

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

**II Sessione 2017 - Sezione A**  
**Settore industriale**

**Prova PRATICA del 22 dicembre 2017**

*Il Candidato svolga uno a scelta fra i seguenti temi proposti.*

*Gli elaborati prodotti dovranno essere stilati in forma chiara, ordinata, sintetica e leggibile.*

*La completezza, l'attinenza e la chiarezza espositiva costituiranno elementi di valutazione.*

**Tema n. 1**

Si consideri un velivolo della categoria normal nella condizione di peso massimo  $W=2800$  Kg e fattore di carico massimo ( $n=3.6$ ).

Si richiede di analizzare la risposta strutturale della semiala del velivolo adottando, dove richiesto, un coefficiente di sicurezza  $SF=1.5$  e partendo dalle seguenti ipotesi.

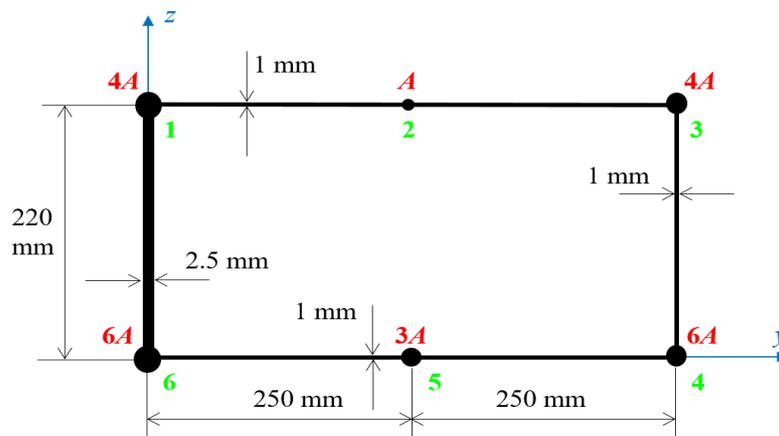
- La semiala è una trave a semiguscio in lega di Alluminio SAE 7075, incastrata ad un estremo (attacco alare) e libera all'altro (estremità alare), avente lunghezza  $L=7$  m (semi-apertura alare) e sezione trasversale (limitata al solo cassone alare) rappresentata in Figura 1. Le aree dei booms sono già comprensive delle strisce collaboranti dei pannelli adiacenti. Le centine hanno un passo uniforme pari a  $d$ .
- I carichi applicati alla semiala sono:
  - la portanza, approssimabile come segue:
    - secondo l'asse longitudinale: uniforme tra 0 e 3.5 m e pari a  $q_L^{(1)}$  ed uniforme tra 3.5 e 7 m e pari a  $q_L^{(2)}$ , con  $q_L^{(1)} = 2q_L^{(2)}$ ;
    - secondo la corda: carico triangolare nullo sul longherone posteriore e massimo sul longherone anteriore;
  - il peso proprio, pari a 210 Kg ed approssimabile come distribuito uniformemente lungo l'intera semi-apertura alare;
  - il peso del combustibile, pari a 200 Kg ed approssimabile come distribuito uniformemente tra l'attacco alare e metà della semi-apertura alare.

Si chiede in particolare di determinare:

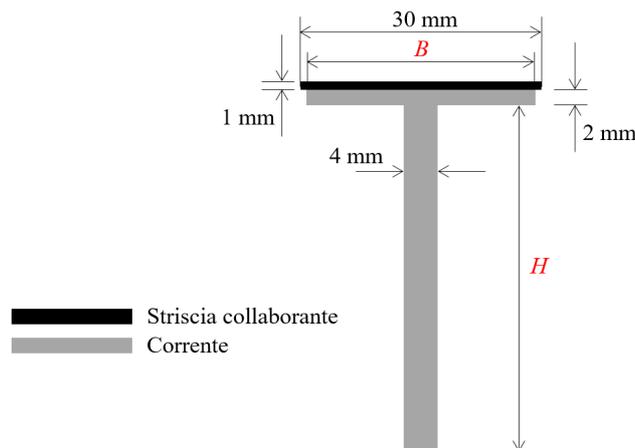
1. la posizione del baricentro della sezione alare;
2. la posizione del centro di taglio della sezione alare;
3. i diagrammi di sforzo normale ( $N$ ), taglio ( $T$ ), momento flettente ( $M$ ) e momento torcente ( $M_t$ ) lungo la semiala;
4. il valore del parametro di area  $A$  tale per cui sono verificate entrambe le seguenti condizioni:
  - di robustezza: la massima tensione normale nei correnti è inferiore alla tensione di snervamento  $\sigma_Y$  (con coefficiente di sicurezza  $SF$ ),  $|\sigma_x|_{\max} \leq \sigma_Y / SF$ ;
  - di rigidità: la freccia massima della semiala è inferiore al 5% della sua lunghezza (con coefficiente di sicurezza  $SF$ ),  $w_{\max} \leq 0.05L / SF$ ;

*Segue Tema 1>>*

5. i due momenti centrali di inerzia ( $I_y$  e  $I_z$ ) ed il fattore di rigidezza torsionale ( $I_t$ ) della sezione alare;
6. la rotazione di flessione all'estremità alare in gradi ( $\varphi_{\max}$ );
7. la rotazione di torsione all'estremità alare in gradi ( $\theta_{\max}$ );
8. la tensione normale ( $\sigma_x$ ) nei correnti all'attacco alare;
9. i flussi di taglio nei pannelli alla radice alare;
10. il passo tra le centine ( $d \in [70,100]$  mm) affinché nei pannelli dei longheroni alla radice alare non si verifichi instabilità a taglio (con coefficiente di sicurezza  $SF$ ); a tale scopo considerare i pannelli alla radice dei longheroni come incastrati sui 4 lati;
11. la tensione di instabilità a compressione dei pannelli dorsali alla radice alare; a tale scopo considerare i pannelli dorsali alla radice come incastrati sui 4 lati;
12. le dimensioni ( $H$  e  $B$ ) della sezione del corrente 2 (Figura 2) affinché non si verifichi instabilità locale (con coefficiente di sicurezza  $SF$ );
13. le tensioni di instabilità globale e torsionale dello stesso corrente 2.



**Figura 1.** Sezione alare. Il longherone anteriore è quello compreso tra i correnti 1 e 6.



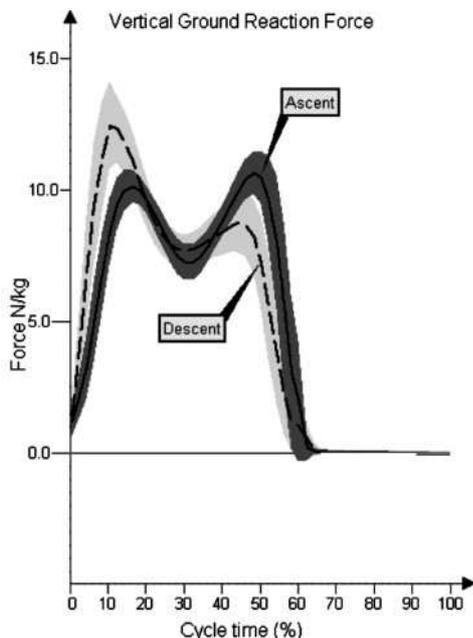
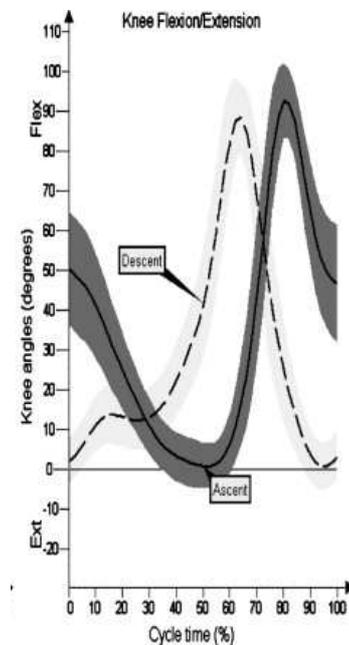
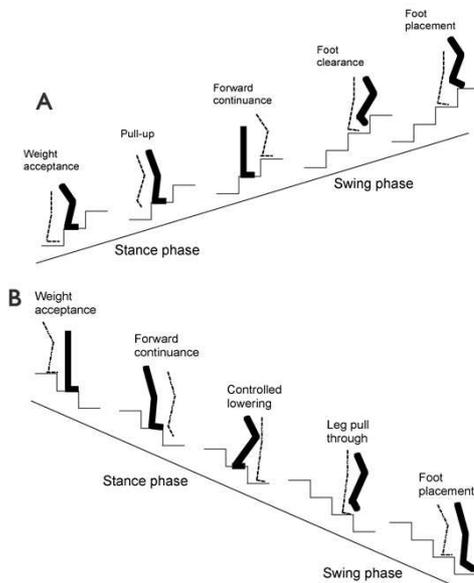
**Figura 2.** Sezione trasversale del corrente 2.

## Tema n. 2

Il ginocchio umano è una articolazione indispensabile per rendere possibili i quotidiani movimenti che ci permettono ad esempio di sedere, di alzarci dal letto o da una sedia, di raccogliere qualcosa caduto per terra, di salire e scendere le scale.

Considerando un individuo con massa corporea pari a 70 kg, utilizzando i dati angolari e quelli riguardanti la componente verticale della reazione piede-terreno forniti (*Anastasia Protopapadaki, Wendy I.Drechsler, Mary C.Cramp, Fiona J.Coutts, Oona M.Scott. Hip, knee, ankle kinematics and kinetics during stair ascent and descent in healthy young individuals. Clinical Biomechanics Volume 22, Issue 2, 2007, 203-210*), ipotizzando i parametri anatomici/geometrici necessari e ipotizzando che la prevalente azione muscolare sia quella del quadricipite, tramite un modello semplificato:

- valutare numericamente l'entità e la direzione della forza alla quale è sottoposto il piatto tibiale quando l'individuo sale e scende le scale (considerare solo la fase in appoggio);
- discutere, dimostrandolo numericamente, come varia il carico articolare in funzione dei cicli di salita e discesa;
- illustrare con quali metodologie teoriche e sperimentali è possibile studiare il comportamento strutturale delle articolazioni umane.



### Tema n. 3

Un impianto per il lavaggio della lana sucida lavora con una potenzialità giornaliera di 5600 kg (su due turni) con un consumo netto di acqua pari a 8 L/kg lana sucida.

La sezione di lavaggio è formata da 5 stadi, precisamente 3 per la sezione di lavaggio vero e proprio e 2 per la sezione di risciacquo, con lana e acqua in controcorrente. La temperatura dell'acqua utilizzata deve essere compresa tra 55 e 70°C.

Il detergente è alimentato tra lo stadio no. 3 e lo stadio no. 4, con dosaggio di 10 g/kg di lana sucida.

Dopo la sezione di risciacquo, il 20% in peso dell'acqua viene scaricato e inviato al trattamento. Di questa corrente, dopo il trattamento l'80% viene ricircolato nella sezione di risciacquo stessa.

L'acqua di lavaggio con i detergenti rimuove pressoché completamente gli inquinanti della lana sucida (solidi sospesi, grassi e sostanze solubili).

Lo scarico dell'acqua di lavaggio inquinata subisce, in sequenza, le seguenti operazioni:

- rimozione dei solidi sospesi: si considerano separati completamente, con umidità pari al 32% in peso
- recupero del grasso (lanolina): viene separato solo il 40% del grasso presente nell'acqua (il grasso recuperato può essere considerato anidro)
- trattamento di rimozione del grasso residuo e degli altri inquinanti presenti.

La lana lavata esce dalla linea con umidità pari al 45% in peso, e viene inviata ad un essiccatore, che riduce l'umidità al 15% in peso.

Si richiede di fornire il diagramma di flusso completo, indicando in maniera chiara e dettagliata tutti i flussi uscenti ed entranti, anche in termini di portate e composizioni.

E' richiesto, inoltre, di:

- dimensionare lo scambiatore di calore necessario per riscaldare l'acqua di lavaggio
- fornire lo schema della sezione di essiccamento della lana in maniera quantificata
- calcolare la portata di aria utilizzata nell'essiccatore della lana, tenendo conto che la massima temperatura ammessa per non danneggiare le fibre è 90°C
- calcolare le portate di calore scambiate nella sezione di essiccamento
- calcolare la quantità minima di detergenti e grassi da rimuovere nell'impianto di trattamento delle acque al fine di rispettare le concentrazioni limite previste dalla normativa nazionale, le quali sono rispettivamente:
  - o per detergenti: 2 mg/L
  - o per oli e grassi: 20 mg/L.

Ogni ipotesi fatta nei calcoli deve essere adeguatamente chiarita e supportata.

#### COMPOSIZIONE LANA SUCIDA (IN PESO)

Fibre di lana: 62%

Grassi (lanolina): 20%

Solidi: 14%

Sucido (sostanze solubili in acqua e parzialmente biodegradabili): 4%

#### Tema n. 4

Il candidato descriva il progetto e la realizzazione di un compensatore PID

a) in forma analogica (mediante amplificatori operazionali)

e/o (l'uno o l'altro, o entrambi, a scelta del candidato)

b) in forma digitale (in linguaggio C con operazioni in "floating point").

Il compensatore PID ha la seguente forma

$$\text{PID}(s) = K_c * ( 1 + 1 / (T_i * s) + T_d * s / (\tau_d * s + 1) )$$

e i suoi parametri devono essere compresi nei seguenti intervalli:

Guadagno  $K_c$ : 1 - 10

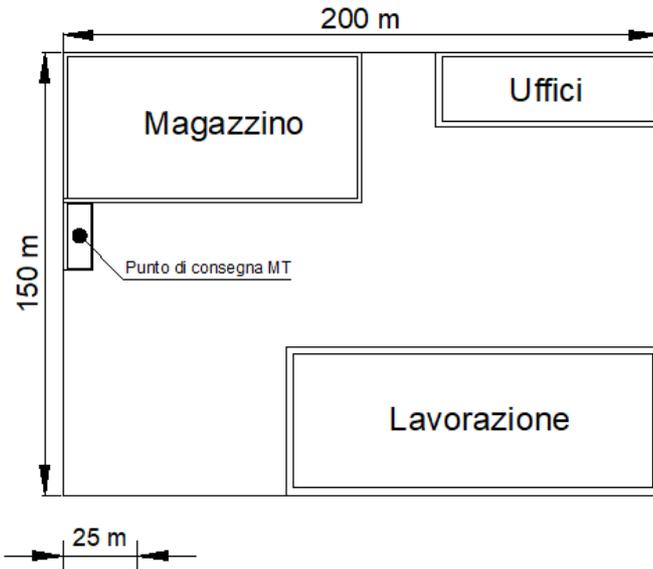
Costante di integrazione  $T_i$ : 0.1 - 1 s

Costante di predizione  $T_d$ : 0.1 - 0.01 s

Polo di chiusura  $\tau_d$ : > 2 kHz

## Tema n. 5

Si consideri lo stabilimento industriale rappresentato in figura, costituito da un capannone adibito a lavorazione, un magazzino ed un edificio ad uso uffici. Gli edifici hanno le dimensioni rappresentate in pianta.



Sono noti i dati relativi alla fornitura elettrica MT nel punto di consegna:

- $V_n = 15$  kV trifase; neutro isolato
- $I_{cc} = 12$  kA (corrente di corto circuito trifase)
- $I_F = 40$  A (corrente di guasto fase-terra)
- $t = 10$  s (tempo di eliminazione del guasto)

Il capannone adibito a lavorazione industriale richiede una potenza di 500 kW, dovuta ai carichi di forza motrice, con fattore di potenza 0,80.

Il magazzino richiede una potenza di 150 kW dovuta ai carichi di forza motrice, con fattore di potenza 0,87.

La palazzina ad uso uffici è costituita da due piani fuori terra e un piano interrato.

Il candidato, fatte le ipotesi aggiuntive che ritiene necessarie, proceda allo svolgimento dei seguenti punti:

Calcolo della potenza richiesta dal sistema di illuminazione del capannone lavorazione e del magazzino, caratterizzati entrambi da un'altezza sotto trave di 8 m.

Schema a blocchi, che definisca l'architettura dell'impianto di distribuzione necessario ad alimentare l'intero stabilimento.

Dimensionamento della cabina o delle cabine di trasformazione e delle apparecchiature di manovra e protezione in essa/e previste.

Schema unifilare di cabina o delle cabine di trasformazione, comprensivo dei quadri generali MT e BT.

Dimensionamento delle condutture, che alimentano i quadri generali BT di ciascun edificio rappresentato in figura, coordinate con i relativi dispositivi di protezione.

Dimensionamento del sistema di rifasamento.

Definizione delle caratteristiche dell'impianto di terra dello stabilimento, considerando una resistività del terreno pari a 200  $\Omega$ m.

Progetto dell'impianto fotovoltaico connesso alla rete, disposto sulla copertura piana dell'edificio uffici, in modo da massimizzare la quota di energia prodotta. In particolare illustrare la disposizione dei moduli, gli schemi elettrici ed indicare le principali caratteristiche dei componenti scelti. L'area è collocata in una località in grado di ricevere una radiazione solare annua pari a 1600 kWh/m<sup>2</sup>, su un piano inclinato di 30° rispetto a quello orizzontale (inclinazione ottimale).

## Tema n. 6

Si consideri un edificio di civile abitazione a torre, su piano pilotis, costituito da non meno di tre piani con 4 alloggi per piano, avente dimensioni in pianta di circa 25 m \* 25 m.

Il candidato scelga la disposizione degli alloggi, la suddivisione interna dei vani e la loro esposizione, formuli delle ipotesi realistiche in merito alla stratigrafia delle pareti opache e alle caratteristiche delle superfici vetrate, giustificandole alla luce della legislazione/normativa vigente.

Sviluppi il progetto preliminare dell'impianto di riscaldamento centralizzato stimando i carichi termici invernali, effettuando il dimensionamento di massima del generatore di calore (avente acqua come fluido termovettore ed alimentato a gasolio) e, con riferimento ad un alloggio, effettuando il dimensionamento dei corpi scaldanti, nella ipotesi che l'edificio sia ubicato in una località per la quale la temperatura esterna minima di progetto valga  $-10^{\circ}\text{C}$ , il numero di GG sia circa 2700 e il periodo di riscaldamento duri 180 giorni.

Il candidato immagini, per l'edificio oggetto di studio, due schemi funzionali di reti di distribuzione del fluido termovettore come quelli mostrati nella figura allegata: progetti, per ciascuno dei due schemi, un sistema di contabilizzazione del calore tenendo conto della sostenibilità economica e della legislazione vigente.

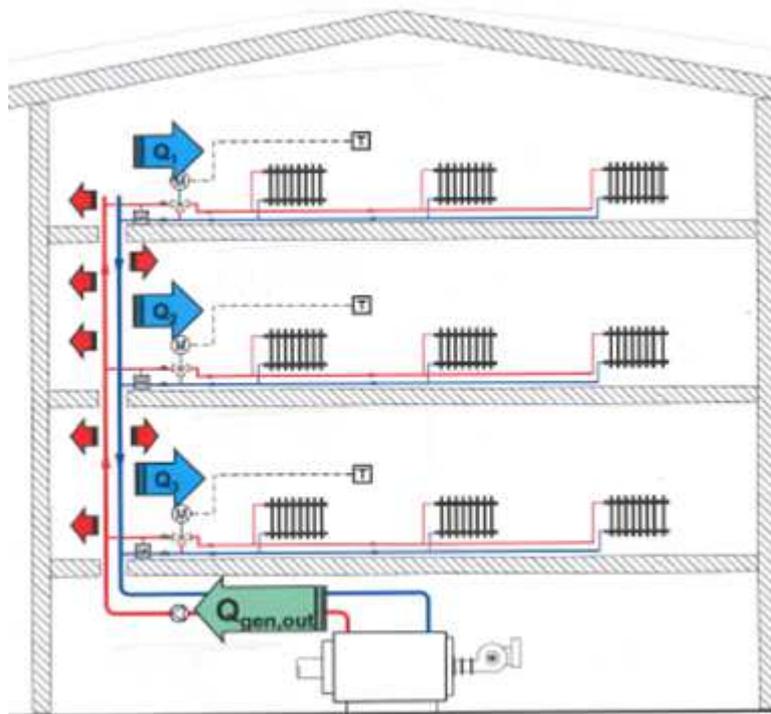
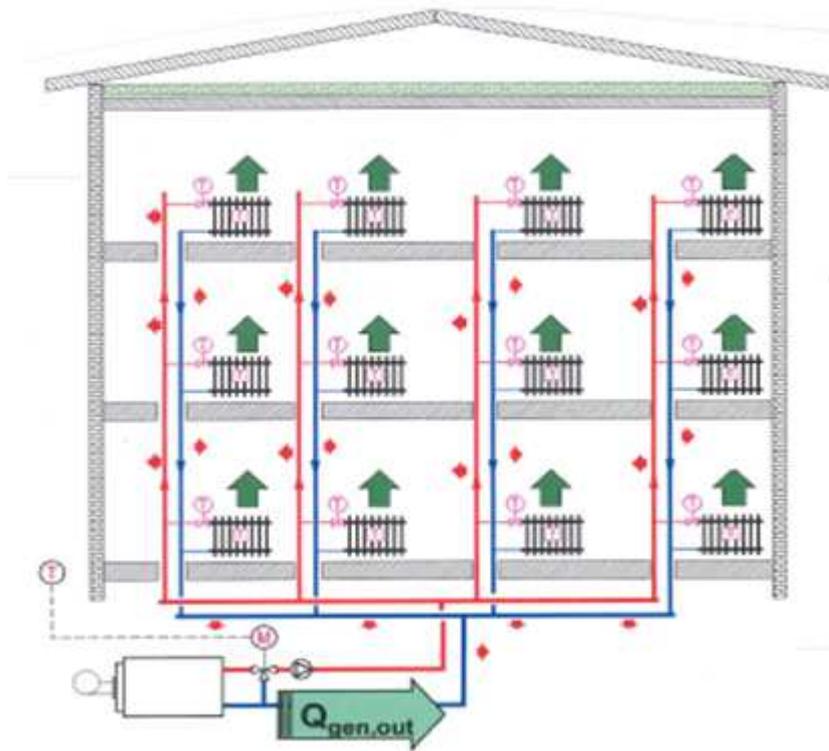
Effettui il dimensionamento di massima delle colonne montanti e dei collettori a valle del generatore di calore; illustri, mediante uno schema, il sistema di regolazione della temperatura di mandata impianto, il sistema di regolazione della temperatura ambiente degli alloggi e spieghi l'importanza della loro funzione; elenchi e commenti infine gli accessori di cui deve essere dotato il generatore di calore.

Quest'ultimo è accoppiato con un bruciatore ad aria soffiata a nebulizzazione meccanica: stimare la potenza elettrica assorbita dal motore elettrico che trascina la girante del ventilatore e la pompa del combustibile.

Con riferimento ai GG indicati e ad una stagione di riscaldamento il candidato stimi il fabbisogno energetico dell'edificio e lo esprima in kWh per m<sup>2</sup> di superficie calpestabile.

Nella ipotesi che l'edificio si allacci ad una locale rete di teleriscaldamento calcoli le tonnellate di anidride carbonica che non verranno immesse in atmosfera.

Il candidato faccia delle ipotesi realistiche per eventuali dati mancanti.



Nota. Le due figure hanno la sola funzione di mostrare due diversi schemi di distribuzione.

## Tema n. 7

### PARTE A

Il candidato esprima una propria valutazione di equilibrio economico-finanziario d'impresa sulla base dei seguenti indicatori evidenziati negli anni 2015 e 2016:

	2016	2015
ROI	27,0%	31,0%
ROS	29,1%	29,5%
Costi fissi operativi	440	400
BEP	637	559
Capitale circolante netto vs ricavi	35%	32%
Leva finanziaria	1,96	1,58
Ammortamenti	10% costi fissi operativi	10% costi fissi operativi

In relazione ai suddetti indicatori economico-finanziari, il candidato rediga un rendiconto finanziario per il 2016 ed esprima una propria opinione argomentata rispetto alle priorità gestionali più coerenti con il perseguimento di condizioni di equilibrio.

### PARTE B

In relazione alle informazioni di sintesi della società CESVP SpA di cui alle seguenti tab. 1 e 2, il Candidato ne calcoli, dopo averne illustrato il significato, il profitto economico ed il valore economico al 31 dicembre 2015 e 2016.

Tab.1 – Informazioni economico-finanziarie

	2016	2015
Ricavi	8.000	7.600
Costi operativi	5.300	5.100
Aliquota fiscale	30%	30%
Incidenza del capitale circolante netto operativo vs ricavi	28%	26%
Capitale fisso netto operativo	4.000	3.800
Patrimonio netto	3.000	2.700
Costo dell'indebitamento finanziario netto	4,5%	5,0%

Tab. 2 – Informazioni integrative

Informazioni integrative	2016	2015
Tasso di rendimento dei titoli di stato decennali	+1,25%	+1,50%
Premio medio per gli investimenti rischiosi	+4,00%	+3,90%
Coefficiente di rischio sistematico unlevered	0,98	1,04
Durata del vantaggio competitivo	7,5 anni	7 anni
Tasso di sviluppo	+3,5%	+2,5%

Il candidato identifichi le variabili guida del valore economico e i fattori determinanti sia del rischio operativo e finanziario d'impresa sia della durata del vantaggio competitivo.

### PARTE C

Il candidato evidenzi il percorso logico di determinazione della politica di prezzo (pricing) di un'impresa identificando opportunamente le principali variabili da considerare.

## Tema n. 8

Un particolare macchinario industriale prevede di essere approvvigionato di aria compressa per il suo funzionamento. Per garantire una costanza di alimentazione e di pressione di esercizio, è previsto di installare un compressore volumetrico a stantuffi a bordo della macchina stessa e di accompagnarlo con il relativo serbatoio di accumulo e sistema di trattamento aria.

Al compressore in oggetto è richiesto di processare 1350 l/min di aria aspirata in condizioni ambiente standard e una pressione di esercizio massima di 15 bar. Dato il notevole salto di pressione, la fase di compressione è realizzata con un compressore bistadio con opportuno sistema di refrigerazione intermedia. Si ipotizzi, in fase preliminare:

1. coefficiente volumetrico dei due stadi pari a 0.8;
2. fasi di compressione ed espansione isoentropiche;
3. il trascinarsi del compressore mediante motore elettrico asincrono trifase a 2 poli, con scorrimento del 5%.

Il compressore è montato a bordo macchina e per tanto deve essere montato su un opportuno sistema di isolamento onde ridurre al minimo le vibrazioni indotte alla macchina.

La progettazione delle componenti meccaniche deve prevedere l'assenza di manutenzione preventiva e consentire al sistema di lavorare 24 h al giorno per 10 anni.

Il candidato dimostri:

- a) il motore elettrico necessario al funzionamento del compressore;**
- b) l'albero a gomiti del compressore**, ipotizzando una consona velocità media di lavoro dei pistoni;
- c) i cuscinetti volventi che supportano l'albero a gomiti;**
- d) il sistema di trasmissione tra motore e compressore, giustificando la scelta effettuata.** Si ricorda che occorrerebbe ridurre il più possibile le dimensioni del sistema per poterlo agevolmente montare a bordo macchina;
- e) il dispositivo antivibrante da utilizzare per isolare il compressore;**
- f) il collegamento filettato che vincola il motore e il compressore al supporto antivibrante;**
- g) la forma e lo spessore dei mantelli del serbatoio sapendo che esso ha un volume di 270 l;**
- h) indicare quali accorgimenti debbano essere presi affinché la macchina così concepita possa essere marcata CE in accordo con la Direttiva Macchine e quali altre direttive possano dover essere considerate per la messa in esercizio della macchina.**

Il candidato ipotizzi i valori mancanti e ne dia giustificazione.

## Tema n. 9

Si chiede di sviluppare il progetto di massima di un compressore volumetrico a stantuffi i cui dati di progetto sono:

Portata d'aria aspirata: 1350 l/min. valutata alle condizioni ambiente standard;

Pressione di mandata: 15 bar;

Accoppiamento diretto con motore asincrono trifase ( $f = 50$  Hz).

Il candidato esamini criticamente:

- la soluzione di compressore monostadio;
- la soluzione di compressore bi-stadio;
- la soluzione di compressore bi-stadio con refrigeratore intermedio;

ed identifichi la soluzione da proporre.

Con riferimento alla soluzione proposta, il candidato:

1. dimensioni il motore elettrico impiegato;
2. valuti corsa ed alesaggio dei compressori;
3. dimensioni qualitativamente le valvole di aspirazione e scarico;
4. dimensioni il sistema di refrigerazione del compressore, con eventuale refrigeratore intermedio, e di post-refrigerazione pre-immissione nel serbatoio di stoccaggio, prevedendo l'impiego di scambiatori aria-olio;
5. dimensioni il serbatoio di mandata.

Effettuato il progetto di massima, il candidato esamini la condizione operativa secondo cui la portata inviata dal compressore venga ridotta del 30%, ipotizzando di regolare il compressore per:

- variazione del numero di giri mediante impiego di Inverter;
- laminazione;
- riflusso.

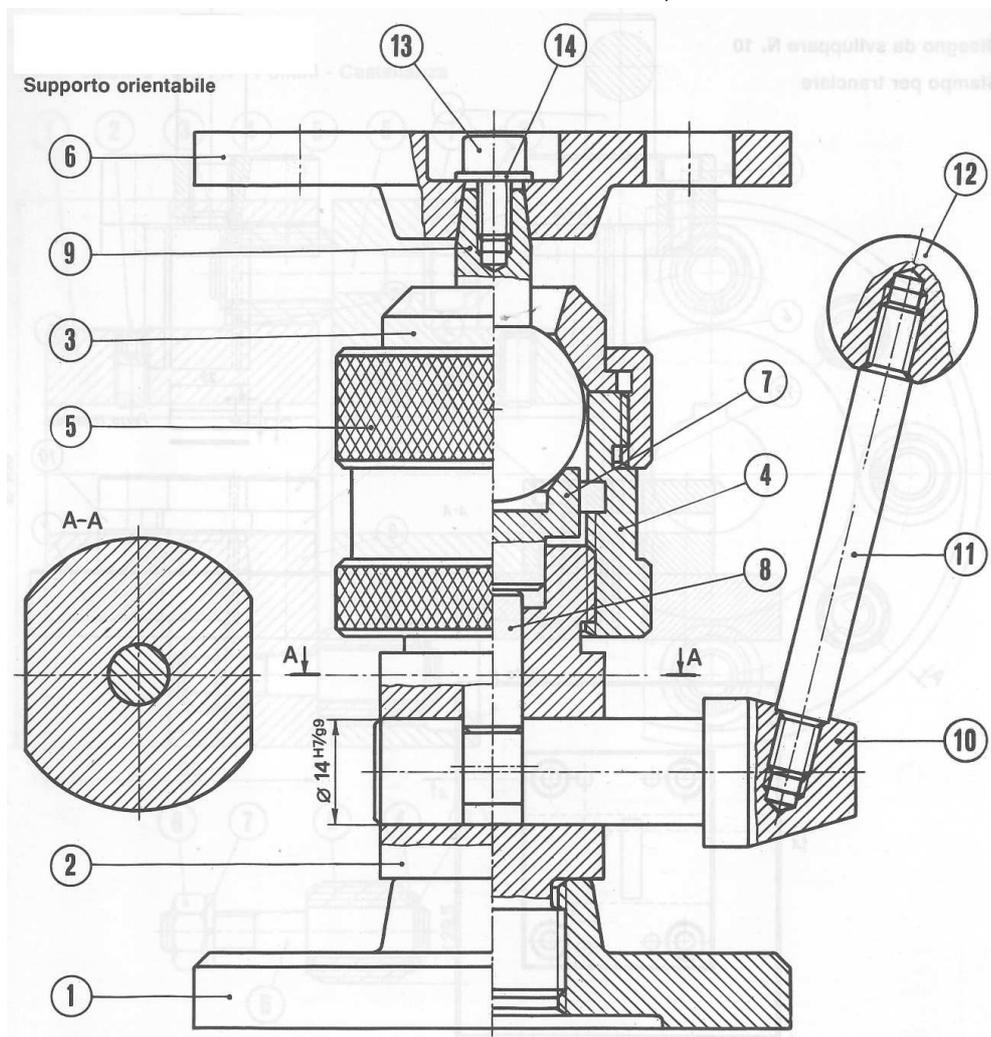
Il candidato assuma tutti i dati che ritiene necessari, dopo averne data dovuta motivazione.

## Tema n. 10

Si deve produrre il dispositivo meccanico descritto nel disegno allegato. La produzione richiesta è di 50 pezzi. Si chiede di sviluppare i punti sottoelencati:

- Spiegare la funzione del complessivo e dei singoli componenti.
- Con riferimento al corpo (2):
  - Scegliere il materiale più idoneo, giustificando sinteticamente le ragioni della scelta.
  - Disegnare il corpo (2), indicando tolleranze (si definiscano opportunamente gli accoppiamenti tra il corpo e gli altri elementi dell'assieme) e finiture superficiali.
  - Redigere il ciclo tecnologico completo (ciclo di fabbricazione e ciclo di lavorazione per le superfici lavorate per asportazione di truciolo), specificando e motivando:
    - le diverse fasi del processo produttivo;
    - i processi di fabbricazione e le operazioni di asportazione di truciolo;
    - le attrezzature impiegate;
    - i controlli di qualità ritenuti necessari.

I dati mancanti dovranno essere assunti e motivati, indicando le fonti.



N	Descrizione	Base
1	Base	1
2	Corpo	1
3	Anello di bloccaggio	1
4	Ghiera di registrazione	1
5	Ghiera bloccaggio	1
6	Disco portapezzo	1
7	Bussola	1

N	Descrizione	Base
8	Perno spingibussola	1
9	Sfera con perno	1
10	Albero con eccentrico	1
11	Asta di manovra	1
12	Pomolo	1
13	Vite	1
14	Rosetta	1

## Tema n. 11

Il candidato progetti un contenitore leggero in materiale composito, destinato a contenere in sicurezza un gas alla pressione di 400 bar. I vincoli di progetto sono:

- volume del contenitore pari a  $100 \text{ dm}^3$
- lunghezza massima del contenitore pari a 2 m.

Il candidato valuti:

- la forma ideale del contenitore;
- i materiali migliori per la sua costruzione, selezionando opportunamente il tipo di fibra di rinforzo (anche tenendo conto del costo come fattore limitante) e la matrice ideali;
- la disposizione geometrica ottimale delle fibre;
- la deformazione approssimata del contenitore, semplificando i calcoli al caso di laminato piano;
- lo spessore della parete necessario, utilizzando un opportuno criterio di failure;
- la tecnologia più efficace per realizzare tale contenitore, con una spiegazione dei motivi della scelta.

Il candidato consideri altresì il caso in cui il gas all'interno del contenitore sia alla temperatura di  $100^\circ\text{C}$ . Discuta di quali modifiche ai calcoli precedenti sarebbero necessarie per trattare opportunamente questo caso, e valuti se lo spessore della parete calcolato in precedenza risulti sufficiente a evitare che la temperatura esterna della parete superi i  $50^\circ\text{C}$ ; in caso contrario proponga una possibile soluzione.