chiarezza espositiva costituiranno elementi di valutazione.

Tema n. 6

Si debba progettare la centrale termica di un condominio di recente costruzione da allacciare alla rete di teleriscaldamento cittadina.

Sono disponibili le seguenti informazioni:

Volumetria da allacciare:	$V = 12000 \text{ m}^3$
Altezza fuori terra del condominio	$H = 30 \text{ m}$
Volumetria dell'alloggio tipo	$V_a = 300 \text{ m}^3$
Località di riferimento	Torino

Per l'attività di progetto si richiede:

1. Valutare il fabbisogno termico di riferimento per l'alloggio tipo e per l'intero condominio;
2. fare uno schema di riferimento per la centrale termica e il sistema di distribuzione dell'energia termica agli alloggi illustrando in forma sintetica e tecnica i componenti previsti;
3. dimensionare lo scambiatore di calore per l'allacciamento alla rete di teleriscaldamento;
4. caratterizzare numero e prestazioni delle pompe per l'alimentazione dei corpi scaldanti;
5. dimensionare le colonne di alimentazione e di ritorno in termini di numero, diametro, lunghezza;
6. formulare i criteri per la regolazione dell'impianto e per la contabilizzazione dell'energia termica a livello di singolo alloggio e di condominio

In particolare nel dimensionamento della **sottostazione** si chiede di valutare in modo esplicito:

- la potenza nominale di progetto della sottostazione;
- le portate lato primario e secondario che soddisfano i fabbisogni dell'utenza;
- l'efficienza termica della sottostazione;
- le dimensioni delle piastre (superficie) e loro numero;
- i coefficienti di scambio termico liminari lato caldo e freddo e globale;
- le perdite di carico lato primario e secondario riferite alle singole piastre;
- le perdite di carico tra i collettori di ingresso ed uscita illustrando il tipo di singolarità considerata;
- l'influenza dell'angolo di chevron $\alpha = \pi - 2\beta$ sul coefficiente di scambio termico e d'attrito;
- le considerazioni che portano a dimensionare i tiranti e le piastre di serraggio;
- le caratteristiche delle valvole di regolazione della portata e/o delle pompe tali da gestire l'impianto in un intervallo di potenza compreso tra il 40% e il 110% della potenza di progetto.

Dati di riferimento

temperatura invernale esterna di progetto: $-8 \text{ }^\circ\text{C}$

zona climatica E : gradi-giorno tra 2.100 -3000

durata nominale della stagione di riscaldamento 180 giorni, gradi giorno $2570 \text{ }^\circ\text{C}$

Coefficiente dell'edificio :

$$C_d = \frac{W_d}{V\Delta t}$$

dove:

W_d potenza termica dispersa dall'edificio in W

V volume dell'edificio da riscaldare m^3

Δt salto di temperatura tra l'ambiente interno e quello esterno

$$C_d = 0.45 - 0.41 \text{ W/m}^3 \text{ }^\circ\text{C}$$

Dispersioni termiche associate ai ricambi dell'aria:

$C_v = 0.35 * n$ =coefficiente associato alle dispersioni termiche prodotte di ricambi d'aria, infiltrazioni. in $\text{W}/(\text{m}^3 * \text{h})$

n = numero dei ricami orari

Coefficiente di forma dell'edificio $C_f = S/V$ rapporto tra la superficie 0.8

L'impianto di riscaldamento dei singoli appartamenti sia realizzato in modo tale da alimentare i corpi scaldanti (radiatori) alla temperatura massima di 55°C e il ritorno sia previsto alla temperatura media di 40°C. Sul lato secondario siano previste delle pompe di circolazione in grado di soddisfare i fabbisogni con una prevalenza massima sul lato secondario di circa 3.5 bar. La pressione assoluta media di esercizio lato primario sia pari a 8 bar mentre quella lato secondario sia pari 4 bar.

Caratteristiche della rete di teleriscaldamento:

Temperatura dell'acqua calda di mandata $T_m=120^\circ\text{C}$

Temperatura dell'acqua di ritorno alla rete $T_r=60^\circ\text{C}$

pressione differenziale massima tra ramo di mandata e ramo di ritorno: $\Delta p=4$ bar

Caratteristiche sottostazione:

scambiatore di calore a piastre con piastre in acciaio inossidabile con i seguenti dati di riferimento:

conducibilità termica pari a $15 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$,

spessore piastre 0.5 mm, angolo di chevron $\alpha=50^\circ$.

La resistenza di fouling lato rete di teleriscaldamento sia pari a $R_1=10^{-6} \text{ (m}^2\cdot\text{K)}/\text{W}$ mentre la resistenza di fouling lato secondario sia pari a: $R_2=10^{-5} \text{ (m}^2\cdot\text{K)}/\text{W}$.

Schema di riferimento (figura) per gli scambiatori di calore a piastre

$$b = p_{pl} - \delta_{pl}$$

$$\Lambda = \frac{\text{lunghezza sviluppata}}{\text{lunghezza proiettata}} = 1.10 - 1.25$$

$$\beta = 25^\circ - 65^\circ$$

sezione trasversale:

$$A_1 = bw$$

perimetro bagnato (singolo canale):

$$P_{w1} = 2(b + \Lambda w)$$

$$\text{diametro idraulico equivalente: } d_e = \frac{4A_1}{P_{w1}} = \frac{2bw}{(b + \Lambda w)}$$

Numero di Nusselt: Correlazione di Kumar del 1984.

$$Nu = \frac{hd_e}{k} = C_h \text{Re}^y \text{Pr}^{1/3} \left(\frac{\mu}{\mu_w} \right)^{0.17}$$

y funzione del numero di Reynolds e angolo dello Chevron come in tabella.

Perdite di carico per attrito

$$\Delta p = \Delta p_{ch} + \Delta p_{port}$$

$$\Delta p_{ch} = \frac{4 f_{ch} N_p L_p G^2}{2 \rho d_e \left(\frac{\mu}{\mu_w} \right)^{0.17}}$$

$$f_{ch} = \frac{K_p}{Re^z}$$

N_p numero dei passi, L_p altezza nominale piastra

$$\Delta p_{port} = \frac{1.3 N_p G^2}{2 \rho}$$

TABLE 11.5 Kumar's (1984) Constants for Single-Phase Heat Transfer and Pressure Loss in Plate and Frame Heat Exchangers

Chevron Angle (deg)	Reynolds Number	C_h	y	Reynolds Number	K_p	z
≤ 30	≤ 10	0.718	0.349	< 10	50.000	1.000
	> 10	0.348	0.663	10–100	19.400	0.589
				> 100	2.990	0.183
45	< 10	0.718	0.349	< 15	47.000	1.000
	10–100	0.400	0.598	15–300	18.290	0.652
	> 100	0.300	0.663	> 300	1.441	0.206
50	< 20	0.630	0.333	< 20	34.000	1.000
	20–300	0.291	0.591	20–300	11.250	0.631
	> 300	0.130	0.732	> 300	0.772	0.161
60	< 20	0.562	0.326	< 40	24.000	1.000
	20–400	0.306	0.529	40–400	3.240	0.457
	> 400	0.108	0.703	> 400	0.760	0.215
≥ 65	< 20	0.562	0.326	< 50	24.000	1.000
	20–500	0.331	0.503	50–500	2.800	0.451
	> 500	0.087	0.718	> 500	0.639	0.213

Source: After Saunders (1988).

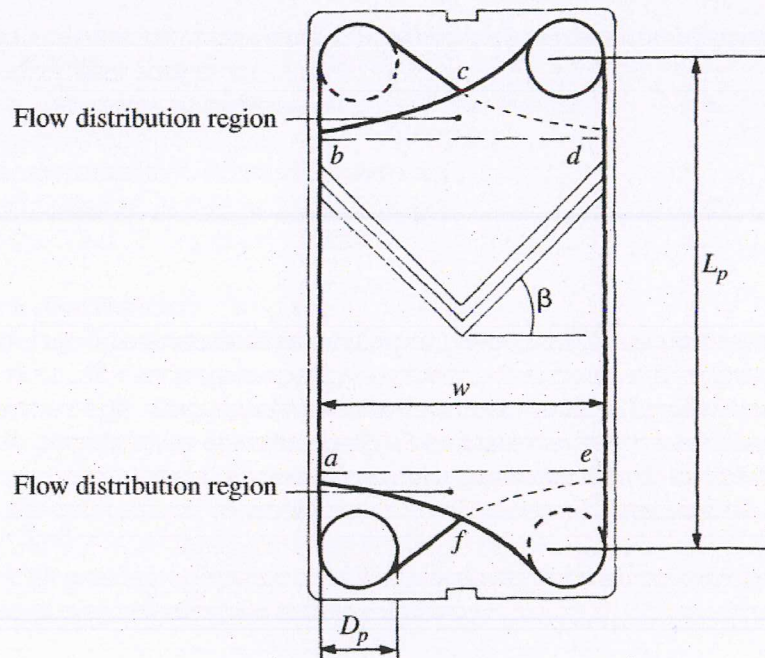


Plate surface area = within confines (abcdef)
(a)

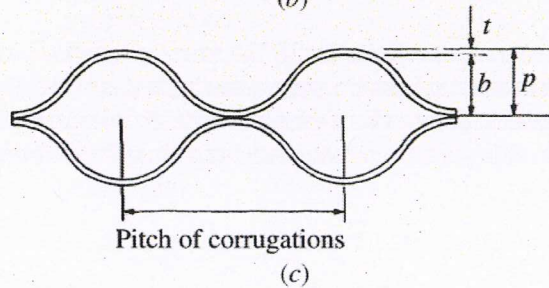
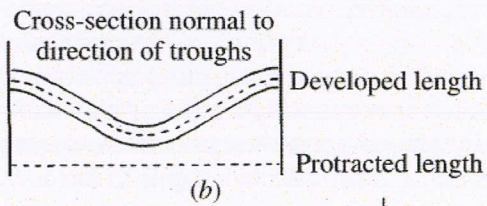


Figure 11.36 Plate geometry for Chevron plates in plate and frame (gasketed-plate heat exchanger). (From Saunders, 1988, with permission.)

A1. Proprietà di riferimento termodinamiche e di trasporto per l'acqua:

Temperature	Pressure	Density	Enthalpy	Cp	Therm. Cond.	Viscosity
(°C)	(bar)	(kg/m ³)	(kJ/kg)	(kJ/kg-K)	(mW/m-K)	(μPa-s)
10.000	4.0000	999.85	42.410	4.1940	580.19	1305.5
20.000	4.0000	998.34	84.288	4.1831	598.60	1001.5
30.000	4.0000	995.78	126.09	4.1790	615.64	797.32
40.000	4.0000	992.35	167.88	4.1787	630.76	653.00
50.000	4.0000	988.17	209.68	4.1807	643.73	546.90
60.000	4.0000	983.33	251.50	4.1843	654.53	466.46
70.000	4.0000	977.90	293.37	4.1894	663.27	403.97
80.000	4.0000	971.92	335.29	4.1961	670.17	354.43
90.000	4.0000	965.45	377.29	4.2045	675.43	314.49
100.00	4.0000	958.49	419.39	4.2150	679.26	281.82
110.00	4.0000	951.07	461.60	4.2277	681.84	254.77
120.00	4.0000	943.21	503.95	4.2430	683.31	232.10
130.00	4.0000	934.90	546.47	4.2611	683.78	212.93
140.00	4.0000	926.16	589.19	4.2825	683.32	196.55
143.61	4.0000	922.89	604.65	4.2910	682.94	191.22
143.61	4.0000	2.1627	2738.1	2.3396	30.656	13.771
150.00	4.0000	2.1237	2752.8	2.2747	31.005	14.031

A2. Proprietà di riferimento termodinamiche e di trasporto per l'acqua:

Temperature	Pressure	Density	Enthalpy	Cp	Therm. Cond.	Viscosity
(°C)	(bar)	(kg/m ³)	(kJ/kg)	(kJ/kg-K)	(mW/m-K)	(μPa-s)
10.000	8.0000	1000.0	42.800	4.1925	580.39	1305.1
20.000	8.0000	998.53	84.665	4.1819	598.78	1001.3
30.000	8.0000	995.96	126.46	4.1779	615.82	797.28
40.000	8.0000	992.52	168.24	4.1777	630.94	653.03
50.000	8.0000	988.34	210.02	4.1797	643.92	546.97
60.000	8.0000	983.50	251.84	4.1834	654.72	466.55
70.000	8.0000	978.07	293.69	4.1885	663.47	404.07
80.000	8.0000	972.10	335.61	4.1952	670.37	354.53
90.000	8.0000	965.63	377.60	4.2036	675.64	314.59
100.00	8.0000	958.68	419.69	4.2141	679.47	281.93
110.00	8.0000	951.27	461.89	4.2267	682.06	254.87
120.00	8.0000	943.41	504.23	4.2420	683.54	232.21
130.00	8.0000	935.11	546.74	4.2600	684.03	213.03
140.00	8.0000	926.37	589.45	4.2813	683.58	196.65
150.00	8.0000	917.19	632.38	4.3060	682.26	182.54

Tema n. 7

AVVERTENZE

Per la stesura dell'elaborato è possibile che i candidati individuino dati mancanti che, in un contesto reale, potrebbero richiedere l'effettuazione di una ricerca presso l'azienda o l'assunzione di una semplice stima basata sull'esperienza. In tali casi i candidati facciano le assunzioni e le stime necessarie.

L'azienda RUNNER S.p.A produce accessori indirizzati agli sportivi, ed ha appena lanciato due prodotti, uno concepito per chi fa attività agonistica o per gli appassionati e quindi rivolto ad un segmento di mercato di fascia alta (A) e uno per gli sportivi occasionali che non vogliono spendere troppo per la loro attrezzatura o comunque indirizzato ad un segmento di fascia più bassa (B).

Una ricerca di mercato ha identificato che l'utilità (o attrattività) attribuita dai due segmenti di mercato A e B ai prodotti può essere rappresentata dai seguenti modelli lineari:

$$U_A = a_{0A} + a_{1A} x_i - a_{2A} p_i, \text{ per il segmento SA}$$

$$U_B = a_{0B} + a_{1B} x_i - a_{2B} p_i, \text{ per il segmento SB}$$

dove x_i è un parametro di performance, p_i è il prezzo, e a_1 e a_2 i parametri del modello, che hanno ovviamente valori differenti per i clienti appartenenti ai due segmenti. I parametri del modello e la dimensione del segmento di riferimento sono riportati nella tabella sottostante.

Segmento	a0	a1	a2	Dimensione del segmento
A	0	3,5	0,1	25%
B	210	1,5	3	75%

Le prestazioni e i prezzi dei due prodotti dell'azienda RUNNER, SMARTCEL A e B, sono invece riportati nella seconda tabella, insieme a quelle dei principali concorrenti presenti sul mercato.

Prodotto	Tipo di prodotto	x_i	Prezzo di vendita (€)
SMARTCEL A	Qualità alta	210	135
SMARTCEL B	Qualità bassa	70	30
CEL1	Qualità alta	150	180
CEL2	Qualità bassa	320	45
SMART1	Qualità alta	95	180
SMART2	Qualità bassa	320	45

La stessa ricerca di mercato ha inoltre studiato la diffusione per questo tipo di prodotti e suggerisce che la domanda seguirà dal momento del lancio un fenomeno di diffusione con un mercato potenziale pari a 4 milioni di clienti con parametri stimati $p = 0.008$ e $q = 0.18 \text{ mesi}^{-1}$.

Il costo di produzione di questa tipologia di prodotto è soggetto ad apprendimento, con un costo medio iniziale pari a 430 e 120 € per SMARTCEL A e B rispettivamente (calcolati su un primo lotto di 1000 pezzi) ed un fattore di apprendimento pari a 0.06.

Trovandosi in un settore assai dinamico, RUNNER sta pensando di iniziare a sviluppare un successore di questi due prodotti, denominato RUNPLUS, che avrà performance e prezzi di vendita intermedi ai prodotti preesistenti, come mostrato in tabella:

Produttore	Prodotto	X_i	Prezzo indicativo di vendita (Euro)
RUNPLUS	Intermedio	150	95

Anche per RUNPLUS il costo di produzione sarà soggetto ad apprendimento. Il costo medio iniziale stimato sul primo lotto di 1000 pezzi è 200 ma data la novità e la complessità del prodotto ha un fattore di apprendimento pari a 0.04.

Le attività di progetto pianificate sono indicate nella tabella sottostante. La RUNNER dispone di 6 risorse interne a tempo pieno, il cui costo è valutato pari a 4.5 k€ per mese uomo.

Nome attività	Riceve informazioni da	Durata [mesi]	Risorse impiegate [mesi uomo al mese]
A	-	3	2
B	-	4	5
C	A	4	4
D	A	2	2
E	B	6	5
F	C, G, I	4	3
G	F	2	4
H	C, E	2	4
I	F, G	2	3
J	B	12	2
K	G, H, I	2	6
L	J	3	3
M	K, L	2	5

Per accelerare i tempi di ingresso sul mercato, la RUNNER è disposta a realizzare il progetto dedicando a tempo pieno per l'intera sua durata del progetto il personale interno a disposizione. In questo modo si evita di vincolare in alcun modo lo svolgimento del progetto. E' però possibile ricorrere a consulenti esterni, con un costo pari a 6 k€ per mese uomo.

Al termine del progetto è inoltre previsto un investimento specifico pari a 350.000 € per alcune attrezzature di produzione.

Valutare:

1) l'economicità del nuovo progetto, considerando nullo il tasso di attualizzazione e operando su un orizzonte pari a 4 anni dalla data attuale,

2) l'impatto di RUNPLUS sul fatturato e sui margini della RUNNER considerando l'eventualità di effetti di cannibalizzazione sul mercato.

A tal fine si consideri che:

- I circuiti eventualmente presenti nel reticolo possono essere sostituiti con una singola reiterazione delle attività coinvolte, scegliendo opportunamente l'ordine da dare ad esse. In tal caso, le attività hanno nella seconda iterazione una durata pari al 50% della durata originaria e un assorbimento di risorse pari a quello originario.
- È opportuno proporre un mix di personale a tempo pieno e di consulenti esterni da utilizzare solo quando necessario, che consenta di minimizzare i costi del progetto.

Tema n. 8

La Figura 1 mostra un sistema di trasmissione a cinghia fra una puleggia motrice A e una puleggia condotta B.

Il ramo lasco della cinghia è precaricato da un tensionatore automatico costituito da una puleggia folle solidale a un braccio (di raggio R_a) che può ruotare attorno al perno fisso P.

Una molla a spirale di rigidezza torsionale K_t (rapporto fra coppia della molla e corrispondente rotazione del braccio) precarica il tensionatore contro la cinghia. La Figura 2 rappresenta schematicamente la molla e i suoi principali parametri dimensionali.

Il perno P è dotato di una boccola di raggio R_p che introduce smorzamento nel sistema tramite la coppia di attrito prodotta durante le rotazioni del tensionatore.

La Figura 3 rappresenta in forma schematica la caratteristica meccanica del tensionatore ottenuta applicando una forza di direzione costante e diagrammando la relativa coppia rispetto al perno P in funzione della rotazione del braccio. La caratteristica è ottenuta facendo in modo che in posizione nominale ($\alpha=0$) la forza F_p scambiata dalla puleggia folle con la cinghia sia perpendicolare al braccio del tensionatore (Figura 3 a destra).

Quesiti:

- 1) Dimensionare la molla a spirale in modo da:
 - a. soddisfare i requisiti dimensionali e di rigidezza indicate in Tabella 1.
 - b. Permettere alla molla di resistere a vita infinita per rotazioni pari ad α_f indicate in Tabella 1.
- 2) Dimensionare il diametro del perno P in modo da ottenere la coppia di attrito T_a in presenza del coefficiente di attrito f indicato in Tabella 1.
- 3) Diagrammare per punti la caratteristica meccanica di Figura 3.
- 4) Dimensionare il cuscinetto radiale a sfere della puleggia folle che permetta una durata di almeno 3000 ore di funzionamento alla velocità di rotazione media di 6000 rpm.
- 5) Rappresentare una configurazione costruttiva del tensionatore tramite uno schizzo che illustri i vari componenti, le loro dimensioni relative e il montaggio delle parti.

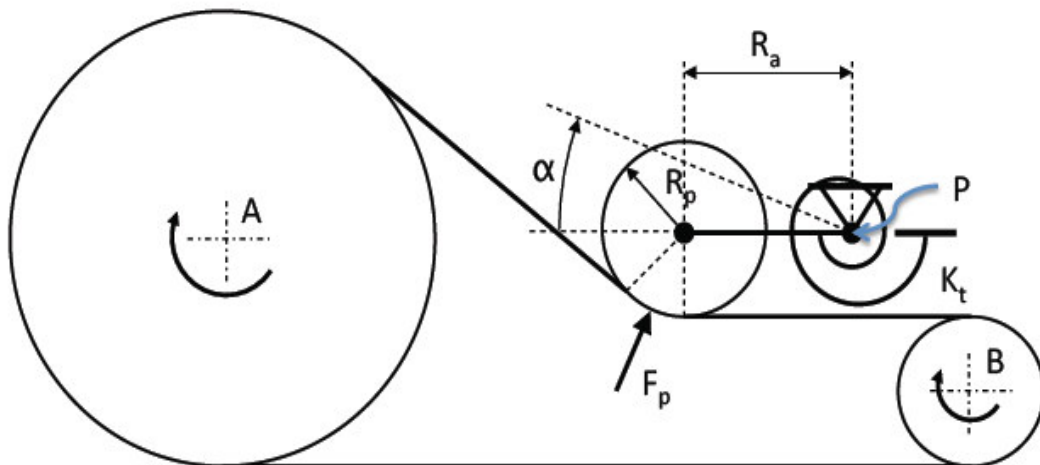


Figura 1: schema di sistema di trasmissione a cinghia con tensionatore automatico.

Grandezza	Valore	u.d.m.	Note
R_a	80	mm	Braccio tensionatore
α	$-20 \div +20$	deg	Rotazione massima rispetto alla posizione nominale
α_f	$-10 \div +10$	deg	Rotazione da considerare nei calcoli a fatica
T_0	7	Nm	Coppia della molla in posizione nominale
T_a	1.5	Nm	Coppia di attrito con tensionatore in posizione nominale
f	0.2	-	Coefficiente di attrito perno-boccola
K_t	12	Nm/rad	Rigidezza torsionale della molla
D_p	60	mm	Diametro puleggia tensionatore
w_p	25	mm	Larghezza puleggia
D_{max}	60	mm	Diametro esterno della molla
R_{min}	16	mm	Raggio interno della molla
w_s	20	mm	Ingombro assiale massimo della molla

Tabella 1: Dati.

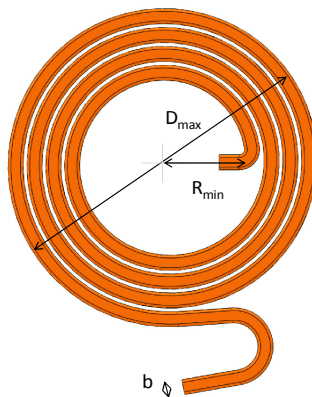


Figura 2: schema di molla a spirale con quote principali.

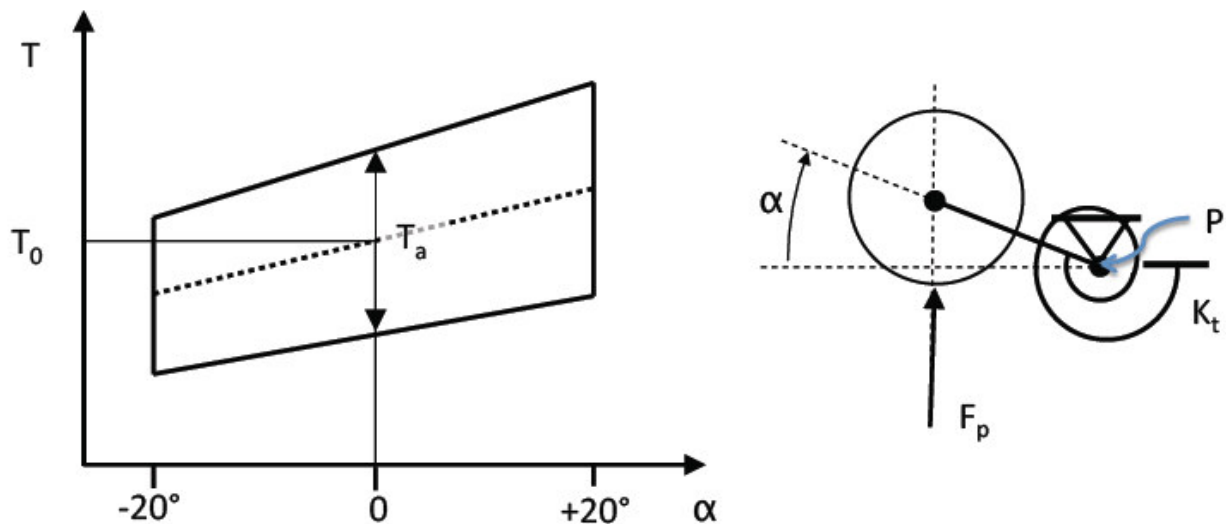


Figura 3: Caratteristica meccanica del tensionatore e schema delle condizioni di prova.

Tema n. 9

La Figura mostra una sospensione posteriore a ponte torcente di una vettura di segmento B (dati in Tabella 1) quando si trova in standard di carico F (5 persone a bordo con relativo bagaglio).

- In standard di carico F la frequenza propria della monosospensione è di 1.4 Hz.
- In condizione di carico dinamico massimo il perno ruota può ancora muoversi verso l'alto di 80 mm rispetto alla configurazione riportata in figura. L'escursione verticale del perno ruota fra i limiti massimi consentiti dalla sospensione fra tamponamento e rimbalzo è di 180 mm.
- Lo spettro di carico della sospensione può essere approssimato come indicato dalla Tabella 2. Al fine del calcolo a fatica si consideri un numero totale di cicli di carico pari a $n_{tot}=500000$.

n/ntot [%]	Scuotimento (pk-pk) [mm]
70	10
20	20
10	30

Tabella 2: Spettro degli spostamenti del centro ruota.

1) Dimensionare la molla elicoidale tenendo conto delle seguenti indicazioni:

- L'ingombro diametrale massimo della molla è di 130 mm
- Con la sospensione completamente estesa (rimbalzo massimo), la molla è ancora compressa fra le sue sedi di 20 mm.
- Disegnare e quotare la molla nella sua configurazione indeformata. Scegliere la tipologia di estremità e giustificare la scelta effettuata.

2) Dimensionare il cuscinetto a doppia corona di sfere integrato nel mozzo ruota nell'ipotesi che esso sia disponibile fra quelli reperibili a catalogo. Nel dimensionamento si tenga conto del fatto che la ruota è sottoposta sia a carichi verticali che laterali. Per semplicità invece non si considerino i carichi longitudinali.

3) Rappresentare, tramite uno schizzo che rispetti approssimativamente le proporzioni delle varie parti, una sezione del mozzo ruota comprensivo dei seguenti elementi: cuscinetto, disco freno, flangia di attacco della ruota con elementi di centraggio e colonnette di collegamento fra mozzo e ruota.

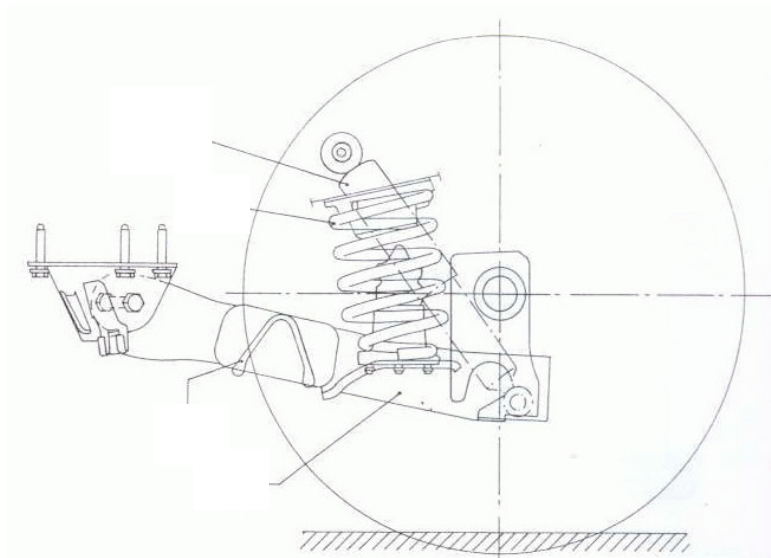


Figura 4: schema di sospensione posteriore a ponte torcente

Passo	2500	mm
Carreggiata (ant/post)	1470/1460	mm
Massa (std A)	1200	kg
Ripartizione ant/post in std A	60/40	%
Pneumatici	185 / 65 R 15	
Distanza assale ant-punto H ant.	1500	mm
Distanza assale ant-punto H post.	1900	mm
Altezza baricentro	550	mm

Tabella 3: dati veicolo

Tema n. 10

È richiesto di selezionare un materiale idoneo a svolgere il ruolo di specchio concavo riflettente all'interno dei telescopi di grande dimensione. In generale, storicamente, questi componenti sono stati realizzati in lega di rame per via della facilità di formatura accoppiata a proprietà meccaniche e caratteristiche termomeccaniche sufficienti a garantirne la stabilità.

Di recente tuttavia la necessità di arrivare a risoluzioni sempre maggiori e dunque a dimensioni di strumentazione via via crescente ha evidenziato alcuni limiti di utilizzo dei materiali tradizionali.

Il candidato esamini il problema da un punto di vista scientifico e tecnologico utilizzando i criteri di scelta delle classi di materiali proposti da Ashby (Funzione/Obiettivi/Vincoli) andando ad individuare le principali criticità Termomeccaniche a cui il componente è sottoposto e proponga un nuovo materiale o una nuova classe di materiali che presenti caratteristiche migliorative rispetto ai materiali tradizionali.

Laddove possibile il candidato espliciti le relazioni fisiche che collegano le proprietà dei materiali utilizzate per la scelta ed i vincoli di progetto mettendo in evidenza il modello matematico che ne deriva.