

**Esame di stato per l'abilitazione all'esercizio delle professioni di Ingegnere
presso l'Università degli Studi di Modena e Reggio Emilia**

Sez. A anno 2025 Prima Sessione

Quarta prova – 30 settembre '25

Durata: 6 ore

Settore Civile – Ambientale

Il candidato deve scegliere fra uno dei due temi proposti; si informa che le procedure di risoluzione, la correttezza dei risultati, la capacità di sintesi, l'ordine e la chiarezza espositiva costituiranno elementi di valutazione.

Tema 1 Civile – Ambientale

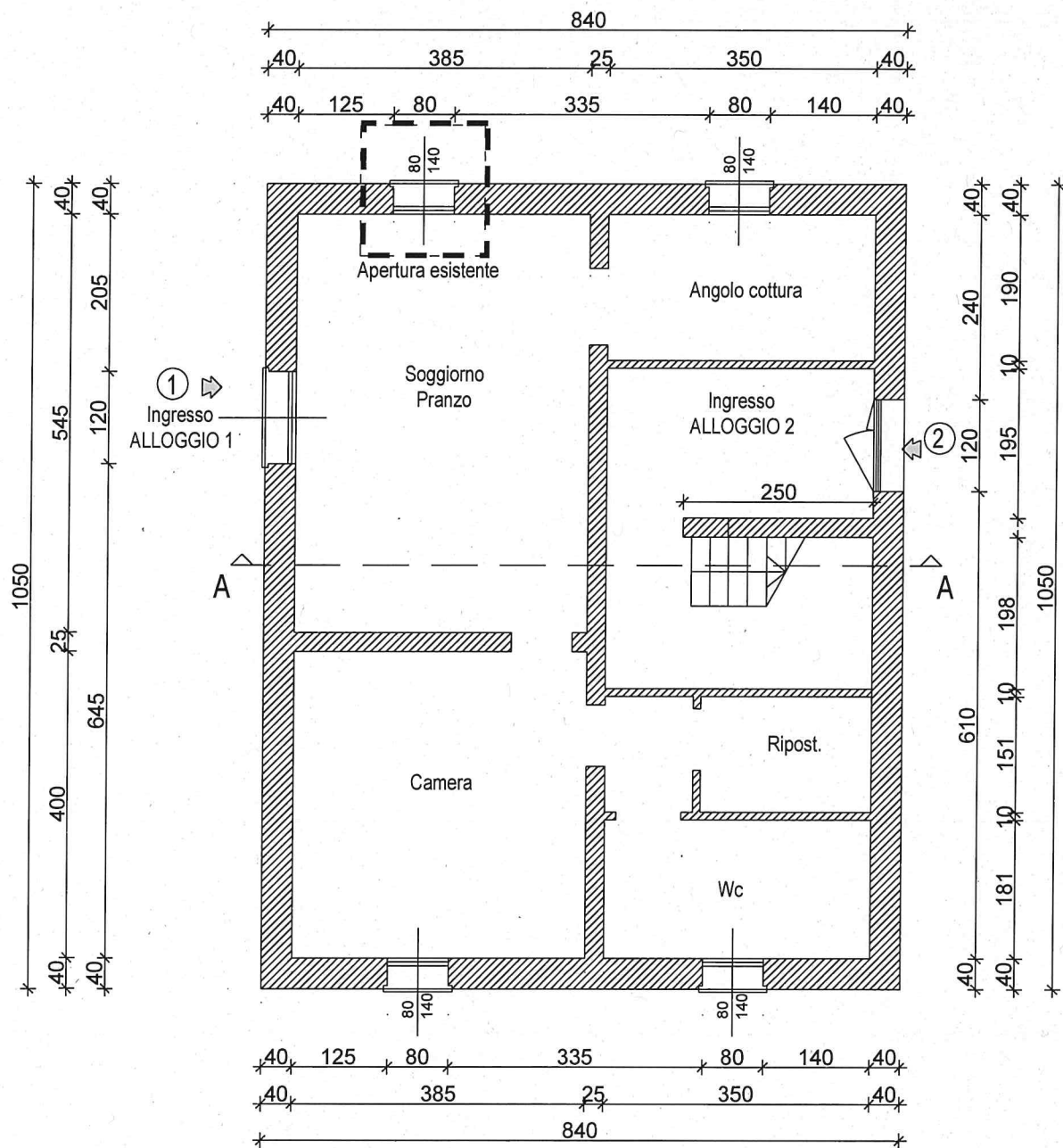
Si deve effettuare un intervento sull'edificio esistente rappresentato nelle Figure 1-3, adibito a civile abitazione e situato nella città di Modena. L'intervento consiste nell'allargamento di un'apertura in un muro portante perimetrale posto a piano terra. In particolare, vi è la necessità di trasformare la finestra della parete nord del soggiorno (evidenziata nelle Figure 1 e 3(a)) in una portafinestra avente larghezza netta pari a 160 cm (evidenziata nelle Figure 2 e 3(b)).

La struttura è stata realizzata agli inizi degli anni 2000 ed è costituita da muri perimetrali con pareti portanti di spessore 30 cm e un isolamento di 8 cm, per uno spessore complessivo (comprensivo di intonaco) pari a 40 cm, come mostrato nel dettaglio di Figura 4. I muri portanti interni vedono invece uno spessore di 25 cm, mentre i solai sono realizzati in laterocemento con calcestruzzo C25/30. Uno schema dei solai di interpiano, utile per l'analisi dei carichi, è riportato in Figura 4. Oltre a un rilievo geometrico, le indagini svolte sull'edificio hanno visto una rimozione dell'intonaco sul muro perimetrale nord, che ha permesso di evidenziare la tipologia e la tessitura della muratura mostrata in Figura 5.

Per l'intervento in oggetto, si richiede di:

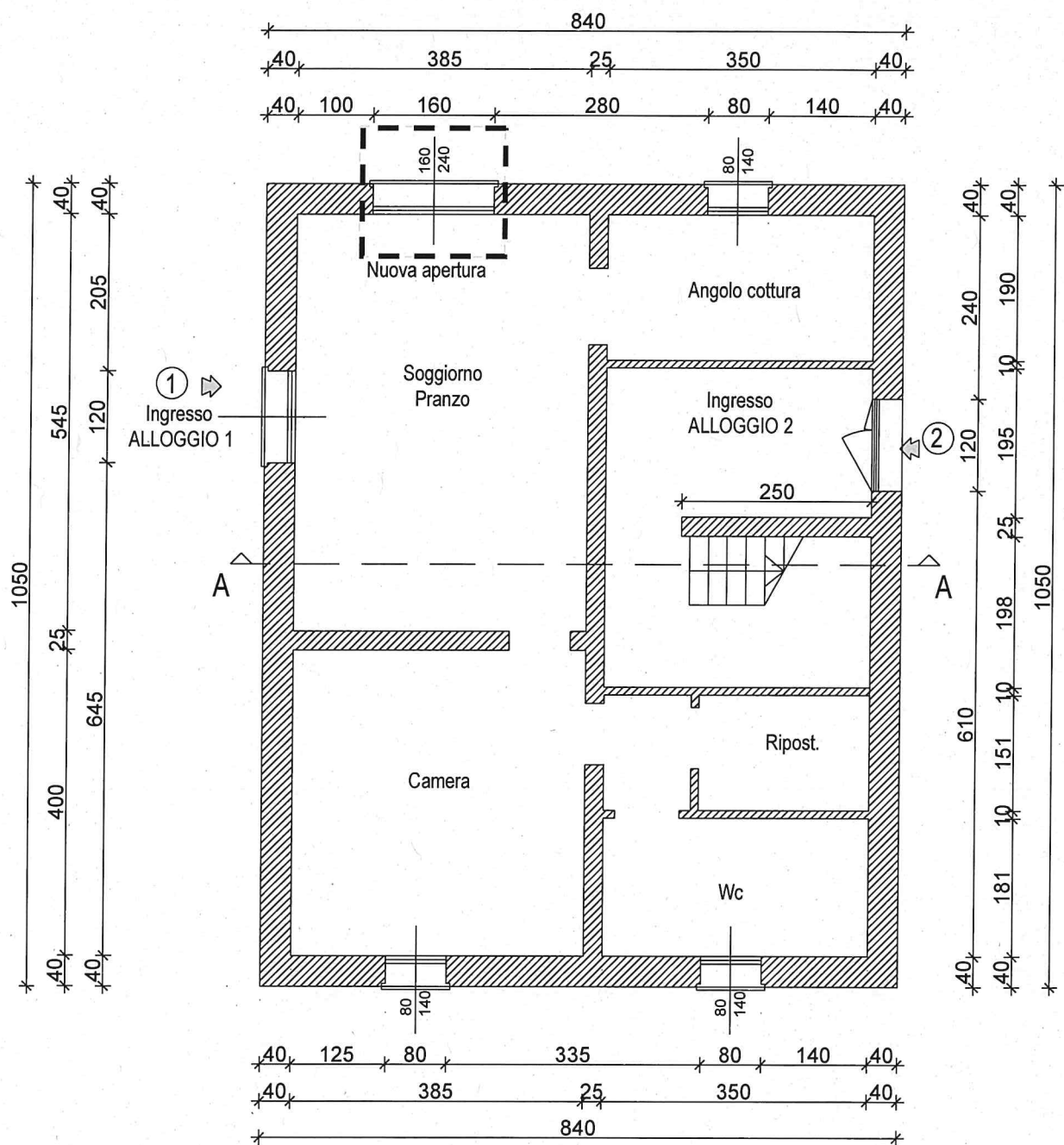
- Definire la tipologia di intervento fra quelle previste al capitolo 8.4 delle Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC2018);
- Definire e motivare il livello di conoscenza raggiunto per l'intervento in oggetto;
- Progettare l'eventuale rinforzo necessario in modo tale che l'intervento sia conforme alla normativa vigente, dal punto di vista della sicurezza sia nei confronti delle azioni statiche che sismiche.
- Effettuare le verifiche di sicurezza per tutti gli elementi del rinforzo progettato.
- Eseguire elaborati schematici riguardanti i dettagli dell'intervento progettato.

Le quote delle figure sono in cm. Qualunque dato mancante può essere assunto dal candidato previa opportuna giustificazione.



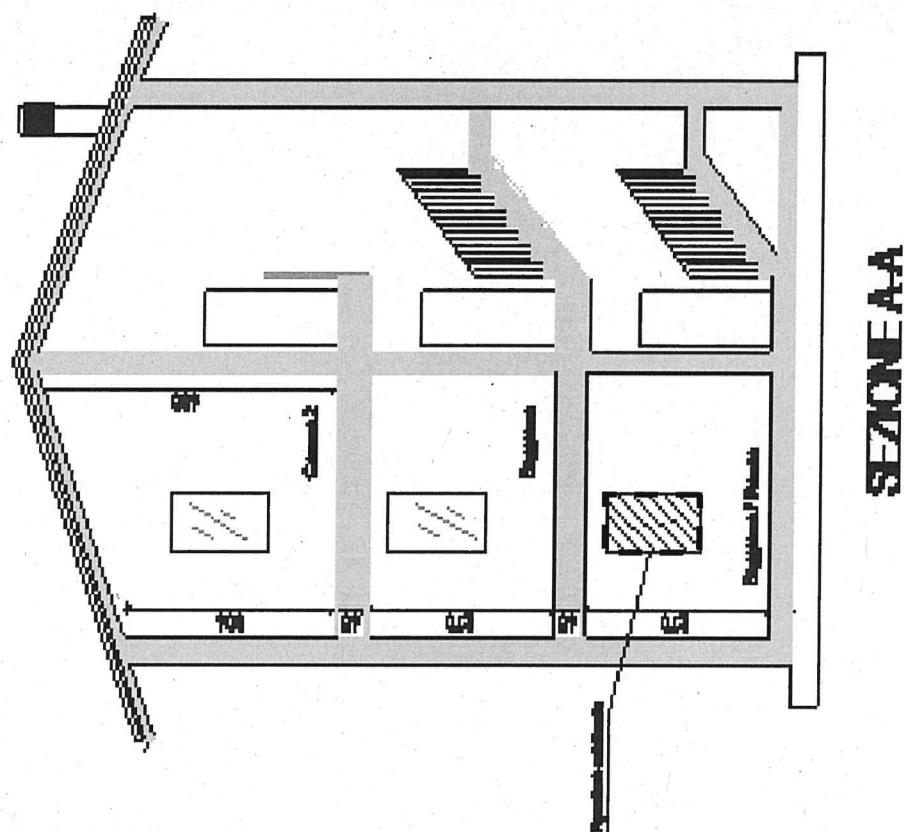
PIANTA PIANO TERRA

Figura 1. Pianta del piano terra: Stato di fatto

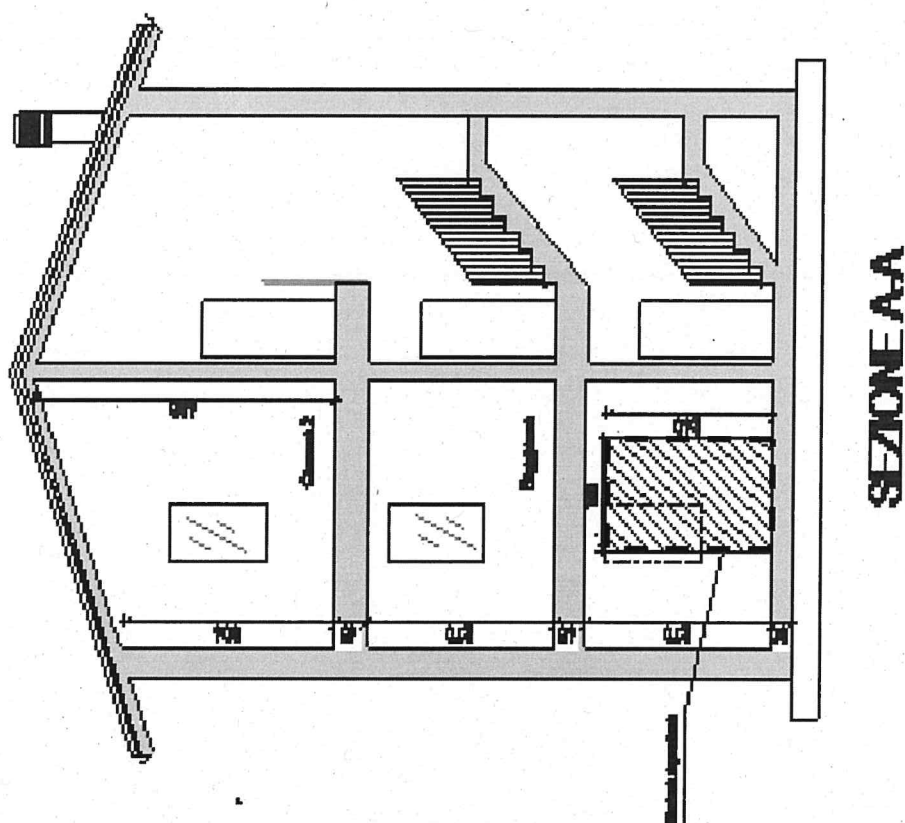


PIANTA PIANO TERRA

Figura 2. Pianta del piano terra: Stato di progetto



(a) Stato di fatto



(b) Stato di progetto

Figura 3. Sezione A-A: (a) Stato di fatto e (b) stato di progetto.

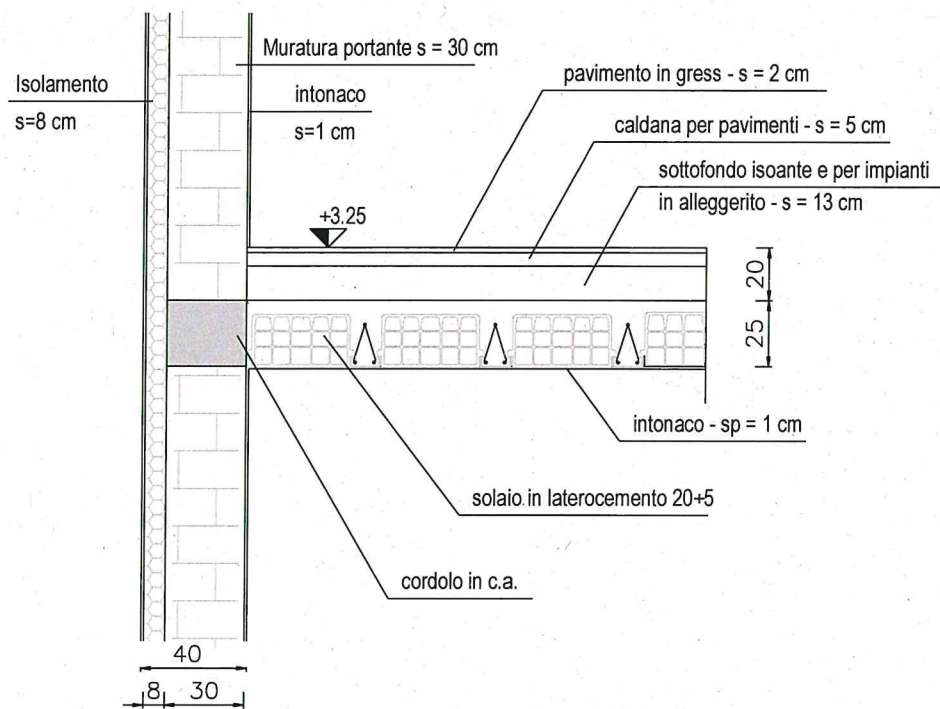


Figura 4. Schema della muratura perimetrale e del solaio di piano

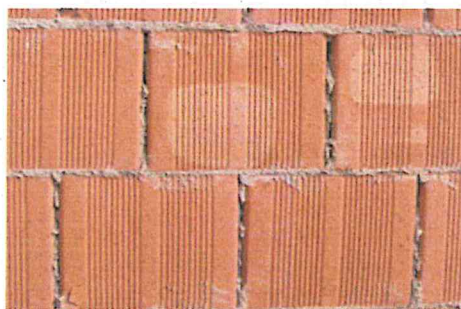
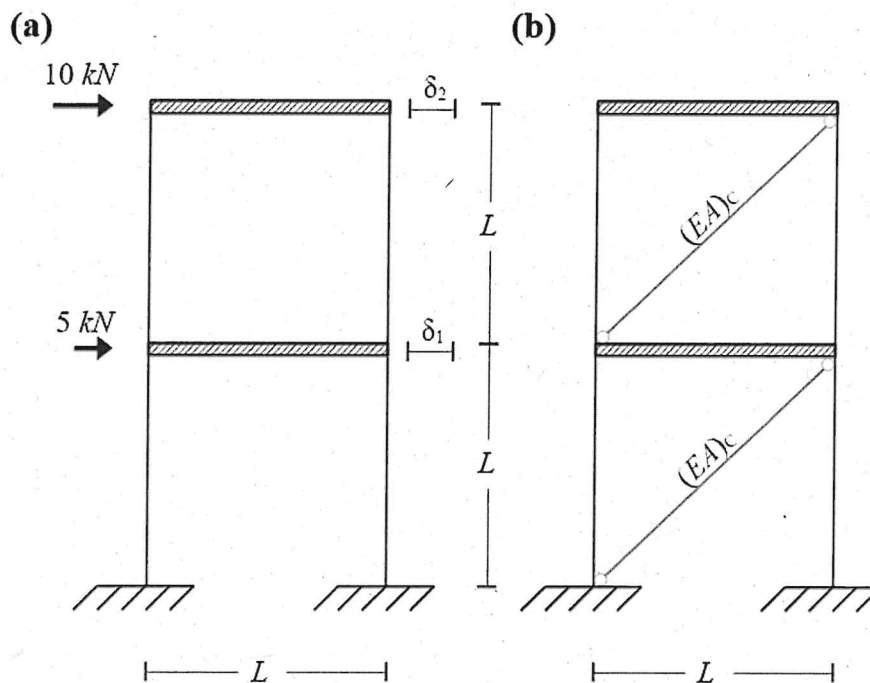


Figura 5. Tipologia e tessitura della muratura perimetrale

Tema 2 Civile – Ambientale

La struttura rappresentata in Figura 1 (a) è costituita da un telaio in acciaio, realizzato con profili HEA 120 in acciaio S235, impiegati sia per i pilastri che per le travi. La configurazione geometrica prevede una campata orizzontale di 3 m e altezze interpiano pari a 3 m. Il telaio è soggetto unicamente a forze concentrate applicate in corrispondenza del primo e del secondo impalcato rispettivamente pari a 5 kN e 10 kN. In fase di calcolo si consideri come valida l'ipotesi di telaio *shear-type*.



Il candidato è tenuto a rispondere, nell'ordine indicato, ai seguenti quesiti:

1. Analisi modale

- a) Determinare le **prime due frequenze proprie** del telaio mediante analisi modale, considerando l'ipotesi di telaio *shear-type*. Si forniscono di seguito la matrice delle rigidezze e la matrice della masse per l'elemento trave a quattro gradi di libertà (indeformabile assialmente).

$$K = \frac{EI}{L^3} \begin{bmatrix} 12 & 6L & -12 & 6L \\ 6L & 4L^2 & -6L & 2L^2 \\ -12 & -6L & 12 & -6L \\ 6L & 2L^2 & -6L & 4L^2 \end{bmatrix}, \quad M = \frac{\rho AL}{420} \begin{bmatrix} 156 & 22L & 54 & -13L \\ 22L & 4L^2 & 13L & -3L^2 \\ 54 & 13L & 156 & -22L \\ -13L & -3L^2 & -22L & 4L^2 \end{bmatrix}$$

ove

- b) Rappresentare e descrivere le **forme modali corrispondenti**.

2. Calcolo statico

A partire dalle forze concentrate agenti sulla struttura in figura 1 (a):

- a) Calcolare e rappresentare gli andamenti delle caratteristiche della sollecitazione interna (momento flettente, taglio e sforzo normale) su travi e pilastri;
- b) Determinare gli spostamenti orizzontali (drift) dei singoli impalcati (δ_1 e δ_2);
- c) Progettare il sistema di controventatura di Figura 1 (b), costituito da un singolo controvento a diagonale attiva per ciascun piano, finalizzato a limitare i drift d'interpiano entro il valore massimo ammissibile pari a $L/300$, dove L rappresenta l'altezza del piano considerato. Definire il materiale e la sezione resistente del controvento necessari a garantire il rispetto di tale limite.

Il candidato è tenuto a presentare lo svolgimento in maniera chiara, motivando le scelte progettuali, esplicitando le ipotesi semplificative e giustificando i procedimenti di calcolo adottati.

Tema 3 Civile – Ambientale

Per poter servire un nuovo comparto residenziale si deve realizzare un piccolo impianto di depurazione al fine di rimuovere composti organici inquinanti dai liquami. L'impianto si basa su un tradizionale trattamento biologico a fanghi attivi a miscelazione completa, ovvero a biomassa sospesa (figura 1) e i suoi parametri di funzionamento sono riportati nella tabella sottostante.

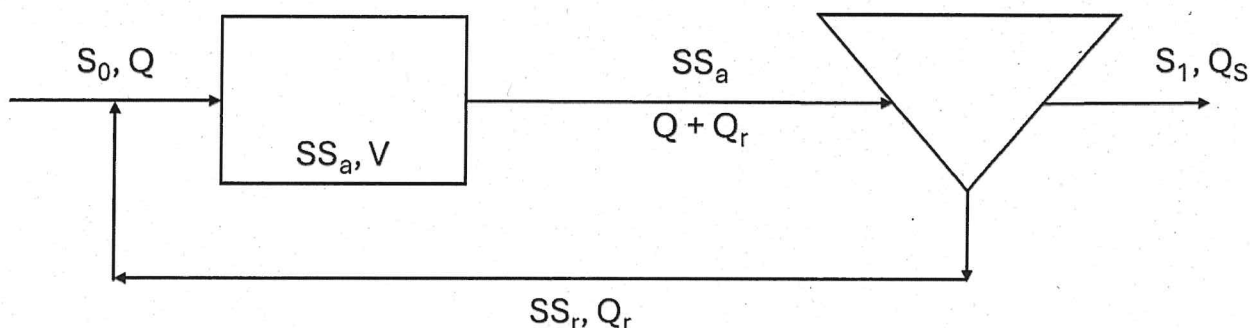


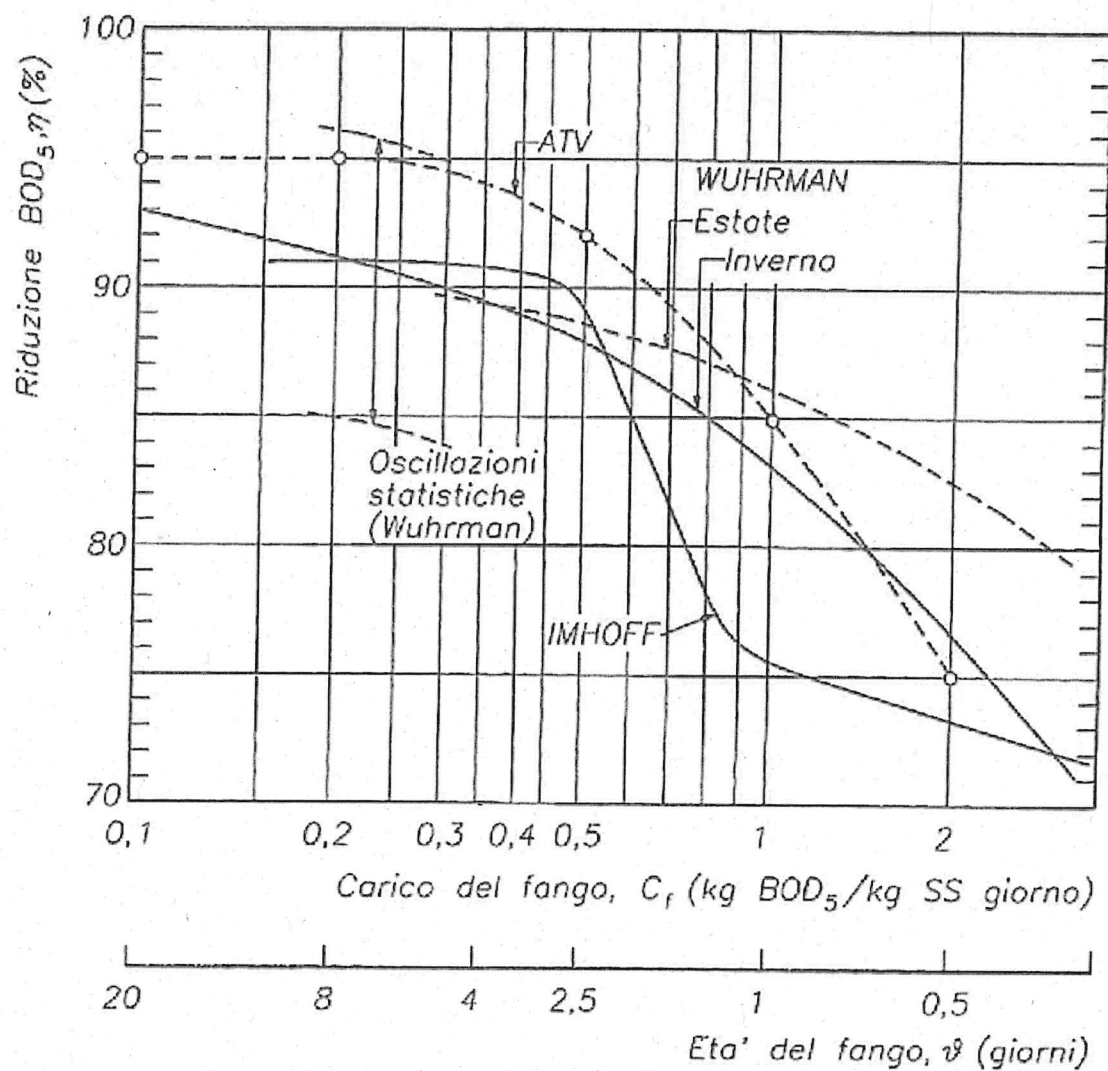
Figura 1: Schema semplificato dell'impianto.

1. Si descriva brevemente il processo di rimozione della sostanza organica alla base di un impianto di depurazione a fanghi attivi.

Nella vasca areata si vuole mantenere una concentrazione di biomassa $SS_a = 3\,000\text{ mgSST l}^{-1}$. Calcolare:

2. Il volume della vasca necessario a mantenere un carico del fango $C_F = 0.3\text{ kgBOD}_5\text{ kgSST}^{-1}\text{d}^{-1}$.
3. Il rendimento dell'impianto η .
4. La massa di BOD_5 rimossa giornalmente (ΔBOD_5) assumendo che la portata in uscita dal sedimentatore sia uguale a quella in ingresso, $Q_s = Q$.
5. Il rapporto di ricircolo $R = Q_r / Q$ necessario a mantenere una concentrazione di fanghi nella portata di ricircolo $SS_r = 13\,000\text{ mg SST l}^{-1}$.
6. La quantità di solidi sospesi totali prodotta giornalmente (ΔSS).
7. Calcolare l'età del fango ricorrendo ai dati forniti in tabella, stimarla tramite il grafico allegato e confrontare i due valori ottenuti.
8. Calcolare il consumo di O_2 richiesto dal processo biologico in atto.

Nome	Simbolo	Valore	Unità
Concentrazione di biomassa nella vasca areata	SS _a	3 000	mgSST / l
Carico di fango nella vasca	C _F	0.3	kgBOD ₅ / (kgSSTd)
Concentrazione di BOD ₅ dell'influente	S ₀	200	mgBOD ₅ / l
Portata dei liquami	Q	4 500	m ³ / d
Concentrazione di biomassa nel ricircolo	SS _r	13 000	mgSST / l
Concentrazione di BOD ₅ nell'effluente	S ₁	10	mg BOD ₅ l ⁻¹
Coefficiente di crescita batterica lorda (yield)	y	0.6	kgSST / kgBOD ₅
Coefficiente di diminuzione della massa biodegradabile (tasso di decesso)	k _d	0.1	d ⁻¹
Coefficiente di bioflocculazione	f	0.5	kgSST / kgBOD ₅
Coefficiente di respirazione attiva	z	0.5	kgO ₂ / kg BOD ₅
Coefficiente di respirazione endogena	r _e	0.1	kgO ₂ / (kg SST d)



**Esame di stato per l'abilitazione all'esercizio delle professioni di Ingegnere
presso l'Università degli Studi di Modena e Reggio Emilia**

Sez. A anno 2025 Prima Sessione

Quarta prova – 30 settembre '25

Durata: 6 ore

**Esame di stato per l'abilitazione all'esercizio delle professioni di Ingegnere
presso l'Università degli Studi di Modena e Reggio Emilia**

Sez. A anno 2025 Prima Sessione

Quarta prova – 30 settembre '25

Durata: 6 ore

Settore Industriale

Il candidato deve scegliere fra uno dei due temi proposti; si informa che le procedure di risoluzione, la correttezza dei risultati, la capacità di sintesi, l'ordine e la chiarezza espositiva costituiranno elementi di valutazione.

Tema 1 Industriale

In figura è rappresentato un riduttore a ingranaggi elicoidali ad assi paralleli con semplice riduzione, utilizzata con caratteristiche di funzionamento uniforme. Ipotizzando i dati mancanti e giustificando opportunamente le assunzioni fatte, il Candidato sviluppi i seguenti punti:

- 1) Valutare le reazioni ai supporti dell'albero movente.
- 2) Per il solo albero movente, rappresentare i diagrammi delle caratteristiche di sollecitazione (sforzo normale, momento flettente, taglio, e momento torcente), e determinare il momento flettente massimo.
- 3) Verifica a flessione del pignone secondo normativa.

Nota bene: (i) non è possibile modificare i dati forniti, (ii) quando possibile, determinare i coefficienti necessari attraverso l'uso di diagrammi reperibili sui manuali, (iii) riportare i risultati utilizzando le seguenti unità di misura (mm, N, Nmm, MPa)

Dati del riduttore:

- potenza in ingresso $P_{in} = 128 \text{ kW}$
- numero di giri asse movente $n_1 = 1500 \text{ rpm}$
- distanza fra i cuscinetti $l = 300 \text{ mm}$
- modulo normale $m_n = 8 \text{ mm}$
- larghezza di fascia $b = 10 m_n$
- nessuna correzione di taglio o modifiche del profilo
- numero denti pignone $z_1 = 20$
- rapporto di trasmissione $\tau = 1/1.6$
- angolo di pressione $\alpha_n = 20^\circ$
- angolo d'elica $\beta = 20^\circ$
- qualità trasmissione (grado di precisione) $Q_v = 6$ o superiore
- numero di cicli $= 3 \cdot 10^6$
- $K_v \cdot K_{F\beta} \cdot K_{F\alpha} = 1.2$
- $Y_R \cdot Y_x = 1$

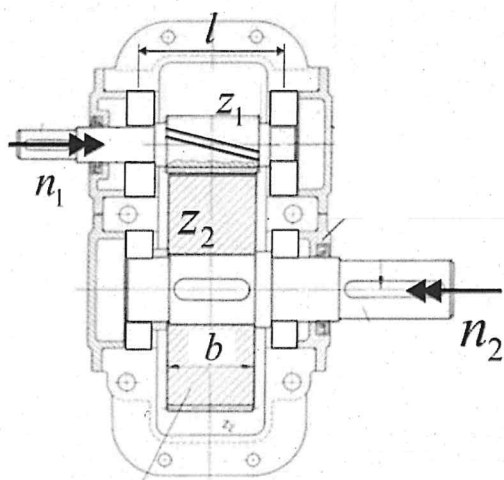


Fig. 1. Riduttore a ingranaggi elicoidali.

Tema 2 Industriale

Un'azienda manifatturiera intende realizzare un nuovo stabilimento per la produzione di componenti meccanici. Il candidato è incaricato di realizzare il dimensionamento e la progettazione dei seguenti sottosistemi della fabbrica:

1. Linea di fabbricazione automatizzata.
2. Sistema di movimentazione dei materiali, per il trasporto dei materiali dal magazzino alla linea di produzione e viceversa.
3. Impianto di captazione e abbattimento polveri, per garantire la sicurezza e la salubrità di due delle postazioni di lavoro più critiche, così da tutelare la salute degli operatori, in accordo alle vigenti normative.

Il candidato dovrà sviluppare i tre punti in modo organico e consequenziale, motivando le scelte progettuali e presentando calcoli chiari e dettagliati a supporto delle soluzioni proposte. Sono fornite figure e tabelle eventualmente utili per lo svolgimento dell'elaborato. Se necessario, il candidato può introdurre assunzioni aggiuntive.

PARTE 1: PROGETTAZIONE DI UNA LINEA DI FABBRICAZIONE AUTOMATIZZATA

Per la produzione di uno dei principali componenti, l'azienda intende installare una transfer line automatizzata senza buffer di stoccaggio intermedi, considerando i seguenti dati di progetto e le seguenti specifiche:

- Configurazione linea: 20 stazioni in linea.
- Performance a regime (100% efficienza): Il costruttore dichiara una produzione di 50 pezzi/ora.
- Affidabilità: Si stima, sulla base di impianti simili, una probabilità di fermo per ciclo (p) uguale per tutte le stazioni e pari a 0,005.
- Manutenzione: Il tempo medio di ripristino a seguito di un fermo linea (T_d) è stimato in 8,0 minuti.
- Costi:
 - Costo del grezzo in ingresso: 3,00 €/pezzo.
 - Costo operativo della linea (manodopera, energia, ammortamento): 75,00 €/ora.
 - Costo utensili: la linea monta 20 utensili (uno per stazione). Ogni utensile ha una vita utile di 50 pezzi e un costo medio di 2,00 € per tagliente.

Il candidato dovrà:

1. Calcolare il tempo di ciclo ideale (T_c) della linea.
2. Determinare la frequenza dei fermi linea per ciclo (F).
3. Calcolare il tempo medio di produzione effettivo per pezzo (T_p) e la produzione oraria reale (R_p).
4. Valutare l'efficienza della linea (E).
5. Calcolare il costo totale per ogni componente prodotto (C_{pc}).
6. Analisi migliorativa: L'ufficio tecnico propone di dividere la linea in due stadi da 10 stazioni ciascuno, inserendo un buffer di stoccaggio di capacità (b) virtualmente infinita. Mantenendo invariati tutti gli altri parametri, si chiede al candidato di calcolare la nuova efficienza (E_∞) e la nuova produzione oraria (R_p) della linea a due stadi per valutare l'entità del miglioramento.

PARTE 2: PROGETTAZIONE DEL SISTEMA DI MOVIMENTAZIONE DELLE PARTI

Un sistema di veicoli a guida automatica (AGVS) deve collegare il magazzino e la linea di produzione (Parte 1). Il sistema deve trasportare i pallet di grezzi dal punto di I/O del magazzino all'inizio della linea e i pallet di prodotti finiti dalla fine della linea al punto di I/O del magazzino. Dati di progetto e specifiche:

- Flusso richiesto (R_f): Il sistema deve garantire un flusso di materiale in grado di soddisfare la domanda della linea di produzione, calcolata nella Parte 1 (produzione oraria reale R_p). Si assuma che ogni pallet movimentato contenga 25 grezzi o 25 prodotti finiti.
- Layout e percorsi: I veicoli si muovono in un loop a senso unico.
 - Distanza I/O magazzino $\rightarrow$ inizio linea: 180 m.
 - Distanza fine linea $\rightarrow$ I/O magazzino: 180 m.
 - Distanza inizio linea $\rightarrow$ fine linea: 40 m.
- Performance veicoli:
 - Velocità veicolo (V_c): 1,1 m/s.
 - Tempo di carico di un pallet sul veicolo (T_L): 21 s.
 - Tempo di scarico di un pallet dal veicolo (T_U): 21 s.
 - Disponibilità del sistema (A): 0,94.
 - Fattore di traffico (F_t): 0,90.
 - Efficienza operatore (E_w): 1,0 (sistema automatico).

Il candidato dovrà determinare:

1. Il flusso orario totale di pallet (R_f) che il sistema AGVS deve movimentare.
2. La distanza media percorsa a carico (L_d) e a vuoto (L_e) per ciclo di consegna.
3. Il tempo di ciclo ideale per consegna per singolo veicolo (T_{cm}).
4. La portata oraria di consegne per singolo veicolo (R_{dv}).
5. Il numero totale di veicoli (n_c) necessari per soddisfare i requisiti di flusso.

PARTE 3: PROGETTAZIONE DI UN IMPIANTO DI CAPTAZIONE E ABBATTIMENTO POLVERI

Due delle 20 stazioni della linea automatizzata sono postazioni di finitura meccanica a secco che generano polveri metalliche fini. È necessario progettare un impianto di captazione e abbattimento polveri, per garantire la sicurezza e la salubrità di due delle postazioni di lavoro più critiche, così da tutelare la salute degli operatori, in accordo alle vigenti normative. Lo schema di impianto è noto in linea di massima ed è mostrato in Figura 1.

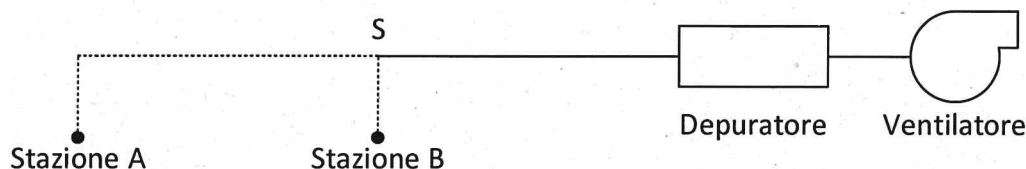


Figura 1. Schema di massima dell'impianto di captazione e abbattimento polveri. Dati dell'impianto noti preliminarmente:

- Lunghezze dei condotti:
 - Ventilatore – depuratore: 2 m.
 - Depuratore – punto S: 10 m.
 - Punto S – stazione A: 15 m.
 - Punto S – stazione B: 6 m.
- Condotti a sezione circolare di lamiera zincata con rugosità assoluta (ϵ) pari a 0,006 cm.
Diametri noti:
 - Punto S – stazione A: 100 mm.
 - Punto S – stazione B: 150 mm.
- Discontinuità presenti nell'impianto:
 - Punto S – stazione A: n. 3 curve a 90° con raggio $< 5D$.
 - Punto S – stazione B: n. 4 curve a 90° con raggio $< 5D$.
 - Depuratore, che è in particolare un filtro a maniche, a cui è attribuita una perdita di carico pari a 1.800 Pa.
- Depressione statica richiesta all'inizio del condotto:
 - Stazione A: 32 kg/m^2 .
 - Stazione B: 38 kg/m^2 .

Avvalendosi, se necessario, delle Figure 2 e 3 e della Tabella 1, al candidato è richiesto di:

1. Determinare e caratterizzare i principali componenti dell'impianto, non ancora specificati (es. tipo di immissione dei condotti provenienti dalle due stazioni, tipo di cappe aspiranti, ecc.), utili alla risoluzione dei punti successivi.
2. Calcolare la portata d'aria nelle singole cappe.
3. Dimensionare tutti i condotti e determinare la velocità dell'aria negli stessi.
4. Calcolare la prevalenza e la portata d'aria richieste al ventilatore, determinando, poi, la potenza assorbita dal motore elettrico.

Bocca o apertura	C	j
	0,98	0,04
	0,94	0,13
	0,90	0,24
	0,82	0,49
	0,82	0,49
	0,79	0,60
	0,72	0,93
	0,60	1,78
	0,60	1,78
	0,53	2,56

Tipo di cappa	C	i
	0,72	0,93
	0,90	0,24
	0,83	0,45
	0,75	0,78
	0,82	0,49

Tipo di cappa	C	i
	0,82	0,49
	0,82	0,49
	0,79	0,60
	0,82	0,49

Tipo di cappa	C	i
	0,57	2,08
	0,61	1,69
	0,57	2,08
	0,71	0,99

Figura 2. Coefficiente di ingresso, C, e fattore di perdita di carico, j, per alcune cappe, orifizi e bocche.

a) Variazioni di sezione			
Aumento di sezione raccordato		$\beta < 5^\circ$ $\beta = 5^\circ$ $\beta = 7^\circ$ $\beta = 10^\circ$ $\beta = 20^\circ$ $\beta = 30^\circ$ $\beta = 40^\circ$	$j \approx 0$ $j = 0,17$ $j = 0,22$ $j = 0,28$ $j = 0,45$ $j = 0,59$ $j = 0,73$
Diminuzione di sezione raccordata		$\beta < 30^\circ$ $\beta = 30^\circ$ $\beta = 45^\circ$ $\beta = 60^\circ$	$j_2 \approx 0$ $j_2 = 0,02$ $j_2 = 0,04$ $j_2 = 0,07$
Variazione di sezione raccordata, con aree co- stanti alle estremità		$\beta \leq 14^\circ$	$j = 0,15$

b) Curve a 90°	
	$R < 5D^*$ $j = 0,2$ $R > 5D$ $j \approx 0$
* In ogni caso, le curve non dovrebbero mai avere raggi minori di 1,5 D.	

c) Diramazioni	
Riunione o divisione di due condotti	
simmetrica	
	$j = 1$
asimmetrica	
per il condotto deviato 1: $j_1 = 1,5$ per il condotto non deviato 2:	
$D_2 \approx D_1$	$> D_1$
$> 2D_1$	$> 3D_1$
$> 4D_1$	
$j_2 \approx 1$	0,7
	0,4
	0,2
	0,0

d) Immissione di un condotto secondario in un condotto principale, con velocità dell'aria all'incirca eguali nei due condotti	
Per angoli di immissione di 45°	
Rapporto fra le portate nei due rami Q_A/Q_B	Fattore di perdita di carico j (da applicare alla h_v del condotto principale)
1	0,20
2	0,17
3	0,15
4	0,14
5	0,13
6	0,12
7	0,11
8	0,10
9	0,10
10	0,10
Per angoli di immissione diversi da 45°, le per- dite variano proporzionalmente a $(1 - \cos \alpha)$:	
Valori di α (in gradi)	Coefficiente di variazione di j (riferito ad $\alpha = 45^\circ$)
0	0
15	0,1
30	0,5
45	1,0
60	1,7
75	2,5
90	3,4

Figura 3. Valori del fattore di perdita di carico concentrata, j .

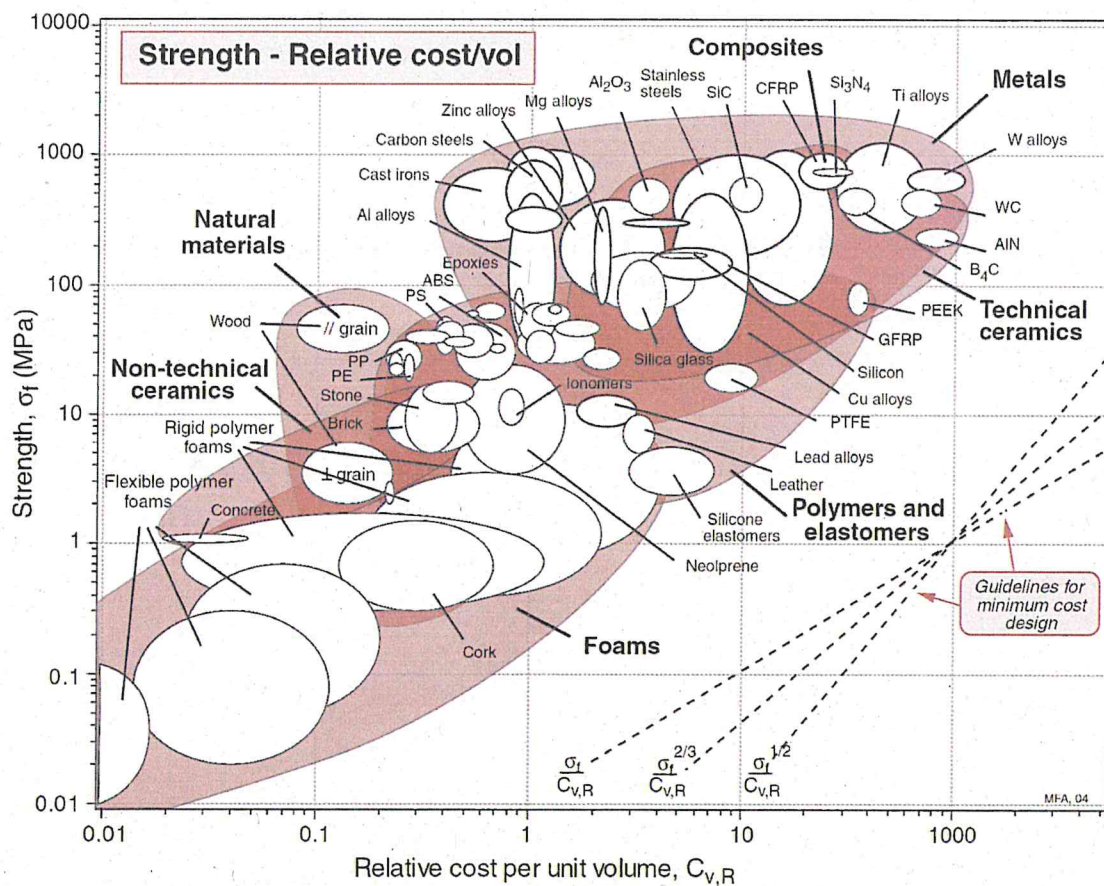
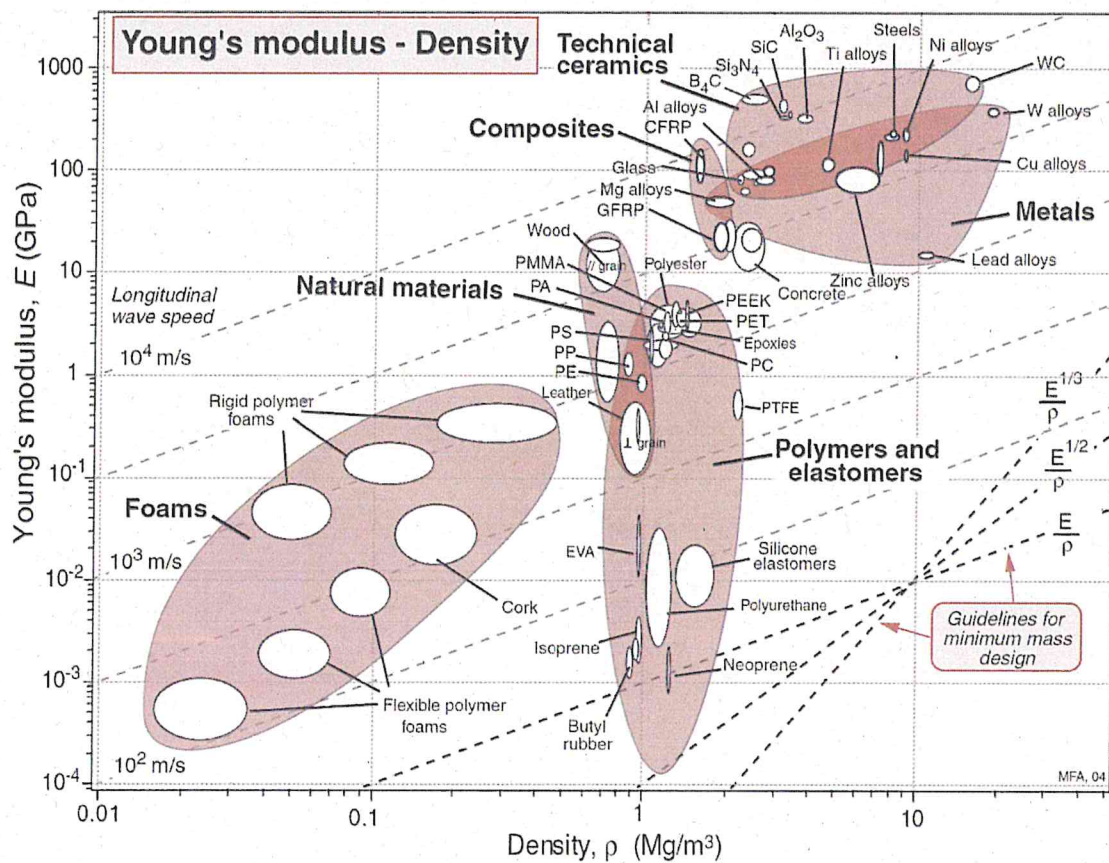
Diametro del condotto, m	Coefficiente di attrito, λ
0,075	0,0215
0,100	0,0205
0,125	0,0191
0,150	0,0182
0,175	0,0175
0,200	0,0168
0,225	0,0161
0,250	0,0160
0,275	0,0158
0,300	0,0155
0,350	0,0150
0,400	0,0145
0,450	0,0140
0,500	0,0137
0,625	0,0131
0,750	0,0127
0,875	0,0123
1,000	0,0118

Tabella 1. Valori del coefficiente d'attrito per condotti circolari in lamiera zincata e per valori della velocità dell'aria compresi tra 15 e 20 m/s.

Tema 3 Industriale

Su una trave di lunghezza = 0.5 m e sezione quadrata con lato 0.010 m, vincolata ad un'estremità, viene applicata una forza puntuale di 5 N all'estremità opposta rispetto a quella vincolata.

- 1) Utilizzando il diagramma E-p individuare 3 materiali che aventi $E > 100 \text{ GPa}$ ed $E/p > 0.02 \text{ GPa/(kg/m}^3\text{)}$ che possono essere utilizzati in tale applicazione.
- 2) Considerando i tre materiali individuati al punto 1, calcolare per ciascuno di essi la deflessione a cui è soggetta la trave (vincolo sulla rigidezza, $S = F/\delta$).
- 3) Con quale dei tre materiali individuati al punto 1 si ottiene la trave più leggera? Motivare adeguatamente la risposta.
- 4) Usando il grafico dei costi fornito valutare quale fra i tre materiali selezionati al punto 1 dovrebbe essere il più economico e stimare quindi il costo del materiale per ciascuna trave ipotizzando (1€/kg per il più economico e 18€/kg per gli altri due materiali).
- 5) Considerando che la trave debba lavorare in un ambiente caratterizzato da condense contenente alti tenori di ioni cloruro (quindi in prossimità del mare) ordinare i tre materiali selezionati al punto 1 dal più resistente al meno resistente a corrosione, motivando adeguatamente la risposta.
- 6) Considerando la medesima applicazione del punto 5 (ambiente marino, corrosione atmosferica) proporre un adeguato metodo di protezione applicabile al materiale più economico selezionato al punto 1 che possa garantire un incremento sostanziale della sua resistenza a corrosione (e quindi della sua possibile vita in esercizio).



Tema 4 Industriale

È dato lo schema di un cambio di velocità a cinque marce. L'albero primario (p) è supportato dai cuscinetti A e B , ed è collegato al disco di frizione (f). L'albero secondario è supportato dai cuscinetti C e D , e termina con il pignone del differenziale (out).

Le ruote della prima (I), seconda (II) e retromarcia (R) sono realizzate di pezzo con l'albero primario. Mentre le ruote di quarta (IV) e quinta (V) marcia sono solidali con il secondario del cambio. I rapporti vengono innestati azionando i selettori sull'albero primario (m_{III-IV} e m_V) e sul secondario (m_{I-II}). Per semplicità è stata omessa la ruota oziosa, la ruota cedente della retromarcia ed il relativo sistema di innesto.

Le ruote dentate dei cinque rapporti sono elicoidali con angolo β dell'elica pari a 18° . Le ruote della retromarcia sono cilindriche a denti dritti. Per tutte le ruote è previsto un angolo di pressione α pari a 20° .

Sono dati i numeri di denti (z) ed i raggi primitivi R_p delle ruote dei vari rapporti:

z	I	II	III	IV	V	R	$R_p[\text{mm}]$	I	II	III	IV	V	R
p	11	18	23	27	30	11	p	14,5	22,5	28,75	33,75	37,5	13,75
s	43	39	34	30	27	42	s	56,75	48,75	42,5	37,5	33,75	52,5

Il disco di frizione trasmette un momento massimo di 450 Nm.

Si richiede di:

- Determinare tutte le forze agenti sull'albero primario;
- Determinare e tracciare i diagrammi di momento flettente e torcente sull'albero primario, per ciascun rapporto inserito;
- Dimensionare le sezioni dell'albero primario a vita infinita, scegliendo opportunamente materiale, geometria della sezione e coefficiente di sicurezza.

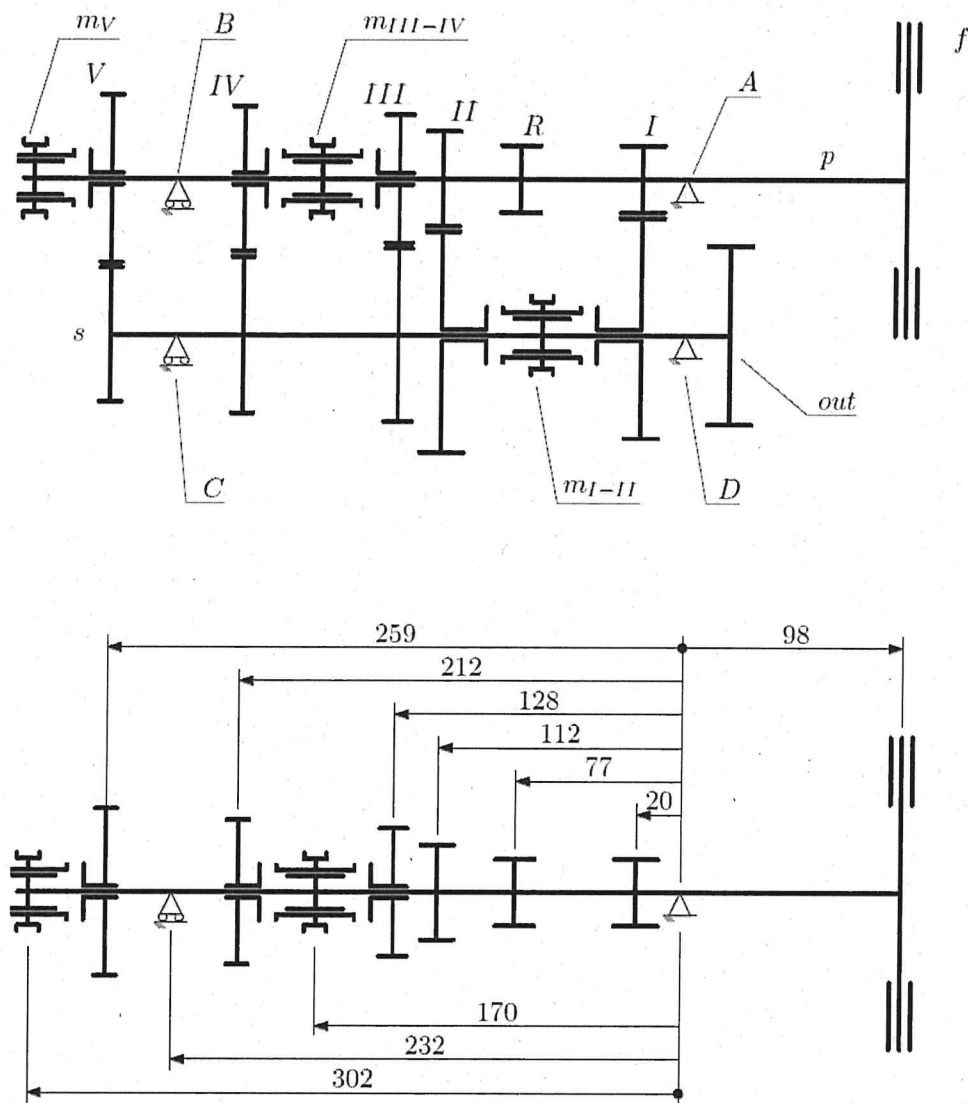


Figura 1: Schema cambio di velocità e dettaglio quotato dell'albero primario

**Esame di stato per l'abilitazione all'esercizio delle professioni di Ingegnere
presso l'Università degli Studi di Modena e Reggio Emilia
Sez. A anno 2025 Prima Sessione
Quarta prova – 30 settembre '25**

Durata: 6 ore

Settore dell'informazione

Il candidato deve scegliere fra uno dei due temi proposti; si informa che le procedure di risoluzione, la correttezza dei risultati, la capacità di sintesi, l'ordine e la chiarezza espositiva costituiranno elementi di valutazione.

Tema 1 Informazione

Un'azienda internazionale di fintech vuole realizzare una piattaforma di pagamenti digitali utilizzata da decine di milioni di clienti in diversi Paesi.

Il sistema deve supportare le seguenti funzionalità:

- (a) esecuzione di pagamenti istantanei in tempo reale,
- (b) gestione delle valute e tassi di cambio,
- (c) rilevamento di frodi tramite algoritmi di machine learning,
- (d) conformità a normative locali e internazionali (es. PSD2, GDPR),
- (e) modulo di AI predittiva per stimare rischi finanziari e personalizzare i servizi offerti agli utenti.

Il candidato delinei un progetto di massima del servizio indicato e discuta:

- (a) volume di dati da trattare e carico atteso;
- (b) organizzazione dei dati a supporto dell'applicazione, con particolare attenzione a consistenza e resilienza;
- (c) struttura del software a supporto dei servizi identificati (architettura a microservizi, integrazione del modulo AI, fault tolerance, disaster recovery);
- (d) ipotesi dell'infrastruttura di calcolo e di rete da utilizzare, considerando la necessità di latenza molto bassa, alta disponibilità e capacità di gestire modelli di AI in produzione (es. MLOps, GPU/acceleratori).

Tema 2 Informazione

Un comune di medie dimensioni intende realizzare una piattaforma digitale per la gestione dei servizi ai cittadini. Il sistema deve supportare le seguenti funzionalità:

- (a) prenotazione appuntamenti con gli uffici,
- (b) gestione delle pratiche online (es. certificati, permessi),
- (c) sportello per segnalazioni e reclami,
- (d) notifiche e comunicazioni istituzionali.

Il candidato delinei un progetto di massima del servizio indicato e discuta:

- (a) volume di dati da trattare e carico atteso;
- (b) organizzazione dei dati a supporto dell'applicazione;
- (c) struttura del software a supporto dei servizi identificati;
- (d) ipotesi dell'infrastruttura di calcolo e di rete da utilizzare.

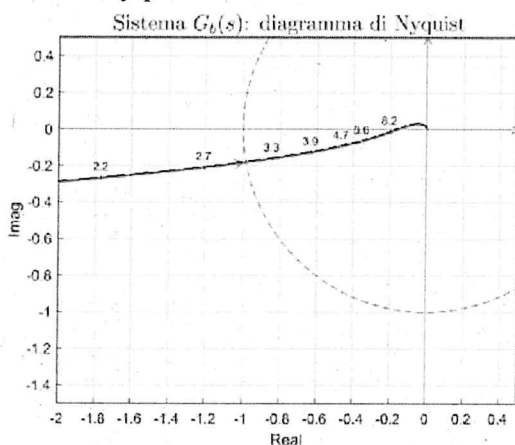
Tema 3 Informazione

- 1) Sia data la seguente funzione di trasferimento $G(s)$ che descrive il legame tra la tensione in ingresso $V(s)$ e la posizione angolare in uscita $\theta(s)$ di un motore elettrico in corrente continua:

$$G(s) = \frac{\theta(s)}{V(s)} = \frac{K_e}{s[(R + Ls)(b + Js) + K_e^2]}$$

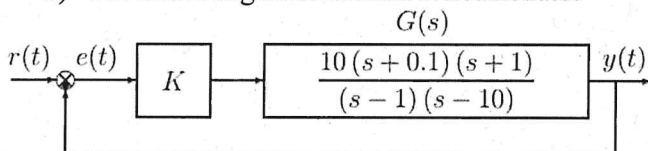
Posto $b = 1$, $L = 1$, $K_e = 2$ e $R = 1$, mostrare graficamente come si muovono sul piano complesso i poli della funzione $G(s)$ al variare del parametro $J > 0$. Calcolare il valore J^* a cui corrisponde il minimo tempo di assestamento del sistema $G(s)$ alla risposta al gradino.

- 2) Sia data la funzione di risposta armonica del sistema $G_b(s)$ mostrata nel seguente diagramma di Nyquist:



Progettare una rete correttiva $C(s) = \frac{(1+\tau_1 s)}{(1+\tau_2 s)}$ in modo da garantire al sistema compensato un margine di fase $M_\varphi = 50$ gradi ed una larghezza di banda $\omega_f \cong 4.7$ rad/s.

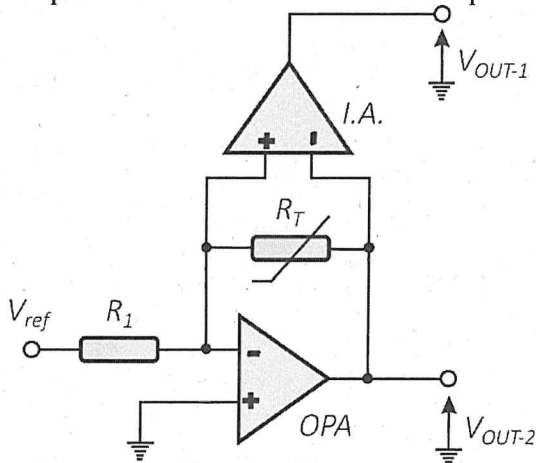
- 3) Sia dato il seguente sistema retroazionato:



- 3.1) Determinare per quali valori di K il sistema retroazionato è asintoticamente stabile.
3.2) Tracciare i diagrammi asintotici di Bode delle ampiezze e delle fasi della funzione $G(s)$.

Tema 4 Informazione

Sia dato il circuito di figura in cui il termistore R_T , di tipo NTC, è accoppiato termicamente ad un generico corpo X di cui si vuole misurare la temperatura.



Si supponga che la resistenza termica di contatto tra il corpo X ed il sensore sia $R_{XS} = 10 \text{ K/W}$ e che, alla temperatura di riferimento $T_0 = 25^\circ\text{C}$, il termistore abbia resistenza $R_{T-0} = 1 \text{ k}\Omega$. La temperatura caratteristica del termistore è $\beta = 4000 \text{ K}$. Si suppongano infine ideali l'amplificatore operazionale OPA e l'amplificatore differenziale a guadagno unitario I.A. .

1. Supponendo trascurabile l'effetto dovuto all'autoriscaldamento (si supponga che ambiente, corpo X ed R_T si trovino tutti alla stessa temperatura T_X), si determini la sensibilità alla temperatura e si calcoli la funzione di taratura del sistema di misura così ottenuto — $T_X = f(V_{OUT-1}, V_{ref}, R_1)$.
2. Supponendo infinite sia la capacità termica del corpo X, che la resistenza termica tra il sensore e l'ambiente, si determini la temperatura a regime alla quale si troverà il termistore, T_{RT} , supponendo $T_X = 30^\circ\text{C}$, $V_{ref} = 1 \text{ V}$ ed $R_1 = 100 \Omega$. Si calcoli quindi l'errore (statico a regime) compiuto dal sistema di misura in tali condizioni operative (differenza tra la temperatura stimata dal sistema di misura e la temperatura vera).
3. Supponendo un campo di misura pari a $[0, 100]^\circ\text{C}$, il candidato calcoli la massima tensione V_{ref} capace di garantire un errore di misura dovuto all'autoriscaldamento non superiore a 1°C su tutto il campo di misura (anche in questo caso si supponga $R_1 = 100 \Omega$ e si suppongano infinite sia la capacità termica del corpo X, che la resistenza termica tra il sensore e l'ambiente).
4. Si discutano le caratteristiche tecniche da tenere in considerazione nella scelta dei due amplificatori (OPA ed I.A.).