

**ESAME DI STATO PER L'ABILITAZIONE  
ALL'ESERCIZIO DELLA PROFESSIONE DI  
INGEGNERE INDUSTRIALE SEZ. B**

**1<sup>^</sup>sess.  
2019**

**1<sup>^</sup> PROVA SCRITTA (Durata: 2 ore) –**

La prova consiste nello svolgimento di uno tra i temi proposti nel seguito

**TEMA 1 CHIMICA – OPERAZIONI UNITARIE**

La separazione dei vari componenti di una corrente liquida: metodi e campi di applicazione.

**TEMA 2 CHIMICA- PROCESSI**

La desolforazione di idrocarburi ed il recupero dello zolfo.

**TEMA 3 ELETTRICA – MACCHINE**

Il candidato illustri i principali dati di targa delle macchine elettriche, sia per il trasformatore sia per le macchine rotanti.

**TEMA 4 ELETTRICA – IMPIANTI**

Il candidato descriva i criteri di coordinamento tra le caratteristiche di una linea e le relative protezioni contro i cortocircuiti negli impianti elettrici di media e bassa tensione.

**TEMA 5 ENERGETICA – NUCLEARE**

Il candidato descriva le principali tipologie di reattore nucleare in uso.

**TEMA 6 ENERGETICA – ENERGETICA**

Il candidato descriva brevemente i principali sistemi di produzione di energia elettrica da fonti rinnovabili, evidenziandone le caratteristiche salienti e gli svantaggi rispetto ai sistemi tradizionali.

**TEMA 7 GESTIONALE – ECONOMICO**

Il candidato illustri i principali metodi di valutazione degli investimenti, descrivendone le procedure di calcolo e mettendo in evidenza vantaggi e svantaggi.

**TEMA 8 GESTIONALE – IMPIANTI**

Il candidato illustri i principali metodi di previsione della domanda di mercato di beni e servizi industriali.

**TEMA 9 MECCANICA – COSTRUZIONE DI MACCHINE**

Il candidato illustri le diverse fasi dell'attività progettuale nell'industria: dall'individuazione di un bisogno fino alla stesura del progetto esecutivo.

**TEMA 10 MECCANICA – IMPIANTI**

Il candidato illustri gli schemi, i bilanci di massa ed energia ed i diagrammi utili per il dimensionamento degli impianti frigoriferi a compressione.

**TEMA 11 MECCANICA – MACCHINE**

Il candidato descriva le differenze tra i processi di combustione nei motori a ciclo di Diesel ed Otto. Per gli stessi descriva le architetture e i metodi di regolazione della potenza.

**TEMA 12 BIOMEDICA**

Il candidato descriva l'utilizzo dei sensori in ambito biomedico, elencando esempi d'applicazione ed evidenziando schema di funzionamento e/o le criticità legate all'acquisizione ed elaborazione dei segnali in questo ambito.

**TEMA 13 AUTOMAZIONE**

Il candidato descriva le principali tipologie di motori elettrici impiegati in automazione, indicandone vantaggi, svantaggi e alcuni esempi applicativi.

**TEMA 14 AEROSPAZIALE**

Il candidato descriva i principali componenti strutturali di un aeromobile, discutendone le relative funzioni.

# ESAME DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALL'ESERCIZIO DELLA PROFESSIONE DI INGEGNERE INDUSTRIALE SEZ. B

1<sup>^</sup>sess.  
2019

**CRITERIO DI VALUTAZIONE:** Capacità del candidato di rispondere ad un quesito a scelta tra quelli formulati nell'ambito delle materie caratterizzanti il settore. Il voto sarà assegnato sulla base del livello di approfondimento di tale risposta.

**Materiale ammesso:** nessun tipo di documentazione.

## **SECONDA PROVA SCRITTA (Durata: 2 ore) –**

La prova consiste nello svolgimento di uno tra i temi proposti nel seguito

### **TEMA 1 CHIMICA – OPERAZIONI UNITARIE**

Gli scambiatori di calore a fascio tubiero: caratteristiche ed elementi per il dimensionamento.

### **TEMA 2 CHIMICA- PROCESSI**

La produzione d'idrogeno tramite reforming di idrocarburi.

### **TEMA 3 ELETTRICA – MACCHINE**

Il candidato descriva la struttura, il principio di funzionamento e il circuito elettrico equivalente della macchina asincrona trifase. Inoltre, illustri la caratteristica meccanica della macchina alimentata a tensione impressa e frequenza costante.

### **TEMA 4 ELETTRICA – IMPIANTI**

Il candidato descriva le caratteristiche principali dei sistemi TT, TN e IT.

### **TEMA 5 ENERGETICA – NUCLEARE**

Il candidato descriva il principio di funzionamento di un tubo radiogeno.

### **TEMA 6 ENERGETICA – ENERGETICA**

Il candidato elenchi e discuta brevemente l'influenza dei principali parametri di funzionamento del gruppo a vapore per la produzione di energia elettrica sul rendimento termodinamico del ciclo.

### **TEMA 7 GESTIONALE – ECONOMICO**

Il candidato illustri le fasi del ciclo di vita dell'innovazione. Si discuta, inoltre, il caso delle discontinuità tecnologiche e delle innovazioni radicali e incrementali, mettendone in evidenze le differenze e fornendo esempi dettagliati a riguardo.

### **TEMA 8 GESTIONALE – IMPIANTI**

Il candidato presenti i criteri di classificazione e scelta dei mezzi per la movimentazione interna allo stabilimento industriale e, con riferimento ai sistemi flessibili a guida automatizzata (AGV), fornisca i criteri di progettazione della rete, dimensionamento e gestione della flotta.

### **TEMA 9 MECCANICA – COSTRUZIONE DI MACCHINE**

Il candidato dimostri l'andamento delle tensioni all'interno della sezione di una trave ad esse curvilineo soggetta a momento flettente puro.

### **TEMA 10 MECCANICA – IMPIANTI**

Il candidato illustri i criteri, gli schemi ed i diagrammi utili per il dimensionamento degli impianti per la produzione di aria compressa.

### **TEMA 11 MECCANICA – MACCHINE**

Il candidato descriva l'architettura e il funzionamento di un gruppo a vapore per il ciclo Rankine.

### **TEMA 12 BIOMEDICA**

Il candidato illustri la genesi del segnale ECG, le specifiche di un sistema per la sua misura e il suo impiego in ambito clinico.

ESAME DI STATO PER L'ABILITAZIONE  
ALL'ESERCIZIO DELLA PROFESSIONE DI  
INGEGNERE INDUSTRIALE SEZ. B

1<sup>^</sup>sess.  
2019

**TEMA 13 AUTOMAZIONE**

Il candidato descriva la procedura di cancellazione polo-zero nel contesto del design di controllori per sistemi lineari single-input-single-output (SISO). In particolare, si evidenzino gli scenari in cui questa tecnica può/non può essere impiegata e gli effetti di una non perfetta cancellazione.

**TEMA 14 AEROSPAZIALE**

Il candidato illustri le diverse tipologie di motorizzazione ad uso aeronautico, distinguendo opportunamente tra velivoli ad ala fissa e ad ala rotante.

CRITERIO DI VALUTAZIONE: Capacità del candidato di rispondere ad un quesito a scelta tra quelli formulati nell'ambito delle materie caratterizzanti il settore. Il voto sarà assegnato sulla base del livello di approfondimento di tale risposta.

**Materiale ammesso**: nessun tipo di documentazione.

**PROVA ORALE**

CRITERIO DI VALUTAZIONE: Si valuterà la cultura del candidato nelle materie oggetto delle prove scritte ed in legislazione e deontologia professionale. Il voto sarà assegnato sulla base della qualità della discussione.

**Esempi di domande**:

Per tutti: Percorso accademico e professionale.

ESAME DI STATO PER L'ABILITAZIONE  
ALL'ESERCIZIO DELLA PROFESSIONE DI  
INGEGNERE INDUSTRIALE SEZ. B

---

1<sup>^</sup>sess.  
2019

**TERZA PROVA: PROVA PRATICA DI PROGETTAZIONE (Durata: 6 ore)**

La prova consiste nello svolgimento di uno tra i temi proposti nel seguito

**CRITERIO DI VALUTAZIONE:** Capacità del candidato di sviluppare un progetto nell'ambito del percorso formativo. Il voto sarà assegnato sulla base della qualità del progetto e del numero delle sue parti effettivamente sviluppate.

**Materiale ammesso:** libri, manuali e altre pubblicazioni purché rilegati o raccolti in modo stabile per evitare la dispersione dei fogli.

---

---

ESAME DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI INGEGNERE

---

PRIMA SESSIONE 2019 – SEZIONE B

SETTORE INDUSTRIALE

PROVA PRATICA DI PROGETTAZIONE

TEMA N. 1: CHIMICA – OPERAZIONI UNITARIE

---

Si vuole purificare una corrente di Gas Naturale Liquefatto (le cui caratteristiche e composizione sono riportate nella tabella allegata) in modo da ottenere una corrente di testa al 96% di metano attraverso una colonna che opera con il solo tronco di esaurimento alla pressione dell'alimentazione.

Il candidato calcoli

- Numero di piatti teorici, nonché il diametro della colonna, indicando eventuali ipotesi semplificative adottate.
- Calcolare il calore richiesto al ribollitore, indicare un adeguato fluido di servizio ed effettuare un dimensionamento di massima (stima preliminare dell'area di scambio)

Portata	1620 kmol/h
Pressione	23 bar
Temperatura	-95 °C
CH <sub>4</sub>	75%
C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	25%

Per i dati termodinamici e altre correlazioni utilizzate, il candidato faccia riferimento a repertori in suo possesso, indicando esplicitamente la fonte.

La miscela in oggetto è assimilabile come ideale.



---

ESAME DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI INGEGNERE

---

PRIMA SESSIONE 2019 – SEZIONE B

SETTORE INDUSTRIALE

PROVA PRATICA DI PROGETTAZIONE

TEMA N. 2: CHIMICA – PROCESSI

---

Un processo per la produzione di etanale si articola nelle fasi di seguito descritte

- L'alimentazione fresca (solo etanolo, 300 kmol/h) e il riciclo (96% in massa di etanolo e 4% in massa di etanale) sono alimentati, alla temperatura di 320 °C, a un reattore. Nella corrente uscente dal reattore si hanno C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH, CH<sub>3</sub>CHO, H<sub>2</sub> e una portata di etanolo di 343,5 kmol/h. La conversione per passaggio dell'etanolo è del 45%.
- I gas uscenti dal reattore sono inviati a uno stadio di condensazione operante a - 35 °C. Il condensato è costituito da una miscela di etanale e etanolo.
- La corrente liquida uscente dal condensatore è inviata a una colonna di distillazione da cui escono un distillato, che costituisce il prodotto, e un residuo, che costituisce la corrente riciclata in ingresso al reattore. La corrente gassosa uscente dal condensatore è invece inviata a uno scrubber da cui si ottengono una soluzione acquosa, non contenente idrogeno, e una corrente gassosa di idrogeno puro.

- Determinare uno schema stechiometrico atto a descrivere il sistema reagente.

Calcolare:

- le portate di tutti i componenti in tutte le correnti;
- la conversione globale dell'etanolo e la resa in etanale nel reattore;
- la temperatura della corrente uscente dal reattore nell'ipotesi che sia all'equilibrio termodinamico;
- la potenza termica da scambiare al reattore nell'ipotesi di cui alla 4).

DATI

pressione in tutti gli apparati: 1 bar

Etanolo:  $\ln P^* = 18,9119 - 3803,98/(T - 41,68)$  T in K

Etanale:  $\ln P^* = 16,2418 - 2465,15/(T - 37,15)$  P\* in mmHg

Per gli altri dati termodinamici, il candidato faccia riferimento a repertori in suo possesso.

---

ESAME DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI INGEGNERE

---

PRIMA SESSIONE 2019 – SEZIONE B

SETTORE INDUSTRIALE

PROVA PRATICA DI PROGETTAZIONE

TEMA N. 3: ELETTRICA – MACCHINE

---

All'interno della cabina di trasformazione MT/BT di uno stabilimento industriale sono presenti due trasformatori trifase collegati in parallelo, aventi i seguenti dati di targa:

**Trasformatore T1**

- Potenza nominale 3150 kVA
- Rapporto di trasformazione  $V_{1n}/V_{20} = 24000/400$
- Tensione di corto circuito  $V_{cc}\% = 6.0 \%$
- Perdite nel ferro  $P_0 = 4300 \text{ W}$
- Perdite nel rame a  $75^\circ\text{C}$   $P_{cc} = 19200 \text{ W}$
- Tipo di collegamento Dy5

**Trasformatore T2**

- Potenza nominale 2500 kVA
- Rapporto di trasformazione  $V_{1n}/V_{20} = 24000/400$
- Tensione di corto circuito  $V_{cc}\% = 5.5 \%$
- Perdite nel ferro  $P_0 = 3600 \text{ W}$
- Perdite nel rame a  $75^\circ\text{C}$   $P_{cc} = 16600 \text{ W}$
- Tipo di collegamento Dy5

La richiesta di potenza massima è 4700 kW con un fattore di potenza in tali condizioni di  $\cos\phi$  0.90 in ritardo, si determini:

- 1) la ripartizione del carico fra le due macchine nelle condizioni previste di carico di punta;
- 2) le perdite nel funzionamento a vuoto del parallelo;
- 3) Si determini la massima potenza erogabile al carico con  $\cos\phi = 0.86$ , ammettendo un sovraccarico massimo del 10%.
- 4) Si valuti il rendimento in energia mensile supponendo che la richiesta di potenza media prevista sia la seguente:

Sabato e giorni festivi:				400 kW	$\cos\phi = 0.70$	
Giorni feriali:	dalle	8	alle	12	4000 kW	$\cos\phi = 0.89$
	dalle	12	alle	14	2800 kW	$\cos\phi = 0.86$
	dalle	14	alle	18	4500 kW	$\cos\phi = 0.9$
	dalle	18	alle	8	850 kW	$\cos\phi = 0.85$

---

ESAME DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI INGEGNERE

---

PRIMA SESSIONE 2019 – SEZIONE B

SETTORE INDUSTRIALE

PROVA PRATICA DI PROGETTAZIONE

TEMA N. 4: ELETTRICA – IMPIANTI

---

Si richiede di dimensionare l'impianto elettrico di uno stabilimento industriale per l'alimentazione dei seguenti carichi di bassa tensione:

1. Prima area di carichi costituita da 2 motori asincroni con potenza nominale pari a 200 kW e fattore di potenza 0,88;
2. Seconda area di carichi costituita da 3 motori asincroni ciascuno con potenza nominale pari a 85 kW e fattore di potenza 0,85;
3. carichi statici corrispondenti complessivamente ad una potenza mediamente assorbita di 150 kW a fattore di potenza 0,85.

L'impianto è connesso alla rete pubblica di media tensione, avente le seguenti caratteristiche:

- tensione nominale di 20 kV;
- corrente di cortocircuito trifase uguale a 12,5 kA;
- neutro compensato;
- corrente di guasto a terra 50 A con tempo di eliminazione del guasto  $> 10$  s.

Al candidato si richiede di:

1. dimensionare la potenza da installare in cabina di trasformazione;
2. dimensionare il cavo di collegamento in media tensione tra cabina di ricevimento e cabina di trasformazione, lungo 50 m;
3. dimensionare le apparecchiature di manovra e protezione di media tensione;
4. dimensionare la linea in cavo lunga 25 m che va dal quadro generale di bassa tensione al quadro dei motori da 200 kW;
5. calcolare il potere di interruzione e di chiusura minimo degli interruttori da installare nel quadro generale di bassa tensione tenendo conto, se necessario, del contributo dei motori asincroni da 200 kW;
6. dimensionare l'impianto di rifasamento;
7. dimensionare la parte disperdente dell'impianto di terra tenendo presente che la resistività del suolo è di  $250 \Omega\text{m}$  e che il perimetro dello stabilimento è di 350 m;

Il candidato potrà supplire con le proprie conoscenze ai dati non forniti nel testo giustificando le relative ipotesi.

---



---

ESAME DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI INGEGNERE

---

PRIMA SESSIONE 2019 - SEZIONE B

SETTORE INDUSTRIALE

PROVA PRATICA DI PROGETTAZIONE

TEMA 5: ENERGETICA - NUCLEARE

---

Il Candidato consideri l'ambiente mostrato in Figura, di dimensioni  $4 \times 4$  ( $16m^2$ ). Facendo riferimento allo schema in Figura, gli ambienti B e D sono uffici, l'ambiente C un parcheggio all'aperto e l'ambiente A rappresenta un corridoio senza sedie. L'ambiente sopra il locale è un ufficio, mentre quello posto al piano inferiore è un parcheggio interrato. Le pareti verticali sono costituite da calcestruzzo di spessore 8cm, ad eccezione di quella affacciata verso il parcheggio, di spessore 20cm. Il soffitto ed il pavimento hanno uno spessore di 15cm. Il tubo radiogeno opera ad una tensione di picco di 200 kV e corrente anodica 100mA. Si consideri una superficie del corpo diffondente pari a  $800cm^2$  durante tutto l'utilizzo settimanale del tubo radiogeno. Si considerino i seguenti scenari di utilizzo:

1. Il tubo viene utilizzato per radiografie al torace per 15h/sett, con il fascio diretto verso l'ufficio D a 3m di distanza.
2. Il tubo lavora per 10h/settimana posto 1m sopra ad un lettino, puntando verso il pavimento.
3. Il tubo lavora per 25/settimana, con carico di lavoro pari a quello dei punti 1 e 2.

Il Candidato, considerando gli schermaggi necessari per la radiazione primaria e secondaria, determini se occorrono schermature supplementari. Il Candidato scelga e giustifichi, in base alle normative nazionali vigenti e ai criteri indicati dalle norme di buona tecnica, tutti i parametri necessari al calcolo non specificati, precisando le ipotesi e le considerazioni fatte.

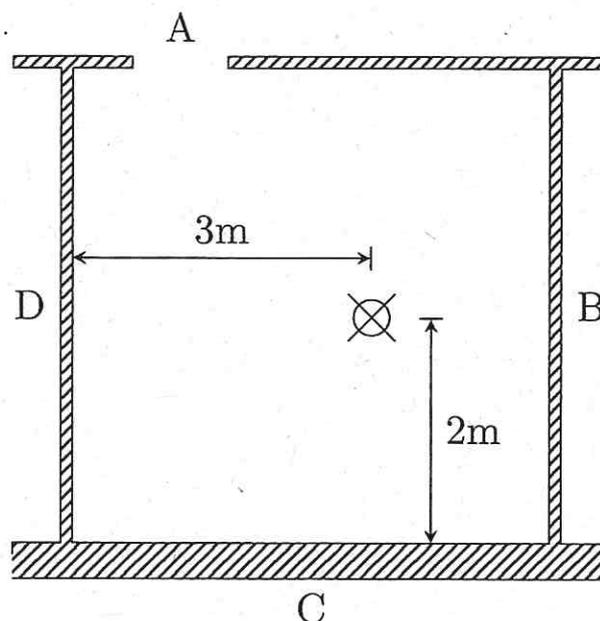


Figura 1: Piantina del locale radiologia.

---

ESAME DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI INGEGNERE

---

PRIMA SESSIONE 2019 – SEZIONE B

SETTORE INDUSTRIALE

PROVA PRATICA DI PROGETTAZIONE

TEMA N. 6: ENERGETICA – ENERGETICA

---

Si consideri un sistema energetico con turbina a gas a ciclo di Brayton rigenerativo per la generazione elettrica (Figura 1). Lo scambiatore S, posto a monte della camera di combustione, serve ad innalzare la temperatura dell'aria in uscita dal compressore sfruttando l'elevato contenuto entalpico dei gas scaricati dalla turbina. Il compressore è caratterizzato da un rendimento isoentropico  $\eta_{c,is} = 0.8$  ed un rapporto di compressione  $\beta_c = 10$ . Nella camera di combustione viene alimentato gas naturale con potere calorifico inferiore di 47 MJ/kg. I gas subiscono una perdita di pressione  $\Delta p_{cc}$  del 5 %, attraversando la camera di combustione. Si può assumere un rendimento di combustione pari a 0.99. I fumi in uscita dalla camera di combustione sono caratterizzati da un calore specifico  $c_{p,g} = 1.2$  kJ/kg/K e costante dei gas  $R_g = 291$  J/kg/K. La turbina a gas è progettata per lavorare con temperature del gas in ingresso alla turbina che possono raggiungere i 1200 °C, con rendimento isoentropico uguale a  $\eta_{t,is} = 0.85$ .

Lo scambiatore di calore a superficie per la rigenerazione presenta una differenza minima di temperatura fra fumi e aria (pinch point) pari a 50 °C; le perdite di carico sono pari al 5 % sia lato aria che lato gas combusti. I fumi vengono infine scaricati in ambiente.

Per l'aria ambiente si faccia riferimento alle condizioni ISO (calore specifico  $c_{p,a} = 1$  kJ/kg/K e costante dei gas  $R_a = 287$  J/kg/K).

### Risultati richiesti

- 1) Si ricavino i valori di temperatura e pressione in tutti i punti del ciclo termodinamico, potenza utile prodotta, portata di combustibile da alimentare e rendimento dell'impianto, sapendo che la portata d'aria aspirata dal compressore è pari a 100 kg/s. Si disegni il diagramma temperatura-entropia qualitativo del ciclo, inserendo tutti i punti presenti nello schema di **Figura 1**. Si disegni il diagramma di scambio termico relativo allo scambiatore di recupero, indicando i valori di temperatura dei fluidi in ingresso ed in uscita dallo scambiatore, e il valore della potenza termica scambiata.
- 2) Si confronti l'impianto turbogas rigenerativo con un sistema a ciclo di Brayton semplice. Si ridefinisca il layout dell'impianto; a parità di condizioni operative, si ricavino i valori di temperatura e pressione in tutti i punti del ciclo termodinamico, la potenza utile prodotta, la portata di combustibile da alimentare e il rendimento dell'impianto.
- 3) Si ricavino i risultati richiesti dai punti 1) e 2) (ottenuti considerando un rapporto di compressione  $\beta_c = 10$ ) anche per il caso in cui  $\beta_c = 15$ . Si motivi l'andamento del rendimento al variare del rapporto di compressione nel caso di turbogas semplice e nel caso con rigenerazione.

ESAME DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI INGEGNERE

PRIMA SESSIONE 2019 – SEZIONE B

SETTORE INDUSTRIALE

PROVA PRATICA DI PROGETTAZIONE

TEMA N. 6: ENERGETICA – ENERGETICA

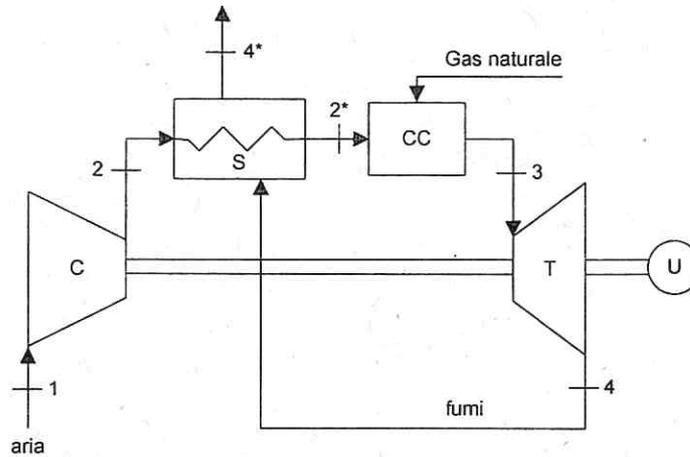


Figura 1. Schema turbina a gas con rigenerazione.

Tabella 1. Stati fisici turbina a gas con rigenerazione

		1	2	2*	3	4	4*
$B_c = 10$	T (°C)						
	P (bar)						
$B_c = 15$	T (°C)						
	P (bar)						

Tabella 2. Stati fisici turbina a gas semplice

		1	2	3	4
$B_c = 10$	T (°C)				
	P (bar)				
$B_c = 15$	T (°C)				
	P (bar)				

Tabella 3. Confronto prestazioni turbina a gas con e senza rigenerazione

	Prestazioni	TG con rigenerazione	TG semplice
$B_c = 10$	Portata di combustibile		
	Calore introdotto (MW)		
	Potenza utile prodotta		
	Rendimento		
$B_c = 15$	Portata di combustibile		
	Calore introdotto (MW)		
	Potenza utile prodotta		
	Rendimento		

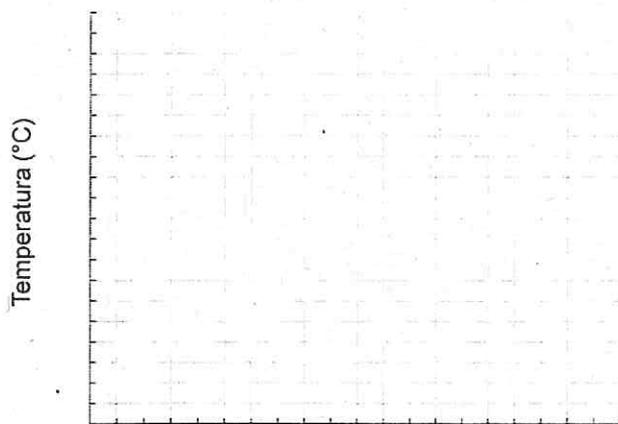
ESAME DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI INGEGNERE

PRIMA SESSIONE 2019 – SEZIONE B

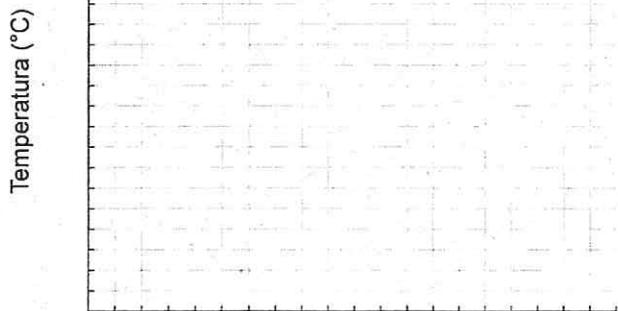
SETTORE INDUSTRIALE

PROVA PRATICA DI PROGETTAZIONE

TEMA N. 6: ENERGETICA – ENERGETICA

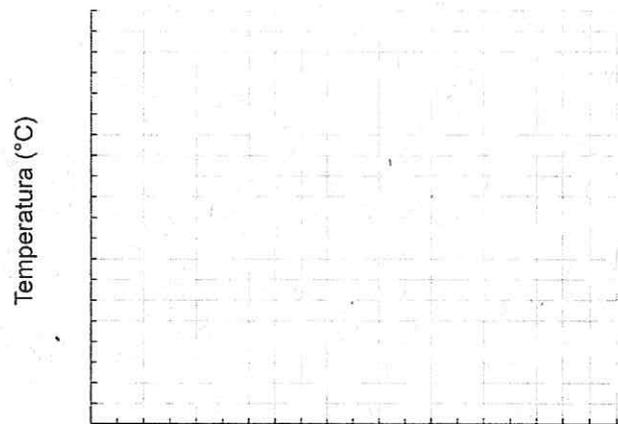


Entropia (kJ/kg)

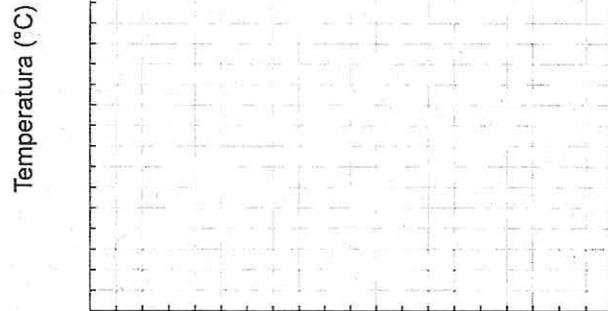


Potenza termica (MW)

**Figura 2.** Diagrammi caso  $B_c = 10$ .



Entropia (kJ/kg)



Potenza termica (MW)

**Figura 3.** Diagrammi caso  $B_c = 15$ .

---

ESAME DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI INGEGNERE

---

PRIMA SESSIONE 2019 – SEZIONE B

SETTORE INDUSTRIALE

PROVA PRATICA DI PROGETTAZIONE

TEMA N. 7: GESTIONALE – ECONOMICO

---

Il candidato risolva il caso dell'impresa S&G srl, azienda milanese di piccole dimensioni specializzata nella produzione di capi di abbigliamento a partire da fibre 100% naturali.

Essendo ormai prossima la chiusura dei libri contabili, il management è intenzionata a conoscere la posizione reddituale e finanziaria dell'azienda e incarica l'ufficio contabilità di svolgere le opportune rilevazioni. Di seguito sono riportati i dati economici rilevati dal sistema informativo aziendale per l'anno 2018 (valori in migliaia di euro):

	31/12/2018
Ricavi dalle vendite	8.650 €
Debiti finanziari vs banche (c/corrente)	1.500 €
Crediti commerciali	3.550 €
Acquisti di materie prime	2.600 €
Salari e oneri industriali	1.000 €
Impianti e macchinari	15.500 €
Debiti vs fornitori	1.320 €
Mutui e prestiti obbligazionari	4.800 €
Capitale sociale	18.500 €
Trattamento di Fine Rapporto	2.000 €
Salari e oneri amministrativi	800 €
Diritti Industriali	12.080 €
Interessi passivi	630 €
Quota Ammortamento Imm. materiali	1.033 €
Oneri straordinari	950 €
Quota TFR industriale	100 €
Denaro e valori in cassa	6.289 €
Quota TFR amministrativo	80 €
Proventi straordinari	350 €
Quota Ammortamento Imm. immateriali	1.208 €
Fondo Rischi e Oneri	1.700 €
Riserve	7.000 €
Reddito d'esercizio	?
Debiti tributari	?
Imposte sul reddito	?

---

ESAME DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI INGEGNERE

---

PRIMA SESSIONE 2019 – SEZIONE B

SETTORE INDUSTRIALE

PROVA PRATICA DI PROGETTAZIONE

TEMA N. 7: GESTIONALE – ECONOMICO

---

Le voci di cui sopra sono fornite al candidato in ordine sparso e sono relative ai documenti di STATO PATRIMONIALE E CONTO ECONOMICO relativamente all'esercizio 2018. Si tenga conto che le immobilizzazioni sono riportate al netto del fondo di ammortamento e che nel 2018 l'impresa non ha versato dividendi e le imposte sono state pari al 50% dell'utile.

PARTE PRIMA

Al candidato si richiede di:

1. riclassificare i documenti di stato patrimoniale secondo il criterio della liquidità/esigibilità crescente e di conto economico a costo del venduto.
2. calcolare l'utile d'esercizio per l'anno 2018.
3. verificare che sia stata rispettata l'equazione fondamentale di bilancio una volta conclusa la riclassificazione.
4. calcolare ROI, ROE, ROS al 31.12.2018, esplicitando la formula e commentando i risultati.

PARTE SECONDA

L'azienda realizza due prodotti, Green Cotton e Green Wool, per ciascuno dei quali utilizza i materiali X e Y. I costi standard (costi unitari) sono i seguenti:

	<b>Materiale X</b>	<b>Materiale Y</b>	<b>Manodopera diretta</b>
Green Cotton	3 kg 10 €/kg	1 kg 4 €/kg	1/5 h 14 €/kg
Green Wool	5 kg 10 €/kg	2 kg 4 €/kg	1/3 ora 14 €/h

Nel mese di marzo sono state prodotte 40.200 unità di Green Cotton e 35.600 unità di Green Wool. Inoltre, sono stati acquistati 300 t di X a 9,50 €/kg e 120 t kg di Y a 4,70 €/kg e tutti questi materiali (e nessun altro) sono stati utilizzati per la produzione del mese che ha richiesto 19.025 ore di manodopera diretta ad un costo di 13,60 €/h.

Si richiede di:

1. calcolare le varianze di prezzo e di efficienza dei materiali diretti;
2. calcolare le varianze di prezzo e di efficienza della manodopera diretta;
3. dire come cambierebbero le risposte (1) e (2) se si assumesse un valore programmato di produzione di marzo di 38.000 unità di Green Cotton e di 39.500 unità di Green Wool;
4. dire come cambierebbero le risposte (1) e (2) nell'ipotesi che le vendite di marzo di Green Cotton siano state di 40.000 unità e quelle di Green Wool di 30.500 unità.

---

ESAME DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI INGEGNERE

---

PRIMA SESSIONE 2019 – SEZIONE B

SETTORE INDUSTRIALE

PROVA PRATICA DI PROGETTAZIONE

TEMA N. 7: GESTIONALE – ECONOMICO

---

PARTE TERZA

Il management sta valutando la possibilità di espandere la produzione al fine di commercializzare un terzo prodotto che porterebbe un aumento degli utili 2018 (quelli calcolati in Parte I) pari al 5% per gli anni 2020-2021 e del 7% per gli anni a venire rispetto a quanto registrato l'anno precedente. Questo richiederebbe però l'acquisizione di un nuovo macchinario con decorrenza 01/01/2020. Il macchinario verrebbe acquistato ad un prezzo di € 140.000 con possibilità di alienazione al 31/12/2024 al suo valore contabile, sapendo che verrà applicata una politica di ammortamento ad aliquota costante pari al 10% annuo.

Ipotizzando un tasso di interesse di mercato pari al 5% e che le altre voci rimangano invariate, determinare:

- a) i flussi di cassa per ogni anno di vita utile del macchinario;
- b) il valore attuale netto.

---

# ESAME DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI INGEGNERE

---

PRIMA SESSIONE 2019 – SEZIONE B

SETTORE INDUSTRIALE

PROVA PRATICA DI PROGETTAZIONE

TEMA N. 8: GESTIONALE – IMPIANTI

---

## PARTE A

L'azienda PincoPallo Srl è una piccola impresa italiana leader nel settore della produzione di macchine per l'agricoltura. L'azienda ha recentemente acquistato un nuovo impianto produttivo con un esborso iniziale pari a 3.25M € (milioni di euro). L'azienda ha deciso di ammortizzare il bene utilizzando il modello a quota capitale costante. In particolare, la vita utile dell'impianto è ipotizzata pari a 22 anni, il costo opportunità del capitale è del 4% ed il valore residuo del bene dopo 22 anni è supposto pari a € 480.000 attualizzati ad oggi.

Si chiede al candidato Ingegnere di:

1. presentare il piano di ammortamento dell'impianto;
2. rappresentare graficamente i risultati ottenuti;
3. commentare i risultati ottenuti.

## PARTE B

Il management dell'azienda si trova, inoltre, a dover effettuare un'analisi previsionale della domanda di mercato di un suo prodotto di punta: il tagliaerba Tall Grass. Dall'analisi dello storico delle vendite degli ultimi mesi sono emersi i seguenti valori (espressi in unità di prodotto vendute).

<i>Periodo</i>	<i>Domanda effettiva (di)</i>
Novembre 2018	1001
Dicembre 2018	964
Gennaio 2019	1190
Febbraio 2019	856
Marzo 2019	798
Aprile 2019	963
Maggio 2019	1210
Giugno 2019	1235
Luglio 2019	$D_{Luglio2019} = ??$

---

Nota. Per ogni dato mancante nel testo fare riferimento alle regole del buon progetto.

---

ESAME DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI INGEGNERE

---

PRIMA SESSIONE 2019 – SEZIONE B

SETTORE INDUSTRIALE

PROVA PRATICA DI PROGETTAZIONE

TEMA N. 8: GESTIONALE – IMPIANTI

---

Storicamente l'azienda, per la previsione della domanda, utilizza il metodo dello smorzamento esponenziale interrogandosi, ogni volta, sul più opportuno valore della costante di smorzamento da adottare. Si chiede al candidato Ingegnere di:

- determinare il valore atteso di domanda per il mese di Luglio 2019 utilizzando il più opportuno tra i valori 0,2 e 0,6 della costante di smorzamento;
- valutare la bontà della previsione utilizzando come parametro di confronto la deviazione media assoluta;
- Commentare i risultati ottenuti.

**PARTE C**

Una questione rilevante per l'azienda è lo sviluppo di un progetto di ingegnerizzazione del processo di assemblaggio manuale del tagliaerba. In questa fase, l'Ing. Belloni, addetto allo sviluppo del progetto, sta analizzando i risultati delle misure sul campo delle diverse attività di assemblaggio per determinare il tempo complessivo di transito in linea del prodotto. L'Ing. Belloni ha analizzato i dati di ognuna delle attività necessarie per la realizzazione del prodotto, ottenendo i seguenti risultati, espressi in minuti.

Attività	Durata ottimistica	Durata tipica	Durata pessimistica	Vincoli precedenza
A	5	7	9	-
B	8	8	8	A
C	1	2	3	B
D	3	4	6	B-C
E	9	12	15	C-D
F	6	13	17	E
G	1	2	3	E
H	5	6	7	G
I	10	10	11	E-H

Al candidato Ingegnere si chiede di:

- costruire il diagramma delle precedenze tecnologiche delle attività di assemblaggio;
- applicare il metodo Program Evaluation & Review Technique (PERT) per calcolare il tempo atteso di assemblaggio di ogni prodotto e la deviazione standard su tale valore;
- evidenziare le attività a cui prestare maggiore attenzione per evitare ritardi nel completamento dell'operazione di assemblaggio determinando gli slittamenti liberi, concatenati e totali;

*Nota. Per ogni dato mancante nel testo fare riferimento alle regole del buon progetto.*

---

ESAME DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI INGEGNERE

---

PRIMA SESSIONE 2019 – SEZIONE B

SETTORE INDUSTRIALE

PROVA PRATICA DI PROGETTAZIONE

TEMA N. 8: GESTIONALE – IMPIANTI

---

10. discutere l'impatto di un raddoppiamento dei tempi di esecuzione dell'attività F sul tempo totale di assemblaggio di ogni prodotto;

11. commentare opportunamente e criticamente i risultati ottenuti.

**PARTE D**

Relativamente alla scocca del tagliaerba, si supponga di dover schedulare la seguente lista di job necessari alla sua produzione su di un sistema a macchina singola (dati espressi in periodi).

Job	Release date - $I_j$	Processing time - $t_j$	Due date - $d_j$
1	0	1	7
2	0	6	25
3	0	6	13
4	0	14	21
5	0	4	16

Al candidato Ingegnere si chiede di:

12. Svolgere completamente la schedulazione secondo la regola EDD;

13. Svolgere completamente la schedulazione secondo la regola MST;

14. Determinare quella ottimale in termini combinati di lateness medio, makespan e numero di job in ritardo.

**PARTE E**

PincoPallo Srl produce e commercializza anche concimi biologici per l'agricoltura ed opera con le più grandi società di distribuzione italiane. La distribuzione dei prodotti sul mercato avviene mediante trasporto su gomma per il collegamento dell'azienda con i Ce.Di. di un'importante catena di supermercati, in cui questi prodotti vengono poi venduti al consumatore finale. Per il concime NoPoison, vengono prodotti brick di dimensioni 55x30x55 (h) cm e peso 2,85 kg. I brick devono poi essere raggruppati in un fardello da 2 brick, che poi deve essere pallettizzato. L'imballaggio terziario utilizzato dall'azienda è l'EPAL 800x1200x150 con capacità di carico di 2000 kg, tara 25 kg, altezza massima 1300 mm e debordo consentito 4% (somma di entrambi i lati).

Al candidato Ingegnere si chiede di:

15. determinare il rendimento volumetrico secondario e terziario;

16. individuare il numero massimo di brick contenibili in ogni pallet.

---

*Nota. Per ogni dato mancante nel testo fare riferimento alle regole del buon progetto.*

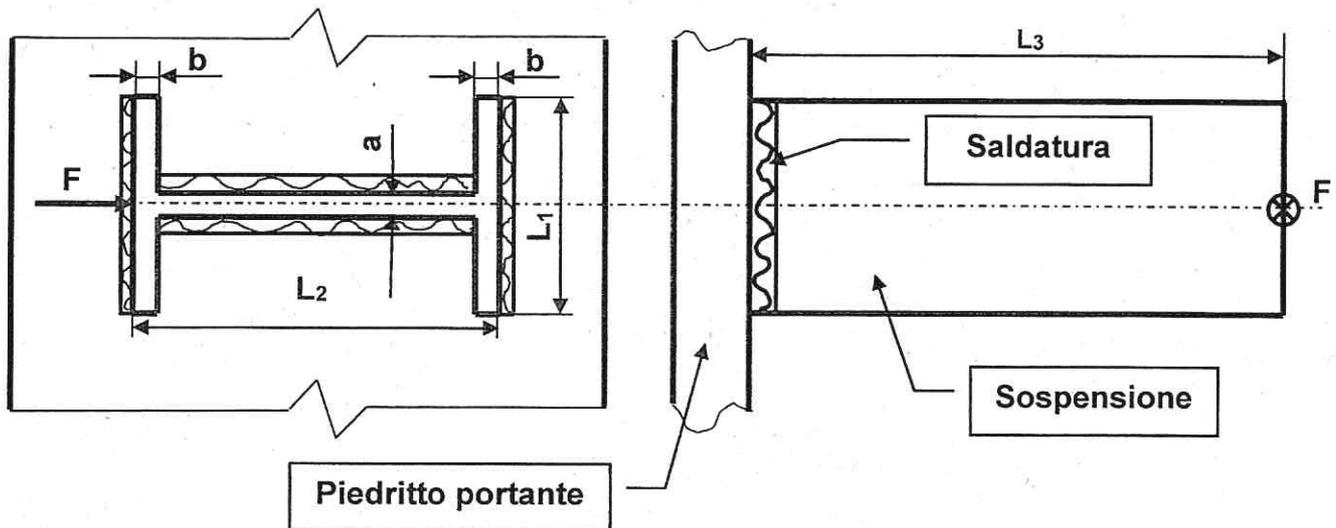
ESAME DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI INGEGNERE

PRIMA SESSIONE 2019 – SEZIONE B

SETTORE INDUSTRIALE

PROVA PRATICA DI PROGETTAZIONE

TEMA N. 9: MECCANICA – COSTRUZIONE DI MACCHINE



La sospensione di figura è caricata da una forza esterna orizzontale statica  $F=20\text{kN}$  ed è sostenuta da quattro cordoni di saldatura realizzati d'angolo tra il profilo IPE ed il piedritto portante. Determinare lo spessore minimo  $h$  della saldatura supponendo di scegliere un coefficiente di sicurezza  $CS=2,5$  rispetto al limite di snervamento del materiale d'apporto  $S_y=300\text{ MPa}$ .

Si consideri l'asse neutro di flessione coincidente con l'asse baricentrico del profilo IPE ed una densità dell'acciaio  $\rho=7850\text{ kg/m}^3$ . Il Profilo IPE è caratterizzato dalle seguenti dimensioni:

$L_1=200\text{mm}$

$L_2=400\text{mm}$

$L_3=1600\text{mm}$

$a=6\text{mm}$

$b=8\text{mm}$ .

**Dimensionamento di un'autoclave**

In un impianto per la distribuzione dell'acqua è inserito un serbatoio in pressione, l'autoclave, che alimenta varie utenze ed evita continue accensioni e spegnimenti da parte della pompa. In particolare, la portata richiesta dalle utenze risulta pari a 5 lt/s mentre la portata di acqua elaborata dalla pompa risulta pari a 7 lt/s.

Dal punto di vista impiantistico, la pressione necessaria per alimentare l'acqua all'utenza più sfavorita risulta pari a  $p_0 = 15 \text{ mH}_2\text{O}$ . La pressione massima  $p_1$  di funzionamento del serbatoio è scelta pari a  $p_1 = 25 \text{ mH}_2\text{O}$  per evitare dimensioni eccessive del serbatoio e criticità di funzionamento dell'impianto.

Per evitare danneggiamenti alla pompa inoltre si assuma un numero massimo di scatti orari pari a 6 scatti/h. Si assume inoltre un volume minimo di acqua in autoclave pari al 20% del volume  $V$  (calcolato come differenza tra il livello min. e max. dell'acqua).

In riferimento alle condizioni indicate il candidato risolva i seguenti quesiti:

1. Disegnare il P&ID dell'autoclave riportandone tutti i componenti necessari al funzionamento ed i segnali di controllo;
2. Calcolare il volume  $V$  (differenza tra il livello min. e max.), il volume  $V_0$  (volume minimo occupato dal cuscino di aria), il volume totale interno dell'autoclave (acqua e aria) assumendo che durante il reintegro dell'acqua non vi sia prelievo da parte delle utenze.
3. Al fine di valutare l'impatto di alcuni parametri sul dimensionamento dell'autoclave, il candidato riporti l'andamento del volume totale (ordinata) al variare della pressione massima  $p_1$  di funzionamento dell'autoclave e della portata elaborata dalla pompa nei diagrammi forniti (ascissa). Si mantengano tutti gli altri parametri di progetto assegnati (portata utenze e pressione minima richiesta).
4. Il candidato commenti i risultati ottenuti al punto 3 evidenziando i criteri di scelta dei parametri di funzionamento con particolare attenzione alle criticità impiantistiche.
5. Calcolare il volume  $V$  (differenza tra il livello min. e max.), il volume  $V_0$  (volume minimo occupato dal cuscino di aria), il volume totale interno dell'autoclave (acqua e aria) assumendo che durante il reintegro dell'acqua vi sia prelievo da parte delle utenze.

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



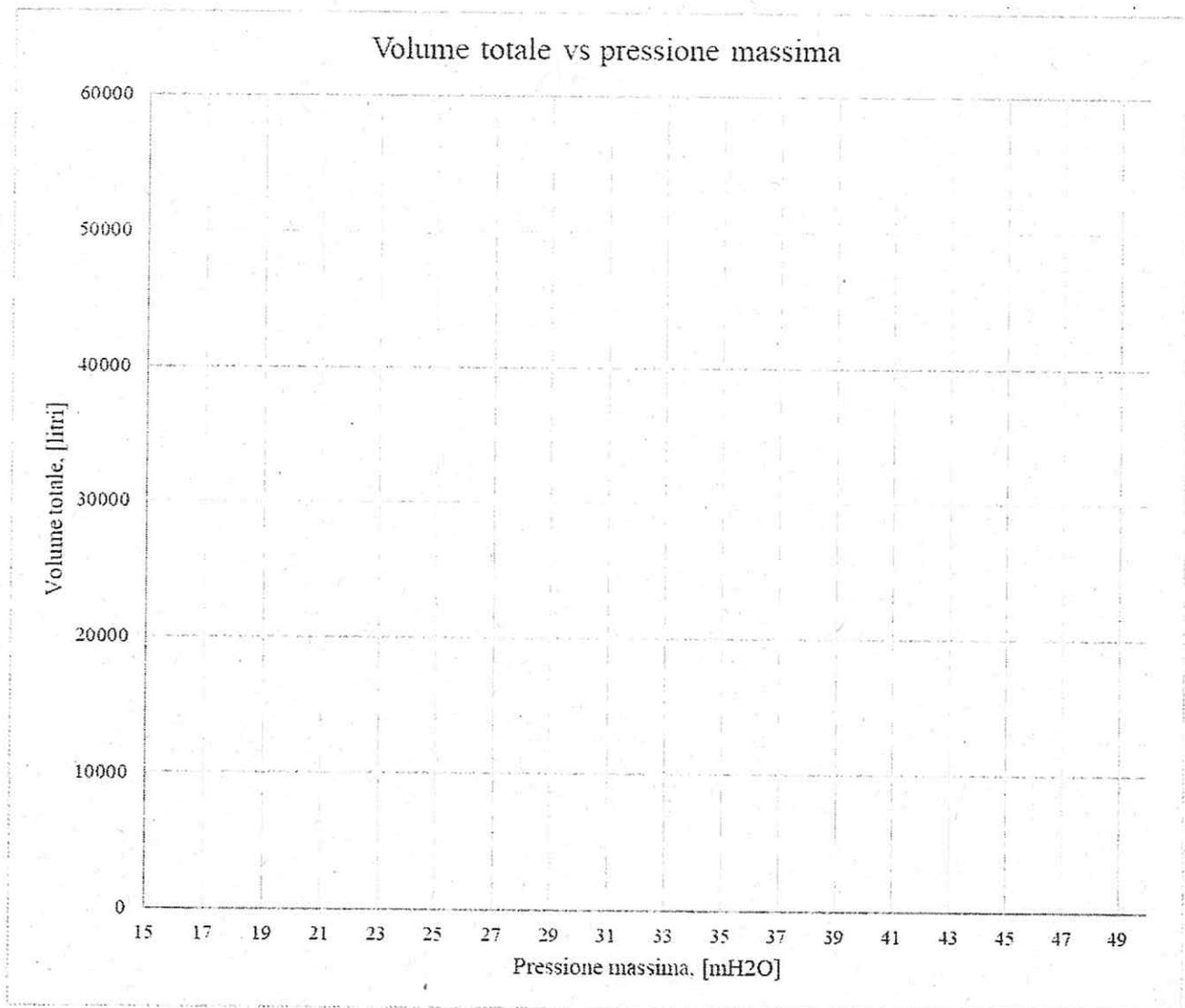
ESAME DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI INGEGNERE

PRIMA SESSIONE 2019 – SEZIONE B

SETTORE INDUSTRIALE

PROVA PRATICA DI PROGETTAZIONE

TEMA N. 10: MECCANICA – IMPIANTI



*[Handwritten signature]*

*[Handwritten signature]*

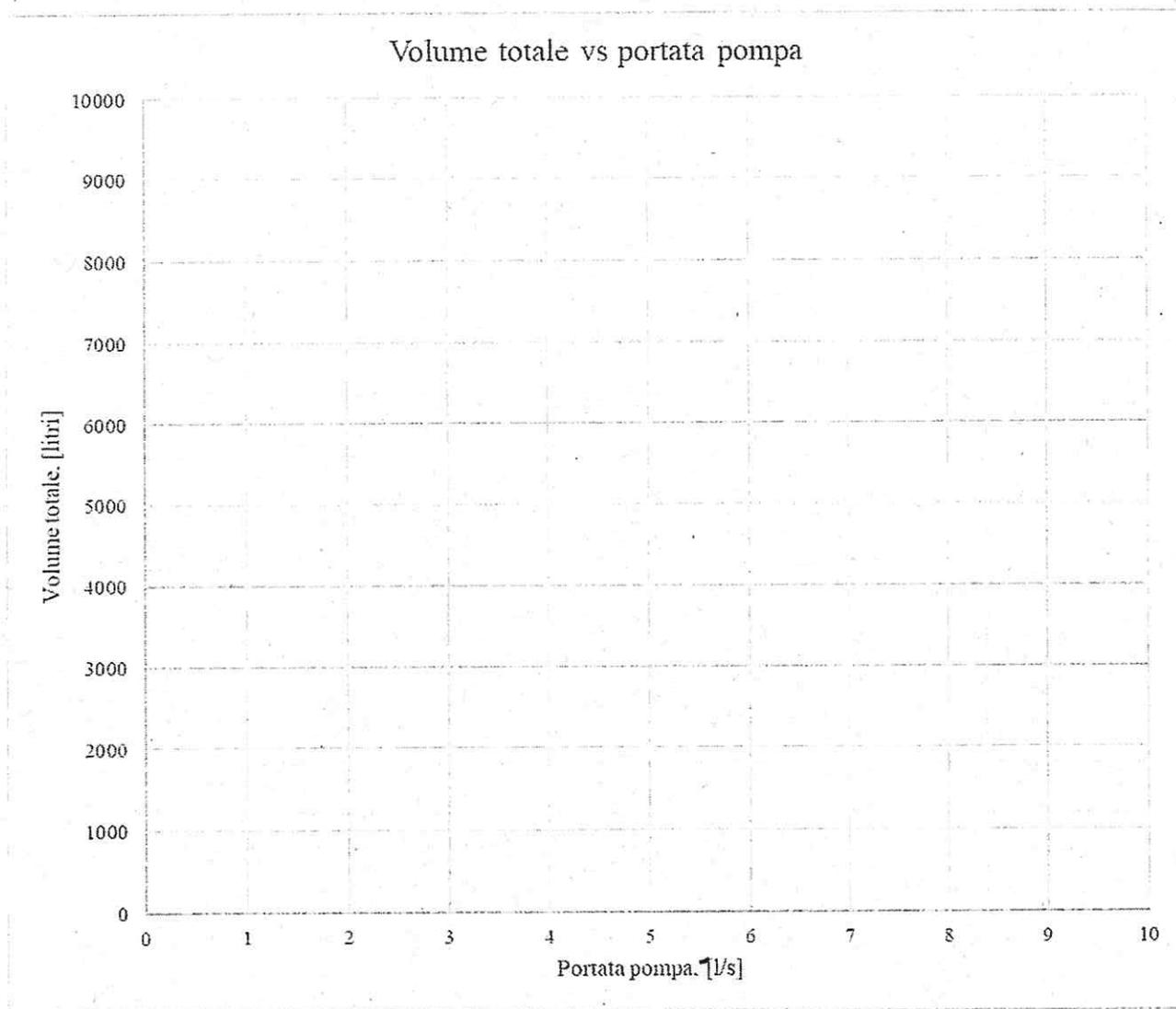
ESAME DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI INGEGNERE

PRIMA SESSIONE 2019 – SEZIONE B

SETTORE INDUSTRIALE

PROVA PRATICA DI PROGETTAZIONE

TEMA N. 10: MECCANICA – IMPIANTI



*[Handwritten signature]*

*[Handwritten signature]*

---

ESAME DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI INGEGNERE

---

PRIMA SESSIONE 2019 – SEZIONE B

SETTORE INDUSTRIALE

PROVA PRATICA DI PROGETTAZIONE

TEMA N. 11: MECCANICA – MACCHINE

---

Il candidato consideri un motore a combustione interna a ciclo Otto (un solo cilindro di 500 cc) con velocità di 9000 rpm ed un rapporto di compressione pari a 10. Si assuma che il volume d'aria aspirato per ciclo sia uguale al volume del cilindro. La pressione e temperatura di inizio compressione sono di 1 bar e 800 K rispettivamente. Il calore specifico fornito all'aria dalla sorgente calda è di 1600 kJ/(kg·K). Si determinino:

- l'efficienza del ciclo;
- gli stati fisici (temperatura e pressione) in ogni punto del ciclo;
- la potenza;
- la coppia.

Per sfruttare l'energia dei gas di scarico, questi vengono introdotti in uno scambiatore di calore che riscalda acqua. Il gas entra a una temperatura uguale a quella di fine espansione e l'acqua entra a una temperatura di 298 K. Lo scambiatore ha una efficienza del 70% e il flusso d'acqua è di 3 kg/min. Si chiede di calcolare:

- la temperatura di uscita dei gas;
- la temperatura di uscita dell'acqua;
- il calore scambiato.

Dati aggiuntivi:

$$C_v \text{ aria} = 0.718 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$$

$$C_p \text{ aria} = 1 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$$

$$\rho_v \text{ aria} = 1.161 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$\text{Calore specifico per acqua} = 4.18 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$$

---

ESAME DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI INGEGNERE

---

PRIMA SESSIONE 2019 – SEZIONE B

SETTORE INDUSTRIALE

PROVA PRATICA DI PROGETTAZIONE

TEMA N. 12: BIOMEDICA

---

Il freezing of gait, o blocco motorio, è un disturbo che può insorgere nel corso dell'evoluzione della malattia di Parkinson. Il freezing si può manifestare come un'improvvisa impossibilità ad iniziare/continuare la marcia o a cambiare direzione. Si può osservare anche quando il paziente deve attraversare passaggi ristretti o camminare in uno spazio affollato. Nel tentativo di procedere i pazienti portano il busto in avanti, compromettendo l'equilibrio e/o facendo passi molto brevi.

Nel tentativo di superare questo stato di forzata immobilità, i pazienti utilizzano strategie che si avvalgono di stimoli sensoriali esterni di diversa natura.

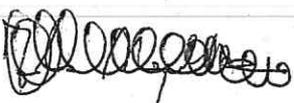
Ad esempio, la stimolazione uditiva ritmica (cueing uditivo) è utilizzata come strumento di assistenza per il freezing. Il cueing uditivo consiste in un suono ritmico che viene generato al rilevamento di un episodio di freezing tramite accelerometri. Questa tecnica permette di aiutare il paziente a proseguire o riprendere un'andatura costante, ma tramite gli accelerometri non sempre si riesce a identificare l'episodio di freezing.

Tuttavia, in concomitanza all'evento di freezing possono essere presenti anche alterazioni nei segnali EMG, ECG, EEG oltre alla reazione vincolare al terreno durante il cammino.

Per sviluppare un sistema indossabile multimodale per la predizione e la prevenzione del freezing, il candidato:

1. Progetti e descriva la struttura complessiva del sistema multimodale ideato;
2. Sulla base delle scelte progettuali effettuate discutere la classificazione del dispositivo medico e gli aspetti normativi da rispettare;
3. Selezioni almeno una delle grandezze elettrofisiologiche/meccaniche acquisite dal sistema descritto nel punto 1. e ne descriva i dettagli della catena di acquisizione.

---



ESAME DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI INGEGNERE

PRIMA SESSIONE 2019 – SEZIONE B

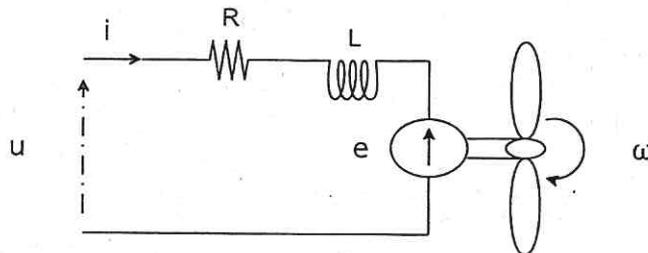
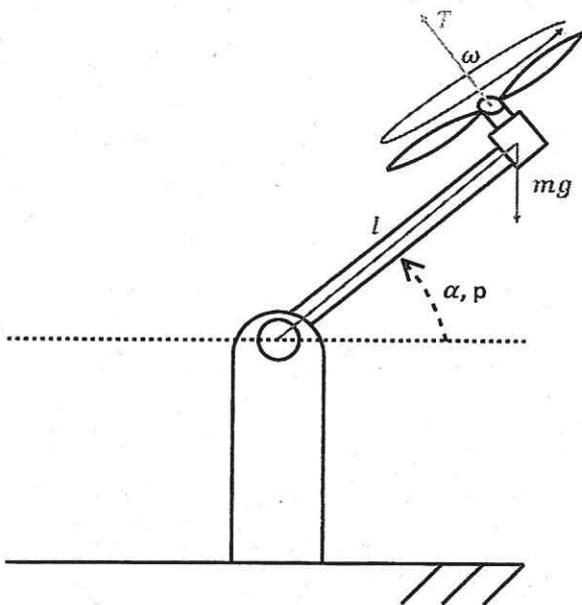
SETTORE INDUSTRIALE

PROVA PRATICA DI PROGETTAZIONE

TEMA N. 13: AUTOMAZIONE

**Esercizio 1**

Si consideri il sistema rappresentato nelle figure sottostanti, costituito da un pendolo con massa concentrata all'estremità e un'elica con motore in corrente continua.



Si descriva tramite rappresentazione nello spazio degli stati il sistema in esame, considerando in particolare la seguente notazione: configurazione angolare del pendolo  $\alpha$ , velocità angolare del pendolo  $p$ , velocità angolare del motore  $\omega$ , corrente di armatura  $i$ , tensione applicata  $u$ , forza controelettrica  $e = k\omega$ , resistenza statorica  $R$ , induttanza statorica  $L$ , costante di coppia/velocità  $k$ , coefficiente di attrito viscoso  $c$ , massa del punto materiale all'estremità del pendolo  $m$ , momento d'inerzia di motore ed elica rispetto all'asse di rotazione del motore  $J$ , lunghezza dell'asta del pendolo  $l$  e accelerazione gravitazionale  $g$ . Al fine della costruzione del modello, si consideri come coppia totale applicata al motore DC la seguente espressione:

$$C = -c\omega^2 + ki.$$

Sia infine la forza di spinta dell'elica  $T = \delta\omega^2$ , con  $\delta$  una costante positiva.

Con riferimento al modello così ricavato, il candidato presenti, argomentando opportunamente, le risposte ai seguenti quesiti, considerando come valori numerici delle costanti di interesse  $l = 10 \text{ m}$ ,  $m = 1/10 \text{ kg}$ ,  $g = 10 \text{ m/s}^2$ ,  $k = 2 \text{ Nm/A}$ ,  $c = 2 \text{ Nm s}^2/\text{rad}^2$ ,  $J = 2 \text{ kgm}^2$ ,  $\delta = 1/4 \text{ N s}^2/\text{rad}^2$ ,  $R = 1 \text{ m}\Omega$ ,  $L = 1 \mu\text{H}$ .

---

ESAME DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI INGEGNERE

---

PRIMA SESSIONE 2019 – SEZIONE B

SETTORE INDUSTRIALE

PROVA PRATICA DI PROGETTAZIONE

TEMA N. 13: AUTOMAZIONE

---

1. Si ricavino il punto di equilibrio  $(\alpha^*, p^*, \omega^*, i^*)$  e l'azione forzante  $u^*$  corrispondenti al punto di lavoro  $\alpha^* = 0$ .
2. Si ricavi il sistema linearizzato nel punto di equilibrio di cui sopra. Per il sistema linearizzato si usi la notazione  $x = (\tilde{\alpha}, \tilde{p}, \tilde{\omega}, \tilde{i})$ , con input  $\tilde{u}$ .
3. Si consideri la funzione di trasferimento tra input di tensione  $u$  e output di corrente  $x_4$ , assumendo di aver compensato la forza controelettrica con un'opportuna azione in avanti. Si progetti, per la funzione ricavata, un regolatore che garantisca in retroazione una risposta al gradino unitaria, con un tempo di assestamento  $\tau_{el} = 0.1\text{ms}$ . Si suggerisce per semplicità di usare un regolatore PI.
4. Considerando la funzione di trasferimento ricavata al punto precedente tra riferimento di corrente e risposta di corrente, si ottenga la funzione di trasferimento tra riferimento di corrente e velocità angolare del motore  $x_3$ . Si progetti un regolatore che garantisca in retroazione una risposta al gradino unitaria e con tempo di assestamento del polo dominante pari a  $\tau_{prop} = 0.5\text{s}$ .
5. Considerando la funzione di trasferimento ricavata al punto precedente tra riferimento di velocità dell'elica e risposta di velocità dell'elica, si ottenga la funzione di trasferimento tra riferimento di velocità dell'elica e posizione angolare  $x_1$ , approssimando la funzione di trasferimento del punto 4 con il suo polo dominante. Si progetti un regolatore che garantisca in retroazione una risposta al gradino unitaria.
6. (opzionale). Quali conseguenze può provocare, per il sistema considerato, un controllore con un'eccessiva sovraelongazione?

---



ESAME DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI INGEGNERE

PRIMA SESSIONE 2019 – SEZIONE B

SETTORE INDUSTRIALE

PROVA PRATICA DI PROGETTAZIONE

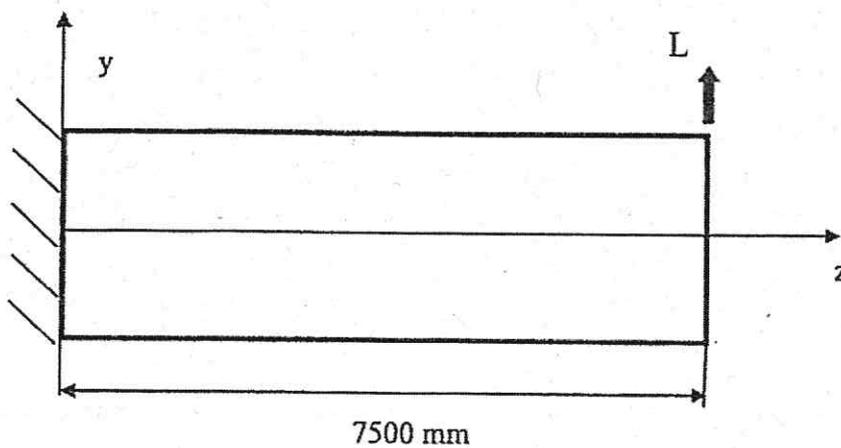
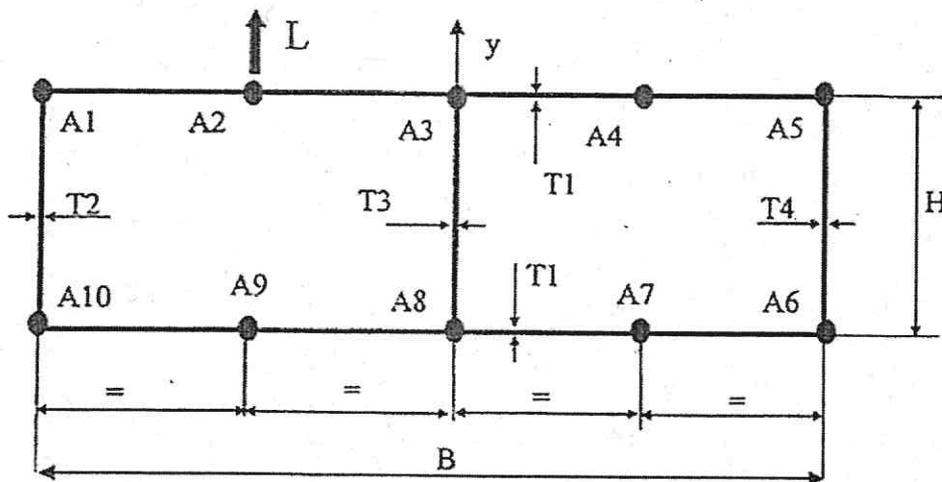
TEMA N. 14: AEROSPAZIALE

Sia dato un aeromobile con le seguenti caratteristiche:

- Pianta alare trapezoidale;
- Superficie alare =  $50 \text{ m}^2$ ;
- Allungamento alare = 8;
- Rapporto di rastremazione = 0.5;

La struttura del cassone alare del velivolo è schematizzabile come in figura (sezione di mezzeria).

Si supponga che su di essa agisca un carico  $L = 20 \text{ kN}$  applicato a una distanza pari a  $7500 \text{ mm}$  rispetto alla linea di mezzeria.



---

ESAME DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI INGEGNERE

---

PRIMA SESSIONE 2019 – SEZIONE B

SETTORE INDUSTRIALE

PROVA PRATICA DI PROGETTAZIONE

TEMA N. 14: AEROSPAZIALE

---

$H = 500 \text{ mm}$

$B = 2000 \text{ mm}$

$T1 = T4 = 1.5 \text{ mm}$

$T2 = 1.2 \text{ mm}$

$A1 = A10 = 150 \text{ mm}^2$

$A2 = A4 = A7 = A9 = 50 \text{ mm}^2$

$A3 = A5 = A6 = A8 = 100 \text{ mm}^2$

Il candidato verifichi gli sforzi nel cassone in corrispondenza della sezione di mezzeria.

Nel caso in cui la struttura risultasse sottodimensionata, ne venga proposto un opportuno dimensionamento.

---

