

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

II Sessione 2025

Sezione A

Prova progettuale - Settore Industriale

Al candidato è richiesto di svolgere uno dei temi proposti di seguito.

TEMA 1

1. Si richiede uno studio preliminare per la progettazione di un impianto basato su turbina a gas in ciclo semplice operante in inseguimento di carico. Sulla base della propria esperienza il candidato assuma le ipotesi operative che ritiene opportune nel rispetto dei seguenti vincoli:

- la curva di carico da soddisfare può essere definita dal candidato entro i valori limite di 50 MW_{el} e 120 MW_{el} .
- la condizione ambientale impone una variazione della temperatura dell'aria fra -5°C e 45°C .
- si assuma il funzionamento in giornate tipo per ciascuna stagione (primavera, estate, autunno, inverno).
- massima temperatura del ciclo termico pari a 1500°C .

E' consentito ipotizzare che aria e prodotti di combustione si comportino come gas perfetti, con calore specifico costante rispettivamente pari a $1.01 \text{ kJ}/(\text{kg K})$ e $1.12 \text{ kJ}/(\text{kg K})$. Le condizioni ISO a cui fare riferimento sono 1 bar e 15°C .

Lo studio implica:

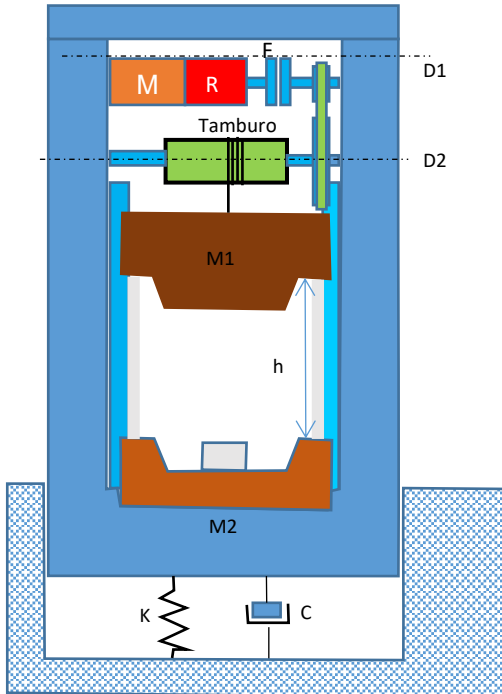
- rappresentazione dello schema di impianto e del diagramma Temperatura-Entropia;
- individuazione delle portate di fluido evolventi e delle principali grandezze fisiche (temperatura, pressione, entalpia) in tutti i punti del ciclo termodinamico;
- spiegazione delle scelte progettuali e delle assunzioni fatte in termini di prestazioni dei singoli componenti dell'impianto.
- valutazione delle prestazioni complessive dell'intero impianto di generazione.

2. Focalizzando l'attenzione sui gas di scarico ipotizzare scenari per il recupero termico del calore altrimenti disperso in atmosfera secondo le seguenti modalità:

- produzione di vapore da inviare ad utenza industriale a pressione e temperatura di 10 bar e 250°C ;
- produzione di vapore da inviare in turbina in un ciclo Rankine bottoming ad 1 livello di pressione, nel rispetto del vincolo della minima temperatura dei gas esausti a camino di 80°C .

Calcolare e confrontare il rendimento termico e di primo principio (CHP) negli scenari definiti al punto 1.

TEMA 2



In figura è rappresentato un maglio a caduta, per lavorazioni meccaniche di fucinatura a caldo. E' composto da una mazza battente di massa $M1=350\text{kg}$ e da un'incudine di massa $M2$. Un motore M , tramite un riduttore R , una frizione F e una trasmissione a cinghia, aziona un tamburo per il sollevamento della mazza che scorre entro guide ideali verticali.

Il maglio è collegato a terra tramite una fondazione.

Formulando le dovute ipotesi per la definizione di eventuali parametri mancanti il candidato sviluppi il dimensionamento della macchina come sotto indicato.

Determinare l'altezza di caduta h della massa battente, sapendo che il lavoro di deformazione massimo richiesto a questo maglio è di 4500J .

Determinare la massa dell'incudine $M2$ ipotizzando che il 95% dell'energia, a seguito di un urto anelastico della mazza, venga convertito in lavoro di deformazione.

Determinare la rigidità K e lo smorzamento C della fondazione in modo che sia smorzata criticamente e che la massima escursione del maglio a seguito dell'urto sia di 5mm .

Scegliere dal catalogo fornito il motore asincrono più idoneo

all'uso, determinare il rapporto complessivo di trasmissione e determinare la coppia di dimensionamento della frizione, sapendo che è richiesta una cadenza di 45 colpi al minuto.

Indicare come la presenza di un volano di adeguata taglia a monte della frizione possa influenzare la scelta del motore.

Determinare in entrambi i casi (con o senza il volano aggiuntivo) l'andamento del transitorio di innesto e di avviamento per la massa battente, ipotizzando che durante l'innesto della frizione la coppia motrice sia costante e pari alla coppia nominale.

Effettuare il dimensionamento della trasmissione a cinghia (tipo di cinghia, numero di cinghie, pulegge, tensionamento) in base al catalogo fornito.

Determinare il diagramma delle azioni interne nell'albero di sollevamento della mazza e determinarne il diametro $D2$ di massima, ipotizzando che il carico della mazza agisca in mezzzeria.

TEMA 3

La Lavorazioni Ferro S.p.A. è un'azienda italiana leader nella produzione di barre ad aderenza migliorata (comunemente dette "tondini") utilizzate in edilizia per realizzare le armature. L'armatura è l'insieme degli elementi in ferro – opportunamente sagomati e posizionati – che, conglobati al calcestruzzo, ne incrementano la resistenza strutturale, dando origine al cemento armato. Il principale sito produttivo dell'azienda ha sede in provincia di Roma ed è dedicato alla produzione di tre tipologie di tondini di ferro: i classici tondini di ferro in barre (A) e due tipologie di tondini presagomati (B e C).

Le dimensioni delle barre ad aderenza migliorata sono normate e dipendono dalle caratteristiche strutturali richieste della struttura finale nella quale le stesse verranno impiegate. Lo stabilimento romano è dedicato alla produzione di barre con diametro 10 mm. Tutti i prodotti dell'azienda sono realizzati in acciaio B450C a partire da billette prodotte tramite colata continua da un azienda partner.

Il processo produttivo dell'azienda è composto da tre fasi:

- **Laminazione:** Durante questa fase le billette acquistate esternamente vengono riscaldate in un apposito forno per raggiungere la temperatura ideale per il processo di laminazione. Successivamente, le billette riscaldate attraversano una serie di gabbie di laminazione che permettono di ottenere il tondino in barre. Durante questa fase sulla superficie esterna dei tondini vengono realizzate particolari nervature dette "zigrature" che garantiscono una migliore aderenza della barra all'interno della struttura in calcestruzzo. Al termine del treno di laminazione, i tondini vengono tagliati in sezioni di 6 m. L'impianto di laminazione è stato acquistato 7 anni fa ad un costo pari a 2 milioni di € (vita utile 15 anni, ammortamento a quote costanti) e lavora a ciclo continuo 24 ore su 24. In questa fase produttiva sono impiegati 10 operatori, dal costo unitario di 27.500€ all'anno (di cui il 20% TFR). La fase di laminazione richiede ulteriori costi quantificabili in 95.000€ per anno. Si consideri inoltre che ciascuna billetta è acquistata ad un costo di 450€ ed è sufficiente per la produzione di 70 tondini in ferro.
- **Piegatura:** Durante questa fase, a partire dai tondini in ferro realizzati tramite laminazione, vengono realizzate le due tipologie di tondini presagomati (prodotti B e C). Nel dettaglio, un macchinario automatizzato provvede a tranciare il tondino di partenza con lunghezza necessaria per la realizzazione di ciascun presagomato e effettua le pieghe necessarie per conferire al tondino il profilo finale richiesto (quadrato per il prodotto B e rettangolare per il prodotto C). Il macchinario di piegatura è stato acquistato tre anni fa e la quota di ammortamento di competenza dello scorso anno ammontava a 45.800€ (ammortamento pari al 10% del valore residuo). In questa fase produttiva sono impiegati 4 operatori, dal costo unitario di 26.000€ all'anno (di cui il 20% TFR). La fase di piegatura sostiene costi di natura generale pari a 27.000€ all'anno. Il tempo necessario per la produzione di ciascun prodotto di tipo B (presagomato quadrato) è del 25% superiore a quello necessario per la realizzazione di un prodotto di tipo C (presagomato rettangolare). L'azienda ha inoltre sostenuto costi di set-up del macchinario di piegatura, richiesti per il cambio di produzione fra i prodotti B e C e viceversa, pari a 75.000€.
- **Legatura in fasci ed etichettatura:** Durante questa fase sia i classici tondini di ferro in barre (A) che le due tipologie di tondini presagomati (B e C) vengono legati in fasci tramite doppia legatura con vergella di diametro 7 mm. Ogni fascio è poi identificato applicando un'etichetta metallica o plastificata riportanti le seguenti informazioni: il logo azienda, il numero di colata, il diametro, il tipo di acciaio, la data di produzione ed infine gli estremi relativi al rilascio della certificazione di conformità del prodotto. Questa fase viene realizzata da un macchinario

acquistato due anni fa a 450.000€ (vita utile 5 anni, ammortamento a quote costanti) gestito da due operatori dallo stipendio annuo unitario di 29.000€ (di cui il 20% TFR). L'etichetta metallica o plastificata viene acquistata esternamente ed ha un costo pari a 2,50€. Il tempo necessario per la legatura ed etichettatura del prodotto A è il doppio rispetto a quello richiesto dai prodotti di tipo B e C.

La struttura organizzativa dello stabilimento romano della Lavorazioni Ferro S.p.A., in aggiunta alle attività produttive, è composta dalle seguenti funzioni: ufficio paghe, ufficio qualità ISO e ufficio Sistemi Informativi. L'ufficio paghe vede impiegate due segretarie dal costo annuo pro-capite di 22.000€ (di cui il 20% TFR). Le attività dell'ufficio paghe vanno allocate in base al numero di dipendenti. L'ufficio paghe sostiene per il suo funzionamento costi annui di natura generale pari a 13.000€. L'ufficio qualità ISO e normative si occupa della costante verifica del rispetto lungo tutto il processo produttivo delle direttive e delle stringenti normative di riferimento. Nell'ufficio vengono impiegati 3 ingegneri il cui costo unitario annuo è di 35.000€ (di cui il 20% TFR). L'ufficio sostiene inoltre costi di natura generale quantificabili in 18.000€ all'anno. Un recente studio ha identificato come le attività dell'ufficio qualità ISO e normative possano essere imputate alle fasi produttive come da percentuali di assorbimento riportate nella seguente tabella.

Attività	Percentuale assorbimento attività ufficio qualità ISO e normative	Percentuale assorbimento attività Sistemi Informativi
Ufficio Paghe	-	20%
ISO e normative	-	20%
Laminazione	35%	10%
Piegatura	25%	20%
Legatura e etichettatura	40%	30%

Nella stessa tabella sono indicate anche le percentuali di assorbimento di risorse dei Sistemi Informativi in cui lavorano 3 tecnici con un costo procapite annuo di 25.000€ (di cui il 20% TFR).

Le attività di ufficio acquisti e ufficio commerciale così come le attività amministrative sono gestite dalla Lavorazioni Ferro S.p.A. in maniera centralizzata a livello di intero gruppo. La quota parte dei costi di queste attività imputabili allo stabilimento romano è quantificabile in 85.000€ all'anno. Tali costi vanno suddivisi sui singoli prodotti in modo proporzionale a tutti gli altri costi sostenuti al netto dei costi imputabili ai materiali diretti.

Ulteriori dettagli sul numero di prodotti realizzati per ciascuna tipologia nonché le relative specifiche sono fornite nella seguente tabella.

Prodotto	A	B	C
Descrizione	Tondino di ferro in barre	Presagomato quadrato	Presagomato rettangolare
Lunghezza di ciascun item (cm)	600	120	150
Numero di item in ciascun fascio	30	50	45
Numero di fasci venduti	35.000	15.000	18.000

PUNTO A:

Si calcoli il costo pieno industriale di ciascun fascio delle tre tipologie di tondini di ferro prodotte utilizzando i principi dell'Activity Based Costing.

Note:

- Per i ribaltamenti si utilizzi il metodo del reciproco.
- La densità dell'acciaio è pari a 7.850 kg/m^3
- Il costo pieno industriale è pari al costo diretto e dal costo di lavorazione

PUNTO B:

Si calcolino il costo medio ponderato del capitale (WACC) ed il cost of equity (ke) della Lavorazioni Ferro S.p.A secondo il modello del CAPM, sapendo che:

- Il leverage ratio (D/E) della società è pari a 3x
- L'aliquota Ires è pari al 24%
- Il tasso dell'ultimo finanziamento a medio termine sottoscritto dalla società è stato pari al 2,6%
- il rendimento annuo di un BTP a 5 anni è pari all'1,8%
- l'andamento del FTSE nell'ultimo anno è stato pari a 6,1%
- il Beta Levered del principale competitor italiano quotato è pari a 2 (Leverage ratio competitor: 1,7x)

Si spieghi perché al costo pieno industriale va affiancato il costo medio ponderato del capitale ed il cost of equity

PUNTO C:

Negli ultimi anni la Lavorazioni Ferro S.p.A., società attiva nella produzione di tondini in acciaio, ha registrato una crescita significativa della domanda sia sul mercato nazionale che internazionale. Dopo l'implementazione dei sistemi di analisi dei costi per attività (ABC) per determinare il costo pieno dei prodotti A, B e C e dopo la valutazione del proprio costo del capitale tramite WACC e CAPM, l'azienda ha avviato un importante progetto di espansione industriale.

La holding che controlla Lavorazioni Ferro, denominata FerroHolding S.p.A., ha deliberato un aumento di capitale finalizzato a:

- finanziare l'acquisto di un nuovo impianto di laminazione di elevata capacità produttiva;
- potenziare l'automazione della piegatura;
- supportare il piano di internazionalizzazione dell'azienda.

L'assemblea degli azionisti ha approvato la seguente struttura dell'aumento di capitale:

- 3 azioni ordinarie ogni 4 azioni ordinarie possedute (al prezzo unitario di 1,3 €)
- 2 azioni risparmio ogni 4 azioni risparmio possedute (al prezzo unitario di 0,3 €)

Sapendo che il capitale della società è composto da 1,2 milioni di azioni ordinarie e 0,7 milioni di azioni risparmio, si determini la raccolta di capitale effettuata nel corso dell'operazione, il prezzo ex teorico delle azioni e il valore dei diritti. Si evidenzino inoltre gli eventuali trasferimenti di ricchezza previsti fra diverse categorie di azionisti.

Il candidato faccia uso degli strumenti analitici che conosce e formuli le ipotesi aggiuntive che ritiene necessarie per lo svolgimento della prova.

TEMA 4

Un'azienda manifatturiera opera in un contesto produttivo caratterizzato da domanda variabile, limitazioni di capacità ed esigenze di pianificazione accurate. Si propone al candidato di completare e analizzare alcune informazioni relative alla gestione della produzione e alla valutazione delle prestazioni impiantistiche.

Quesito 1 – Pianificazione aggregata e MPS

Si consideri il seguente Master Production Schedule (MPS) parziale.

		1	2	3	4	5	6
Domanda prevista (D)		100	110	80	80	100	50
Ordini clienti (O)		90	110	90	70	50	40
Projected available	30						
MPS							
ATP							

Le quantità inseribili nel piano devono essere **multipli di 150 unità**. Il valore iniziale di *Projected Available* è pari a 30 unità.

Completare l'MPS determinando, per ciascun periodo:

1. il **fabbisogno netto**
2. il **valore di MPS da rilasciare**
3. il **Projected Available (PA)** risultante e l'**Available to Promise (ATP)**.

L'impresa si avvale di un impianto dedicato per la produzione del prodotto Gamma con le seguenti caratteristiche operative:

- Tempo di apertura: **250 gg/anno**, 2 turni/gg, 8 ore/turno
- Resa teorica: **100%**
- Capacità teorica annuale: **240.000 pezzi**

Ulteriori informazioni operative:

- Tempo di utilizzo netto annuo: **2.500 ore**
- Tempo di produzione netta: **2.100 ore**
- Rese:
 - di velocità: 95%
 - di qualità: 92%
 - di quantità: 97%

Sulla base di tali informazioni, il candidato determini:

1. **La potenzialità di mix dell'impianto (Pmix)**
2. **Il tempo di produzione vendibile annuo (Tpv)**
3. **L'Overall Equipment Effectiveness (OEE)**
4. **La capacità reale annuale dell'impianto**

Si considerino ora i costi legati alle attività di setup.

Dati tecnici ed economici:

- Prezzo di vendita: 30 €/kg
- Costo materie prime: 7 €/kg
- Energia: 0,5 €/kg
- Ritmo produttivo: 6 kg/h
- Capacità:
 - ordinaria: 10.000 kg/anno
 - straordinaria: +1.000 kg/anno (10 €/h)
 - subfornitura: max 2.000 kg/anno (15 €/kg)
- Informazioni sul setup:
 - 5 setup/anno
 - durata: 5 h ciascuno
 - ritmo dimezzato → produzione scartata
 - materiali di consumo: 25 €/setup

Determinare il **costo di un singolo setup** al variare della **domanda annua**, nei seguenti scenari:

1. 8.000 kg
2. 10.500 kg
3. 11.500 kg
4. 15.000 kg