	<p>UNIVERSITÀ DEGLI STUDI FIRENZE</p> <p>Scuola di Ingegneria</p>	<p>ESAMI DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALL'ESERCIZIO DELLA PROFESSIONE DI INGEGNERE PRIMA SESSIONE 2025 Prima Prova Scritta – Sezione A 25 luglio 2025</p>	<p>A</p>
---	---	---	-----------------

**SETTORE INDUSTRIALE
Sotto-settore AUTOMAZIONE**

Il candidato illustri la struttura, i principali requisiti e le specifiche rilevanti ai fini del progetto di un sistema di controllo a retroazione. Descriva, inoltre, le principali procedure di sintesi dei sistemi di controllo, confrontandone caratteristiche, vantaggi e limiti.

**SETTORE INDUSTRIALE
Sotto-settore BIOMEDICA**

Il candidato descriva un sistema biomedicale terapeutico scelto a piacere, evidenziandone in particolare la funzionalità terapeutica, le variabili misurate, l'architettura del sistema e le sue potenziali applicazioni

**SETTORE INDUSTRIALE
Sotto-settore ELETTRICA**

La progettazione elettrica. Leggi e norme di riferimento, metodologie, strumenti e modelli di calcolo, casi esemplificativi.

Il Candidato è libero di effettuare tutte le ipotesi che riterrà necessarie per lo sviluppo dell'elaborato. La capacità di sintesi, l'ordine e la chiarezza espositiva costituiranno elementi di valutazione.

**SETTORE INDUSTRIALE
Sotto-settore ENERGETICA**

Il candidato è invitato a sviluppare un tema sul ruolo dei combustibili alternativi nel contesto della transizione energetica. Facendo riferimento a uno (o più) tra biocombustibili, idrogeno, e-fuels o synfuels, si analizzi il loro potenziale contributo alla decarbonizzazione dei settori energetico, industriale e dei trasporti. Dopo averne delineato le caratteristiche generali, si discutano le principali tecnologie di produzione, la compatibilità con le infrastrutture esistenti, i possibili ambiti applicativi e il legame con le fonti rinnovabili. Si affrontino inoltre le


principali sfide di tipo economico e/o normativo. Il candidato è invitato a concludere con una riflessione critica e motivata sul ruolo che questi vettori energetici potranno assumere nel futuro mix energetico.

SETTORE INDUSTRIALE
Sotto-settore MECCANICA FREDDA

Il candidato descriva una possibile procedura di sviluppo di un progetto a scelta, relativo all'ambito dell'ingegneria o della produzione industriale, evidenziando il ruolo dei moderni strumenti software all'interno della suddetta procedura. Si concluda discutendo l'impatto atteso dell'introduzione dei nuovi strumenti basati sull'Intelligenza Artificiale nel contesto del processo di sviluppo considerato.

SETTORE INDUSTRIALE
Sotto-settore GESTIONALE-PRODUTTIVO

La crescente integrazione delle tecnologie digitali nei sistemi manifatturieri sta trasformando i modelli produttivi, con impatti rilevanti sull'efficienza operativa e sulla sostenibilità ambientale. Il candidato analizzi il ruolo delle tecnologie abilitanti (es. IoT, AI, digital twin) nella gestione dei processi industriali, discuta le opportunità e le criticità legate alla transizione sostenibile e digitale, e rifletta sul contributo dell'ingegnere industriale nella progettazione e gestione di sistemi produttivi intelligenti.

	<p>UNIVERSITÀ DEGLI STUDI FIRENZE</p> <p>Scuola di Ingegneria</p>	<p>ESAMI DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALL'ESERCIZIO DELLA PROFESSIONE DI INGEGNERE PRIMA SESSIONE 2025 Seconda Prova Scritta – Sezione A 8 settembre 2025</p>	<p>A</p>
---	---	---	-----------------

SETTORE INDUSTRIALE
Sotto-settore AUTOMAZIONE

Il candidato discuta il problema della progettazione di controllori digitali, illustrandone i componenti principali, le tecniche di sintesi più comunemente adottate, le implicazioni introdotte dalla discretizzazione e

l'importanza della scelta del tempo di campionamento. L'esposizione potrà essere integrata con esempi applicativi relativi al settore professionale di interesse.

SETTORE INDUSTRIALE
Sotto-settore BIOMEDICA

Il candidato descriva un sistema biomedicale diagnostico scelto a piacere, evidenziandone in particolare la funzionalità diagnostica, le variabili misurate, l'architettura dettagliata del sistema e le sue potenziali applicazioni

SETTORE INDUSTRIALE
Sotto-settore ELETTRICA

Progetto di alimentatori a commutazione.

Il Candidato elenchi, descrivendoli brevemente, i criteri e le modalità per la progettazione degli alimentatori a commutazione. Descriva, inoltre, i principali metodi per il controllo degli stessi.

Il Candidato è libero di effettuare tutte le ipotesi che riterrà necessarie per lo sviluppo dell'elaborato.

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

SETTORE INDUSTRIALE
Sotto-settore ENERGETICA

Il candidato è invitato a descrivere i principi fondamentali che guidano la progettazione termo-fluidodinamica di un sistema energetico (tradizionale o basato su fonti rinnovabili), in cui siano presenti macchine a fluido. Dopo aver delineato le caratteristiche generali del sistema scelto (ad esempio impianti a vapore, cicli a gas, motori a combustione interna, turbine eoliche, ecc.), si richiede di:

- descrivere il ruolo delle macchine a fluido all'interno del sistema
- evidenziare i principali criteri progettuali (performance, efficienza, portata, matching tra componenti, ecc.)
- illustrare come il design possa essere supportato da strumenti di calcolo e simulazione (previsione delle prestazioni del sistema, eventuale ottimizzazione, costo computazionale associato)

È possibile concludere con esempi applicativi o considerazioni sulle potenzialità di integrazione con sistemi di accumulo o recupero energetico.

SETTORE INDUSTRIALE
Sotto-settore MECCANICA FREDDA

Si descriva e si approfondisca l'utilizzo dei processi di ottimizzazione nella progettazione ingegneristica o industriale, portandone esempi applicativi. In particolare, si discutano i principi fondamentali, gli ambiti

applicativi e i benefici attesi, evidenziando il ruolo dei moderni strumenti software all'interno della suddetta procedura.

SETTORE INDUSTRIALE
Sotto-settore GESTIONALE-PRODUTTIVO

Progettazione e gestione di un sistema di logistica interna automatizzata in un impianto manifatturiero

Un'azienda industriale di medie dimensioni, operante nella produzione su commessa di componenti metallici per il settore automotive, intende riorganizzare la propria logistica interna al fine di aumentare l'efficienza operativa, ridurre i tempi di attraversamento e migliorare la tracciabilità dei materiali. L'obiettivo è introdurre un sistema automatizzato per la movimentazione e il controllo dei materiali tra magazzino, reparti produttivi e area spedizioni, integrato con i sistemi informativi aziendali (ERP/MES).

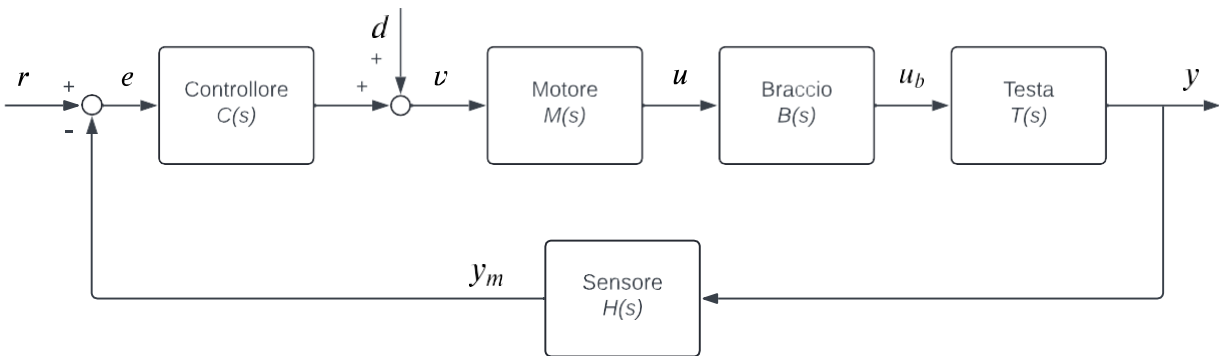
Il candidato sviluppi un progetto tecnico-gestionale che affronti i seguenti punti:

1. Analisi dei requisiti funzionali del sistema di logistica interna in relazione al layout di fabbrica e ai flussi materiali esistenti;
2. Proposta di soluzioni tecnologiche per l'automazione (AGV/AMR, sistemi RFID, magazzini verticali, sensoristica, ecc.) e loro dimensionamento preliminare;
3. Integrazione del sistema fisico con la componente digitale (sistemi informativi, monitoraggio in tempo reale, tracciabilità);
4. Valutazione dei benefici attesi in termini di efficienza, tempi e costi, nonché delle criticità e dei vincoli operativi e organizzativi;
5. Riflessione sul ruolo dell'ingegnere industriale nel coordinamento del progetto e nella gestione del cambiamento.

Il candidato potrà fare riferimento, ove opportuno, a schemi, tabelle, esempi numerici o casi aziendali.

	<p>UNIVERSITÀ DEGLI STUDI FIRENZE</p> <p>Scuola di Ingegneria</p>	<p>ESAMI DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALL'ESERCIZIO DELLA PROFESSIONE DI INGEGNERE PRIMA SESSIONE 2025 Prova Pratica– Sezione A 15 OTTOBRE 2025</p>	<p>A</p>
---	---	---	-----------------

SETTORE INDUSTRIALE
Sotto-settore AUTOMAZIONE



Si consideri il modello di un sistema di lettura/scrittura dati per disco rigido (Hard Disk Drive, HDD). In figura è schematizzato il sistema di controllo per il posizionamento della testina di lettura sulla traccia desiderata del disco. Il sistema di lettura HDD utilizza un motore a corrente continua per ruotare un braccio su cui è montata, all'estremità, la testina di lettura, collegata al braccio tramite un elemento flessibile di acciaio.

Il motore e il braccio di lettura sono rispettivamente modellati dalle funzioni di trasferimento $M(s)$, tra la tensione di comando del motore v e la forza u generata dal motore, e $B(s)$, tra u e la forza u_b esercitata dal braccio sull'elemento flessibile della testa. Tali funzioni di trasferimento valgono

$$M(s) = \frac{K_m}{R_a + L_a s} \qquad B(s) = \frac{1}{s(J s + b)}$$

dove le costanti K_m, R_a, L_a, J , e b assumono, in appropriate unità di misura, i seguenti valori:

$$K_m = 5000; \quad R_a = 1000; \quad L_a = 1; \quad J = 1; \quad b = 20.$$

La testa di lettura, collegata all'elemento flessibile, è modellata come un sistema massa-molla-smorzatore descritto dalla seguente funzione di trasferimento tra u_b e la posizione sul disco y :

$$T(s) = \frac{\omega_n^2}{s^2 + 2\xi\omega_n s + \omega_n^2}$$

con $\xi = 0.3$ e $\omega_n = 18.85 \times 10^3$. Assumendo una misura y_m della posizione della testina di lettura accurata, il sensore è modellato con una funzione di trasferimento $H(s) = 1$.

1. Si progetti la funzione di trasferimento $C(s)$ del controllore in modo che il sistema di controllo sia stabile e soddisfi le seguenti specifiche statiche e dinamiche:

- errore di inseguimento a regime nullo per ingressi costanti ($r(t) = c, c \neq 0$);
- errore di inseguimento a regime alla rampa unitaria ($r(t) = t$) non superiore a $e_1 = 0.005$;
- errore a regime prodotto sull'uscita dal disturbo a gradino unitario ($d(t) = 1$) non superiore a $e_d = 0.005$;
- sovraelongazione alla risposta al gradino non superiore a $S = 0.15$;
- tempo di salita circa uguale a $T_s = 0.18$.

2. Si progetti il controllore digitale $C(z)$ mediante discretizzazione del controllore analogico $C(s)$ ottenuto al punto precedente, motivando la scelta del tempo di campionamento. In alternativa, si progetti $C(z)$ direttamente a tempo discreto.

SETTORE INDUSTRIALE Sotto-settore BIOMEDICA
--

Con riferimento ad un'applicazione a scelta, appartenente a una delle seguenti macroaree:

- Robotica per assistenza alla persona
- Biofabbricazione di tessuti
- Sistemi ottici per la misura non invasiva di biosegnali

Il candidato descriva, anche mediante schema a blocchi, gli elementi costitutivi del sistema ed il loro funzionamento (ad esempio, componenti hardware, software, aspetti biomeccanici o interfacce utente), ne giustifichi le scelte progettuali ed i dimensionamenti, con particolare riferimento alla scelta dei sensori/attuatori per il controllo del processo.

Il candidato faccia infine riferimento alle specifiche normative per i dispositivi elettromedicali per classificare il sistema scelto mettendo in evidenza le principali limitazioni d'uso con i relativi rischi associati.

SETTORE INDUSTRIALE
Sotto-settore ELETTRICA

Il candidato progetti un sistema automatico per il monitoraggio della corrente di alimentazione in un sistema trifase industriale con correnti di valore efficace compreso tra 100 A e 1 kA e che garantisca un'accuratezza al 5%.

Nello sviluppo del progetto si evidenzino i seguenti aspetti:

1. l'architettura proposta;
2. l'eventuale elaborazione delle informazioni acquisite;
3. le prestazioni in termini di risoluzione e accuratezza ottenibili;
4. le cause di incertezza presenti;
5. i vantaggi della soluzione proposta rispetto ad altre possibili.

Il Candidato è libero di effettuare tutte le ipotesi che riterrà necessarie per lo sviluppo dell'elaborato.

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

SETTORE INDUSTRIALE
Sotto-settore ENERGETICA

Un sito industriale necessita di energia elettrica e olio diatermico ad alta temperatura per il processo produttivo. A tale scopo si decide di installare un turbogas cogenerativo, alimentato a metano, per l'auto-produzione di energia elettrica ed uno scambiatore di calore a tubi e mantello per il recupero del calore sensibile allo scarico al fine di riscaldare l'olio.

La potenza elettrica da installare (W_{EL}) risulta pari a 6 MW.

Decidendo di adottare un rapporto di compressione (β) pari a 25, ipotizzare un valore ragionevole per il rendimento isentropico del compressore (η_c), e calcolare di conseguenza il rendimento isentropico richiesto alla turbina (η_T) considerando di imporre un target al rendimento termodinamico di ciclo pari al 40%.

Considerare i seguenti vincoli operativi:

- $\eta_{EL} = 0.95$ - rendimento dell'alternatore
- $\eta_M = 0.92$ - rendimento meccanico
- $\eta_{CC} = 0.98$ - rendimento della camera di combustione
- $\Delta p_{OUT} = 0.05$ bar - perdite di carico allo scarico della turbina
- $TIT = 1300^\circ C$ - temperatura ammissibile in ingresso alla turbina (T_3)

Considerare i seguenti dati per aria/fumi:

- $T_{AMB} = 300$ K - temperatura ambiente
- $R = 287.1$ J/(kg K) - costante del gas aria/fumi
- $c_p = 1005$ J/(kg K) - calore specifico aria/fumi a temperatura ambiente
- $c_p = 1120$ J/(kg K) - calore specifico aria/fumi a temperatura sia di fine compressione che di scarico
- $c_p = 1310$ J/(kg K) - calore specifico aria/fumi a temperatura di ingresso turbina

Considerare i seguenti dati per il metano:

- $\alpha_{ST} = 17.2$ - dosatura stechiometrica
- $LHV = 50$ MJ/kg - potere calorifico inferiore

1

1) Riportare nella seguente tabella i risultati dei calcoli:

η_c	-		Rendimento isentropico compressore (ipotizzato)
m_c	kg/s		Portata di combustibile
m_a	kg/s		Portata di aria
α	-		Dosatura
W_c	MW		Potenza assorbita dal compressore
W_T	MW		Potenza erogata dalla turbina
T_2	K		Temperatura in uscita compressore
T_4	K		Temperatura dei fumi di scarico
η_T	-		Rendimento isentropico turbina

La portata di fumi allo scarico alla temperatura T_4 viene sfruttata per il riscaldamento dell'olio diatermico, che deve essere portato da una temperatura di partenza di 50°C fino ad una temperatura di 250°C . La temperatura dei fumi freddi non può scendere al di sotto di 200°C . Calcolare la portata di olio che è possibile scaldare.

Ipotizzare un valore ragionevole per l'efficienza dello scambiatore in controcorrente (η_{sc}) e considerare:

- $c_p = 1920 \text{ J}/(\text{kg K})$ - calore specifico olio diatermico

2) Riportare nella seguente tabella i risultati dei calcoli:

η_{sc}	-		Rendimento scambiatore (ipotizzato)
m_o	kg/s		Portata olio diatermico
Q_o	MW		Potenza termica recuperata
ΔT_{ML}	K		Differenza di temperatura media logaritmica tra i due fluidi

Procedere quindi con il dimensionamento di massima dello scambiatore di calore. Considerare uno scambiatore a fascio tubiero, in cui i fumi vengono fatti passare attraverso i tubi, mentre l'olio diatermico nel mantello. Se si sceglie di adottare uno scambiatore avente tubi con le seguenti caratteristiche geometriche:

- $D = 50 \text{ mm}$ - diametro tubo
- $L = 6.2 \text{ m}$ - lunghezza tubo

Calcolare il numero totale di tubi (N) necessario affinché sia garantito il trasferimento della potenza termica (Q_T) desiderata, utilizzando le seguenti ipotesi:

- Si considera solo lo scambio termico convettivo lato tubi (fumi di scarico) in quanto le resistenze termiche delle pareti dei tubi e dell'olio diatermico sono trascurabili
- Per il calcolo del coefficiente di scambio termico convettivo (HTC) lato tubi si utilizza la seguente correlazione empirica semplice per tubi lisci

$$Nu = 0.023Re^{0.8}Pr^{0.4}$$

Al fine del calcolo dei numeri adimensionali, considerare:

- $\lambda = 0.044 \text{ W/(m K)}$ - conducibilità fumi
- $\mu = 2.8 \times 10^{-5} \text{ Pa s}$ - viscosità dinamica fumi

3) Riportare nella seguente tabella i risultati dei calcoli:

$N(1)$	-		Numero di tubi (prima iterazione)
$Re(1)$	-		Numero di Reynolds (prima iterazione)
$Nu(1)$	-		Numero di Nusselt (prima iterazione)
$HTC(1)$	$W/(m^2 K)$		Coefficiente di scambio termico convettivo (prima iterazione)
$Q_T(1)$	MW		Potenza termica ceduta (prima iterazione)
$N(n)$	-		Numero di tubi (n-esima iterazione)
$Re(n)$	-		Numero di Reynolds (n-esima iterazione)
$Nu(n)$	-		Numero di Nusselt (n-esima iterazione)
$HTC(n)$	$W/(m^2 K)$		Coefficiente di scambio termico convettivo (n-esima iterazione)
$Q_T(n)$	MW		Potenza termica ceduta (n-esima iterazione)

Calcolare inoltre le prestazioni complessive del sistema cogenerativo considerando:

- $\eta_{el,c} = 0.52$ - rendimento elettrico per produzione di energia elettrica con sistema convenzionale
- $\eta_{th,c} = 0.88$ - rendimento termico per produzione di energia termica con sistema convenzionale

4) Riportare nella seguente tabella i risultati dei calcoli:

η_{tot}	-		Rendimento totale di primo principio
IRE	-		Indice di risparmio energetico

SETTORE INDUSTRIALE
Sotto-settore MECCANICA FREDDA

Il candidato esegua il disegno costruttivo di massima del riduttore a ruote dentate, la cui vista superiore è mostrata in Fig. 1. Si considerino le seguenti specifiche:

velocità albero primario (1)	$n_1 = 1600 \text{ rpm}$
potenza nominale	$P = 10 \text{ kW}$
rapporto di riduzione	$\tau = 12,5$

In particolare, il candidato esegua il progetto, attraverso le verifiche ritenute necessarie, dei seguenti elementi:

- ruote dentate;
- alberi;
- cuscinetti.

Il candidato ipotizzi infine gli eventuali dati aggiuntivi necessari.

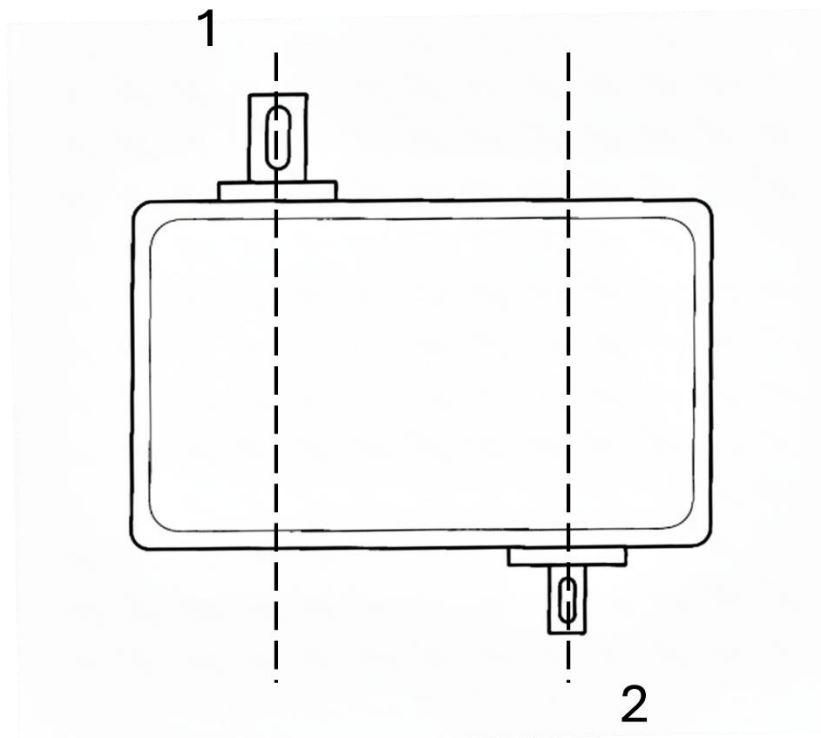


Figura 1

SETTORE INDUSTRIALE
Sotto-settore GESTIONALE-PRODUTTIVO

Titolo: *Progetto preliminare di un magazzino automatico verticale per la gestione di semilavorati in un'azienda biomedicale*

Contesto

Un'azienda manifatturiera operante nel settore biomedicale produce dispositivi su misura in lotti piccoli ma ad alta variabilità. La gestione dei semilavorati e delle componenti (viti, guarnizioni, supporti, circuiti, contenitori, materiali in plastica e acciaio) avviene attualmente in un magazzino manuale con scaffalature statiche, che occupa 200 m² e comporta frequenti errori di prelievo, lentezza nella preparazione ordini e scarsa tracciabilità.

L'azienda decide di sostituire il magazzino esistente con un sistema automatico verticale (tipo **Vertical Lift Module – VLM**), integrato con l'ERP e il sistema MES, per ottenere un miglioramento nella velocità di picking, accuratezza dei dati, tracciabilità e ottimizzazione degli spazi.

Dati a disposizione

- Numero totale articoli gestiti a magazzino: 1.200
- Articoli attivi e movimentati regolarmente (classi A e B): 720
- Ordini interni evasi giornalmente: 60
- Riga ordine media: 6 righe
- Cicli di picking giornalieri: circa 360
- Tempo medio di prelievo manuale per riga: 45 secondi
- Altezza disponibile per installazione: 6 metri
- Area di ingombro per ciascun VLM: 4 m²
- Ogni contenitore (tray) può ospitare in media: 12 codici
- Peso massimo per tray: 250 kg
- Volume medio per articolo: 0,008 m³
- Magazzinieri disponibili: 2 operatori per turno
- Turno unico: 8:00 – 17:00 con 1 ora di pausa

Compiti del candidato

1. Analisi del fabbisogno logistico

- Calcolo del numero minimo di tray necessari per ospitare i 720 articoli attivi, con raggruppamento per codici simili.
- Stima del numero di VLM da installare, in base alla capacità e alla produttività giornaliera.
- Analisi di superficie occupata e confronto con l'area attuale.

2. Proposta di layout e flussi

- Schema del layout del magazzino automatico (pianta e interfaccia con produzione e area ricevimento).
- Descrizione dei flussi operativi: ingresso, stoccaggio, picking, uscita.
- Posizionamento delle baie di prelievo e loro logica operativa.

3. Specifiche tecniche e organizzative del sistema

- Modalità di identificazione articoli (barcode, QR code, RFID).
- Integrazione prevista con ERP e MES (gestione lotti, tracciabilità, reintegri).
- Descrizione del ciclo di picking con put-to-light o pick-to-light.

4. Valutazione di produttività e benefici attesi

- Confronto fra picking manuale e automatico in termini di tempo medio per riga.
- Riduzione stimata degli errori e impatto sulla tracciabilità.
- Incremento dello spazio disponibile grazie alla verticalizzazione.
- Benefici economici e gestionali attesi (es. riduzione tempi di evasione, maggiore rotazione scorte, abbattimento errori).

5. Indicazioni aggiuntive (facoltative ma consigliate)

- Ipotesi di piano di investimento iniziale semplificato.
- ROI qualitativo o quantitativo semplificato (se possibile).
- Aspetti di sicurezza ed ergonomia per gli operatori.

Nota finale

Il candidato potrà supportare la propria proposta con schemi funzionali, calcoli semplificati, grafici, disegni a mano libera o ipotesi ragionate, purché coerenti. È valutata positivamente la capacità di inquadrare il progetto in una logica sistemica, integrando aspetti tecnici, operativi, gestionali e digitali.



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
FIRENZE
Scuola di
Ingegneria

**ESAMI DI STATO PER L'ABILITAZIONE
ALL'ESERCIZIO DELLA PROFESSIONE DI INGEGNERE
SECONDA SESSIONE 2025
Prima Prova Scritta – Sezione A
14 NOVEMBRE 2025**

A

**SETTORE INDUSTRIALE
Sotto-settore AUTOMAZIONE**

Il candidato discuta il ruolo della modellistica matematica nella progettazione di sistemi di controllo automatico, evidenziandone la centralità all'interno del processo ingegneristico. Illustri inoltre le principali fonti di incertezza, l'impatto delle approssimazioni modellistiche e la gestione di disturbi e perturbazioni nei sistemi di controllo. L'esposizione potrà essere opportunamente integrata con esempi riferiti al settore professionale in cui il candidato intende operare.

**SETTORE INDUSTRIALE
Sotto-settore BIOMEDICA**

Il candidato descriva, a propria scelta, un sistema assistivo all'operatore sanitario (informatica, robotica, sensoristica, ecc.), evidenziandone in particolare la funzionalità, l'architettura del sistema e le sue potenziali applicazioni. Il candidato identifichi inoltre le variabili del sistema che vengono misurate e ne dia opportuna giustificazione.

**SETTORE INDUSTRIALE
Sotto-settore ELETTRICA**

Il candidato illustri le principali tipologia di impianti a fonti rinnovabili per la produzione di energia, con particolare riferimento alla produzione di energia elettrica associata alla co-generazione.

Il candidato può integrare l'esposizione degli aspetti tecnici di sua competenza con un ragionato inquadramento sociale e politico, riportando e motivando le proprie conclusioni.

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

**SETTORE INDUSTRIALE
Sotto-settore ENERGETICA**

Il candidato è invitato a sviluppare un tema sul ruolo delle fonti di energia rinnovabile nel quadro della transizione energetica e della decarbonizzazione. Facendo riferimento alle principali fonti rinnovabili (energia solare, eolica, idroelettrica, geotermica, da biomasse, marina), il candidato analizzi il potenziale contributo di tali risorse alla riduzione delle emissioni climalteranti e alla sicurezza dell'approvvigionamento energetico. Dopo averne delineato le caratteristiche generali, si discutano:

- le principali tecnologie di conversione e il livello di maturità tecnologica,

- le problematiche tecniche ed economiche legate all'intermittenza, all'accumulo e all'integrazione nelle reti elettriche,
- l'influenza sul funzionamento del mercato elettrico italiano (formazione dei prezzi, flessibilità del sistema, gestione dei servizi di dispacciamento, ecc.),
- il legame con gli obiettivi europei di neutralità climatica,
- le sfide normative, ambientali e di pianificazione territoriale,

discutendo le soluzioni oggi in corso di adozione per favorire una maggiore penetrazione delle rinnovabili nel sistema energetico.

SETTORE INDUSTRIALE
Sotto-settore MECCANICA FREDDA

Il candidato descriva le metodologie di verifica di componenti meccanici soggetti a carichi variabili nel tempo e ne illustri l'applicazione ad un componente di macchina a sua scelta.

SETTORE INDUSTRIALE
Sotto-settore GESTIONALE-PRODUTTIVO

Il settore industriale sta affrontando due grandi cambiamenti: la transizione ecologica, che spinge verso una riduzione significativa dell'impatto ambientale dei processi industriali, e la transizione digitale, che sta rivoluzionando la progettazione, la produzione e la gestione dei prodotti in ogni fase del loro ciclo di vita. Un ruolo chiave in questa trasformazione è quello dell'ingegnere industriale. Si chiede di elaborare questo concetto, con particolare attenzione a:

- 1) Le principali linee di intervento sulle quali è possibile operare per migliorare la sostenibilità di un prodotto o un processo, inclusa la fase di vita e di produzione;
- 2) I cambiamenti che dovranno essere implementati per creare un sistema produttivo più sostenibile e digitale;
- 3) I principali strumenti per la digitalizzazione di un processo produttivo;
- 4) Si riportino esempi che si ritengono utili ad illustrare le riflessioni precedenti.



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
FIRENZE
Scuola di
Ingegneria

**ESAMI DI STATO PER L'ABILITAZIONE
ALL'ESERCIZIO DELLA PROFESSIONE DI INGEGNERE
SECONDA SESSIONE 2025
Seconda Prova Scritta – Sezione A
16 dicembre 2025**

A

**SETTORE INDUSTRIALE
Sotto-settore AUTOMAZIONE**

Il candidato illustri il concetto di stabilità nei sistemi dinamici e ne discuta il ruolo nella progettazione dei sistemi di controllo automatico. Si chiede in particolare di descrivere i principali criteri di stabilità e le tecniche di sintesi di controllori finalizzate alla stabilizzazione dell'impianto.

**SETTORE INDUSTRIALE
Sotto-settore BIOMEDICA**

Il candidato descriva, a propria scelta, un sistema robotico biomedicale, evidenziandone in particolare la funzionalità, l'architettura del sistema e le sue potenziali applicazioni. Il candidato identifichi inoltre le variabili del sistema che vengono misurate e ne dia opportuna giustificazione.

**SETTORE INDUSTRIALE
Sotto-settore ELETTRICA**

Il Candidato descriva le modalità previste per il progetto per la connessione di utenti attivi e passivi alle reti At e MT, con particolare riferimento alla presenza di fonti energetiche rinnovabili.

Il Candidato è libero di effettuare, alla luce delle sue conoscenze, tutte le ipotesi che ritiene opportune e necessarie per lo sviluppo dell'elaborato.

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

**SETTORE INDUSTRIALE
Sotto-settore ENERGETICA**

Il candidato illustri lo stato di sviluppo, le tecnologie esistenti e i possibili sviluppi di breve e medio periodo relativi allo sfruttamento dell'energia eolica. In particolare, dovrà:

- Descrivere i principi fisici alla base della conversione dell'energia del vento in energia elettrica
- Presentare le tecnologie attualmente impiegate, con riferimento agli aerogeneratori onshore e offshore, illustrando le principali differenze costruttive, le taglie di potenza, le efficienze, ecc.
- Analizzare lo stato di sviluppo del settore a livello nazionale e internazionale
- Discutere i principali limiti e criticità legati alla tecnologia eolica
- Illustrare le prospettive di sviluppo futuro nel breve e medio termine
- Dare una valutazione complessiva, anche in confronto con altre fonti energetiche, in termini di sostenibilità, affidabilità e contributo alla transizione energetica

SETTORE INDUSTRIALE
Sotto-settore MECCANICA FREDDA

Il candidato descriva il ruolo delle tecniche di analisi agli elementi finiti (Finite Element Method / Finite Element Analysis) all'interno del processo di progettazione assistita da calcolatore (CAD/CAE) ponendo particolare attenzione a:

- le fasi principali del processo di modellazione e discretizzazione di un componente meccanico o strutturale;
- i criteri di scelta degli elementi e delle condizioni al contorno;
- gli aspetti di validazione e verifica del modello numerico rispetto ai dati sperimentali o analitici;
- l'integrazione dei risultati FEM nel ciclo di progettazione

Si presentino esempi di applicazioni se ritenuto utile e/o necessario.

SETTORE INDUSTRIALE
Sotto-settore GESTIONALE-PRODUTTIVO

Lo sviluppo di un processo produttivo efficace ed efficiente è un requisito fondamentale per le aziende manifatturiere. Il candidato illustri i criteri generali per la scelta dei processi di produzione di un componente industriale in funzione delle sue caratteristiche (es: materiali, geometria, dimensione lotto), illustrando campi di applicazione, caratteristiche specifiche e limiti dei principali processi produttivi disponibili in ambito industriale. Si consiglia di proporre alcuni esempi di applicazione a supporto della spiegazione.



SETTORE: INDUSTRIALE
Sotto-settore AUTOMAZIONE

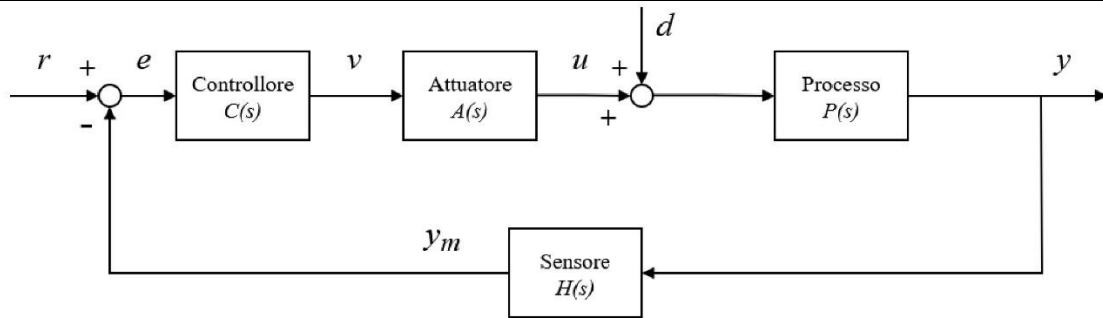


Figure 1: Sistema di controllo della velocità angolare di beccheggio di un velivolo.

In figura è schematizzato un sistema di controllo della velocità angolare di beccheggio (*pitch rate*) di un velivolo. Il riferimento r rappresenta il comando desiderato, mentre y è la velocità angolare di beccheggio effettiva. La misura y_m è ottenuta tramite un giroscopio (*rate gyro*) con guadagno unitario. Il processo (dinamica del velivolo) è descritto, in opportune unità di misura, dalla funzione di trasferimento

$$P(s) = \frac{K_p(1 + \tau_p s)}{s^2 + 2\zeta\omega_n s + \omega_n^2}$$

dove $K_p > 0$ è un parametro dipendente dalla condizione di volo. L'attuatore è descritto (in appropriate unità di misura) dalla seguente funzione di trasferimento

$$A(s) = \frac{K_a}{1 + \tau_a s}$$

con $K_a = 1$ e $\tau_a = 0.1$. Il sensore è modellato come $H(s) = 1$.

Si considerino le seguenti condizioni operative (parametri della dinamica $P(s)$):

- **Condizione 1** (crociera): $\omega_n = 2.5$, $\zeta = 0.3$, $\tau_p = 0.3$, $K_p = 1$;
- **Condizione 2** (discesa): $\omega_n = 2$, $\zeta = 0.3$, $\tau_p = 0.3$, $K_p = 0.7$.

1. Si progetti la funzione di trasferimento $C(s)$ del controllore in modo che il sistema di controllo sia stabile e soddisfi le seguenti specifiche statiche e dinamiche (riferite alla **Condizione 1**):
 - errore di inseguimento a regime per riferimento a gradino unitario ($r(t) = 1$) non superiore a $e_0 = 0.08$;
 - ponendo $r(t) = 0$, in presenza di un disturbo additivo a gradino unitario $d(t) = 1$ sommato al segnale u , valore a regime dell'uscita non superiore a $e_d = 0.05$;
 - sovralongazione alla risposta al gradino non superiore a $\bar{S} = 0.2$;
 - banda passante (frequenza a -3 dB) circa uguale a $B = 4$.
2. Si progetti il controllore digitale $C(z)$ mediante discretizzazione del controllore analogico $C(s)$ ottenuto al punto precedente, motivando la scelta del tempo di campionamento e del metodo di discretizzazione.
3. Utilizzando il controllore progettato in **Condizione 1**, si analizzi l'effetto della variazione di condizione di volo passando alla **Condizione 2**. In particolare, si stabilisca se il sistema controllato rimane stabile e si commenti qualitativamente l'effetto su rapidità e sovralongazione della risposta al gradino.

SETTORE: INDUSTRIALE
Sotto-settore BIOMEDICA

Con riferimento ad un'applicazione a scelta, appartenente a una delle seguenti macroaree:

- Organo-su-chip (OoC) per replicare la struttura, il microambiente e le funzioni fisiologiche di organi umani
- Protesi impiantabili

Il candidato descriva, anche mediante schema a blocchi, gli elementi costitutivi del sistema ed il loro funzionamento (ad esempio, componenti hardware, software, aspetti biomeccanici o interfacce utente), ne giustifichi le scelte progettuali ed i dimensionamenti, con particolare riferimento alla scelta dei sensori/attuatori per il controllo del processo.

Il candidato faccia infine riferimento alle specifiche normative per i dispositivi elettromedicali per classificare il sistema scelto mettendo in evidenza le principali limitazioni d'uso con i relativi rischi associati.

SETTORE: INDUSTRIALE
Sotto-settore ELETTRICA

Si sviluppi il *progetto del sistema di alimentazione elettrica* di un insediamento di tipo medico-ospedaliero.

Si supponga che l'analisi preliminare dei carichi conduca a ipotizzare le seguenti potenze di dimensionamento:

- 1000 kVA per l'alimentazione *normale*;
- 450 kVA per i carichi *privilegiati* (alimentati da gruppi elettrogeni in caso di assenza della rete pubblica);
- 100 kVA per i carichi *sicuri* (alimentati da gruppi di continuità).

L'alimentazione normale è derivata da una rete pubblica caratterizzata dai seguenti dati:

Tensione di alimentazione: 15 kV

Potenza di cortocircuito 500 MVA

Corrente di guasto a terra 140 A

Tempo di eliminazione del guasto a terra: 0,5 s

1. Sistema di alimentazione

Si richiede al candidato di sviluppare il progetto della cabina di trasformazione di MT/BT per l'alimentazione normale, del sistema per l'alimentazione privilegiata e del sistema per l'alimentazione sicura. In particolare il candidato dovrà:

- stabilire il numero e la taglia dei trasformatori, giustificando le scelte alla luce delle necessità economico-energetiche, di manutenzione e di affidabilità;
- procedere alla definizione del sistema di alimentazione d'emergenza, scegliendo e giustificando numero e taglia dei gruppi elettrogeni;

- definire il sistema di continuità, scegliendo e giustificando numero e taglia dei gruppi di continuità;
- disegnare lo schema elettrico generale (unifilare) del sistema di alimentazione, comprendente i tre sistemi di alimentazione;
- sviluppare un'ipotesi di schema a blocchi per la distribuzione primaria e secondaria, adottando una ragionevole articolazione della distribuzione primaria e secondaria, in modo da identificare le varie funzioni servite. I dettagli relativi ai vari blocchi (quadri periferici) possono essere limitati alla sola potenza di dimensionamento, in modo da poter determinare la corrente nominale dell'interruttore disposto a protezione sul quadro generale BT;
- sviluppare i dettagli relativi ai quadri MT (schema elettrico, fronte quadri) e al quadro generale BT (schema elettrico limitato agli arrivi dai trafo, alle connessioni con i gruppi elettrogeni e con i gruppi di continuità, fronte quadro). Lo schema del quadro generale BT deve prevedere un ragionevole numero di riserve;
- sviluppare il layout dei locali tecnici per i sistemi di alimentazione, indicando il posizionamento e le dimensioni dei vari componenti e precisando altresì vincoli e dimensioni approssimative dei locali ipotizzati;
- calcolare le correnti di corto circuito per il dimensionamento dei vari componenti dello schema elettrico.

2. Impianto di terra

Si richiede al candidato di sviluppare il progetto dell'impianto di terra sul lato MT, ipotizzando una resistività del terreno a 0.6 m di profondità pari a $200 \Omega/m$. In particolare il candidato dovrà:

- precisare funzione e caratteristiche dell'impianto di terra;
- determinare il valore massimo ammissibile della resistenza di terra, tenendo conto che ad un tempo di eliminazione del guasto di 0,5 s corrisponde (secondo la norma CEI EN 50522 (CEI 99-3), ex CEI 11.1) una tensione di contatto ammissibile di 220 V;
- fornire indicazioni di massima per la realizzazione dell'impianto di terra.

3. Dimensionamento di una linea BT

Si richiede al candidato di dimensionare una linea di alimentazione BT, che parta dal sistema di alimentazione normale ed alimenti un quadro periferico avente una potenza di dimensionamento di 60 kVA e disposto ad una distanza di 30 m. In particolare il candidato dovrà:

- indicare i criteri di dimensionamento;
- discutere i criteri di protezione della linea ed il coordinamento delle protezioni;
- fornire indicazioni per la realizzazione della linea, sia con riferimento al cavo (tipo e sezione), sia con riferimento alla canalizzazione (tipo, dimensione, installazione).

Il candidato può introdurre ipotesi ragionevoli sui dati significativi mancanti. La capacità di sintesi, l'ordine e la correttezza espositiva saranno elementi determinanti per la valutazione.

SETTORE: INDUSTRIALE
Sotto-settore ENERGETICA

Un sito industriale necessita di riscaldare una portata di 2.5 kg/s di acqua da temperatura ambiente, fino a 60°C. Si decide di sostituire la tradizionale caldaia a metano con sistema CHP basato su un turbogas cogenerativo, alimentato sempre a metano, per l'auto-produzione di energia elettrica ed uno scambiatore di calore a tubi e mantello in controcorrente per il recupero del calore sensibile allo scarico al fine di riscaldare l'acqua.

Come vincolo operativo, la temperatura dei fumi freddi in uscita dallo scambiatore dovrà essere pari a 120°C.

Si decida di adottare un rapporto di compressione (β) pari a 20. Si ipotizzi che la tecnologia dei componenti sia tale da avere un rendimento isentropico sia di compressore (η_c) che di turbina (η_T) pari a 85%, e di consentire una temperatura massima ammissibile in ingresso alla turbina pari a 1300°C. Considerare delle perdite di carico allo scarico della turbina, dovute alla presenza dello scambiatore di calore, pari a 0.05 bar.

Considerare inoltre i seguenti dati noti:

- $T_{AMB} = 20^\circ\text{C}$ - temperatura ambiente
- $R_{gas} = 287.1 \text{ J}/(\text{kg K})$ - costante del gas aria/fumi
- $C_{p, gas} = 1100 \text{ J}/(\text{kg K})$ - calore specifico medio aria/fumi (costante al variare della temperatura)
- $C_{p, H_2O} = 4180 \text{ J}/(\text{kg K})$ - calore specifico medio acqua (costante al variare della temperatura)
- $LHV = 50 \text{ MJ}/\text{kg}$ - potere calorifico inferiore del metano

Il candidato deve ipotizzare autonomamente i seguenti dati (riportarli in tabella):

η_{CT}		rendimento termico per produzione di energia termica con caldaia tradizionale
η_{SC}		rendimento di adiabaticità dello scambiatore di calore a tubi e mantello in controcorrente
η_{CC}		rendimento della camera di combustione
η_M		rendimento meccanico all'albero del turbogas
η_A		rendimento dell'alternatore

1) Calcolare la potenza elettrica generata dal turbogas e la differenza di temperatura media logaritmica tra i due fluidi nello scambiatore. Riportare nella seguente tabella i principali risultati dei calcoli:

$m_{c,CT}$	kg/s		Portata di combustibile della caldaia tradizionale
$m_{c,CHP}$	kg/s		Portata di combustibile del turbogas
$m_{a,CHP}$	kg/s		Portata di aria elaborata dal turbogas
α	-		Dosatura in camera di combustione
W_C	kW		Potenza assorbita dal compressore
W_T	kW		Potenza erogata dalla turbina
W_{EL}	kW		Potenza elettrica prodotta dal turbogas
η_G	-		Rendimento globale del turbogas
T_2	K		Temperatura in uscita compressore
T_4	K		Temperatura dei fumi di scarico
$\%Q_{REC}$	-		Percentuale di calore sensibile recuperato
ΔT_{ML}	K		Differenza di temperatura media logaritmica tra i due fluidi

Calcolare le prestazioni complessive del sistema cogenerativo in termini di rendimento dell'impianto e calcolare, rispetto allo scenario di produzione separata, l'indice di risparmio energetico o primary energy saving, e la riduzione annua delle emissioni di CO₂. Considerare:

- $\eta_{el,conv} = 0.52$ - rendimento elettrico per produzione di energia elettrica con sistema convenzionale
- $X_{CO_2} = 2.75 \text{ kgCO}_2/\text{kg}$ - fattore di emissione CO₂ del metano

2) Riportare nella seguente tabella i risultati dei calcoli:

η_{tot}	-		Rendimento totale di primo principio
PES	-		Primary Energy Saving
m_{CO_2}	ton/anno		Emissioni totali di CO ₂ annualmente risparmiate

Procedere quindi con il dimensionamento di massima dello scambiatore di calore. Considerare uno scambiatore a fascio tubiero, in cui i fumi vengono fatti passare attraverso i tubi, mentre l'acqua nel mantello. Si seleziona uno scambiatore avente tubi con le seguenti caratteristiche geometriche:

- $D = 25 \text{ mm}$ - diametro interno tubo
- $L = 2.8 \text{ m}$ - lunghezza complessiva tubo

Calcolare il numero totale di tubi (N) necessario affinché sia garantito il trasferimento della potenza termica (Q_{TH}) desiderata, utilizzando le seguenti ipotesi:

- Si considera solo lo scambio termico convettivo lato tubi (fumi di scarico) in quanto le resistenze termiche delle pareti dei tubi e dell'acqua sono trascurabili
- Per il calcolo del coefficiente di scambio termico convettivo (HTC) lato tubi si utilizza la seguente correlazione empirica semplice per tubi lisci

$$Nu = 0.023Re^{0.8}Pr^{0.4}$$

Al fine del calcolo dei numeri adimensionali, considerare:

- $\lambda = 0.044 \text{ W/(m K)}$ - conducibilità fumi
- $\mu = 2.8 \times 10^{-5} \text{ Pa s}$ - viscosità dinamica fumi

3) Spiegare eventuali considerazioni/ipotesi/vincoli relativamente al dimensionamento iterativo e riportare nella seguente tabella i risultati dei calcoli:

$Q_{TH,target}$	kW		Potenza termica target da trasferire
N(1)	-		Numero di tubi (prima iterazione)
Re(1)	-		Numero di Reynolds (prima iterazione)
Nu(1)	-		Numero di Nusselt (prima iterazione)
HTC(1)	W/(m ² K)		Coefficiente di scambio termico convettivo (prima iterazione)
$Q_T(1)$	kW		Potenza termica ceduta (prima iterazione)
n	-		Numero di iterazioni eseguite
N(n)	-		Numero di tubi (n-esima iterazione)
Re(n)	-		Numero di Reynolds (n-esima iterazione)

Nu(n)	-		Numero di Nusselt (n-esima iterazione)
HTC(n)	W/(m ² K)		Coefficiente di scambio termico convettivo (n-esima iterazione)
Q _T (n)	kW		Potenza termica ceduta (n-esima iterazione)

SETTORE: INDUSTRIALE
Sotto-settore MECCANICA FREDDA

Si supponga di voler progettare una gru a bandiera montata a parete, come evidenziato in figura, per il sollevamento e la movimentazione di carichi pesanti fino a 400 kg.

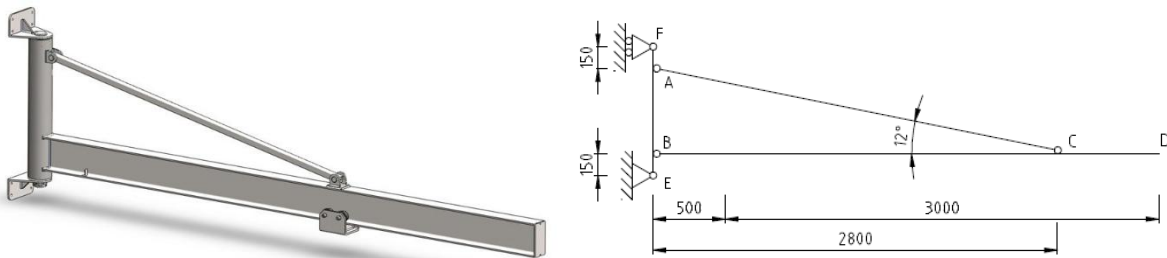
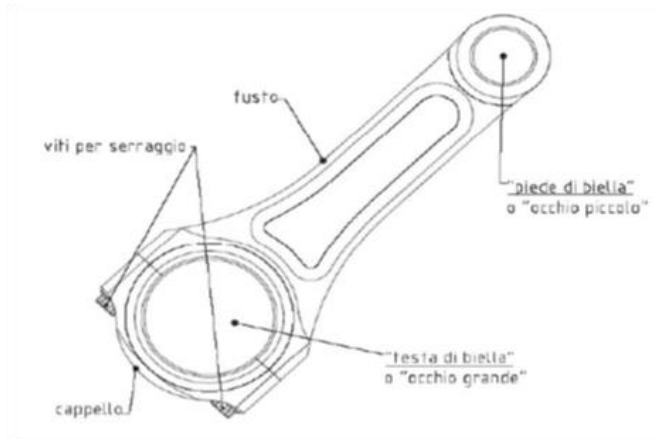


Figura 1 – Vista assonometrica e schema costruttivo della gru a bandiera.

In riferimento allo schema riportato sopra considerare un campo di rotazione attorno all'asse verticale (θ) massimo di 160° (con $\theta = 0^\circ$ la mensola deve essere ortogonale alla parete; rotazione permessa $\pm 80^\circ$) e un sovraccarico massimo del 25%. La corsa ammessa del carico va da 0.5 m fino a 3.5 m, rispetto all'asse di rotazione del braccio sospeso. Il tirante è fissato con un angolo di inclinazione di $\alpha = 12^\circ$ e fissato ad una distanza di 2.8 m dall'asse verticale. Per alzare il carico, si supponga di usare un paranco con motore elettrico (massa totale 20 kg, posizionato sul carello C) che dovrà raggiungere una velocità di 10 m/min in 2 secondi partendo da fermo.

Al candidato è richiesto di dimensionare tutti i vari componenti della gru (es., cuscinetti, trave, tirante, ecc.), considerando la configurazione più gravosa (*worst-case scenario*). Disegnare a mano libera le parti da realizzare in officina e l'assieme completo. Indicare tolleranza e rugosità dove necessario. Si ipotizzino, con giustificato criterio, gli eventuali dati aggiuntivi necessari.

SETTORE: INDUSTRIALE
Sotto-settore GESTIONALE-PRODUTTIVO



Una PMI produce bielle per motori a combustione interna. Sulla base dei dati forniti si chiede di:

- Definire il ciclo di lavorazione (operazioni, macchine, attrezzaggi, controlli),
- Stimare i tempi e costi unitari,
- Proporre l'organizzazione della produzione per questo prodotto.

Dimensioni (tutte le quote in mm) e materiale

- Interasse tra i fori della biella: $160,00 \pm 0,02$
- Diametro piede biella: $\varnothing 26 H7$
- Diametro testa biella: $\varnothing 50 \pm 0,10$
- Spessore testa: $28,00 \pm 0,05$
- Spessore piede: $22,00 \pm 0,05$
- Spessore medio del corpo: $18,0 \pm 0,1$
- Materiale: Acciaio legato 42CrMo4 (EN 10083), stato di fornitura: bonificato ($R_m = 700 \text{ MPa}$)

Dopo un processo di forgiatura, si ipotizzi di dover lavorare solo i fori di piede e testa biella, che dovranno raggiungere una rugosità di $1.6 \mu\text{m}$ sulla superficie interna.

- Domanda annua: 2.400 pezzi/anno
- Consegna al cliente: 200 pezzi/mese
- Lotto di produzione suggerito: 100–200 pezzi (potete motivare scelta diversa)
- Regime produttivo: 1 turno, 8 h/giorno, 220 giorni/anno
- Disponibilità impianti (OEE): 75% (ore effettive = ore teoriche $\times 0,75$)

Dati economici

- Grezzo fucinato 42CrMo4 (sovrametallo per lavorazioni): massa 1,8 kg/pezzo
- Costo materiale: 3,2 €/kg
- Costo stampo: 20.000 €
- Costo macchine utensili: 75 €/h
- Bareno $\varnothing 50 H7$ (utensile per testa): 120 €, vita 400 pezzi

- Barena Ø22 H7 (utensile per piede): 80 €, vita 600 pezzi

Dati Tecnologici

- Raggio di punta utensile: 1 mm
- Velocità di taglio consigliata: 120 m/min

Si ipotizzino con valori credibili tutti i dati mancanti per lo sviluppo dell'analisi (es: tempo forgiatura, tempo controllo, tempo setup, etc.)