



Università degli Studi di Udine

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

2<sup>A</sup> SESSIONE - ANNO 2024

## SEZIONE A

SETTORE:  
**INGEGNERE INDUSTRIALE**

PROVA SCRITTA

**ING/IND**  
**Tema n.1**

Un'industria alimentare presenta richieste termiche contemporanee di caldo e di freddo a diverse temperature. In particolare il ciclo di pastorizzazione, richiede che una portata pari a 5000 l/h di succo di mele (densità 1050 kg/m<sup>3</sup>, calore specifico 3700 J/(kg K)) venga riscaldata da 15 °C fino a 65 °C in uno scambiatore a tubi concentrici e successivamente raffreddata fino a 25 °C in uno scambiatore a piastre. In entrambi gli scambiatori di calore, si utilizza acqua come il fluido termovettore.

Il candidato valuti le potenze termiche richieste dal processo e proponga la configurazione impiantistica ritenuta più adeguata, ipotizzando che ci sia disponibilità sia di energia elettrica sia di gas naturale dalla rete. In particolare:

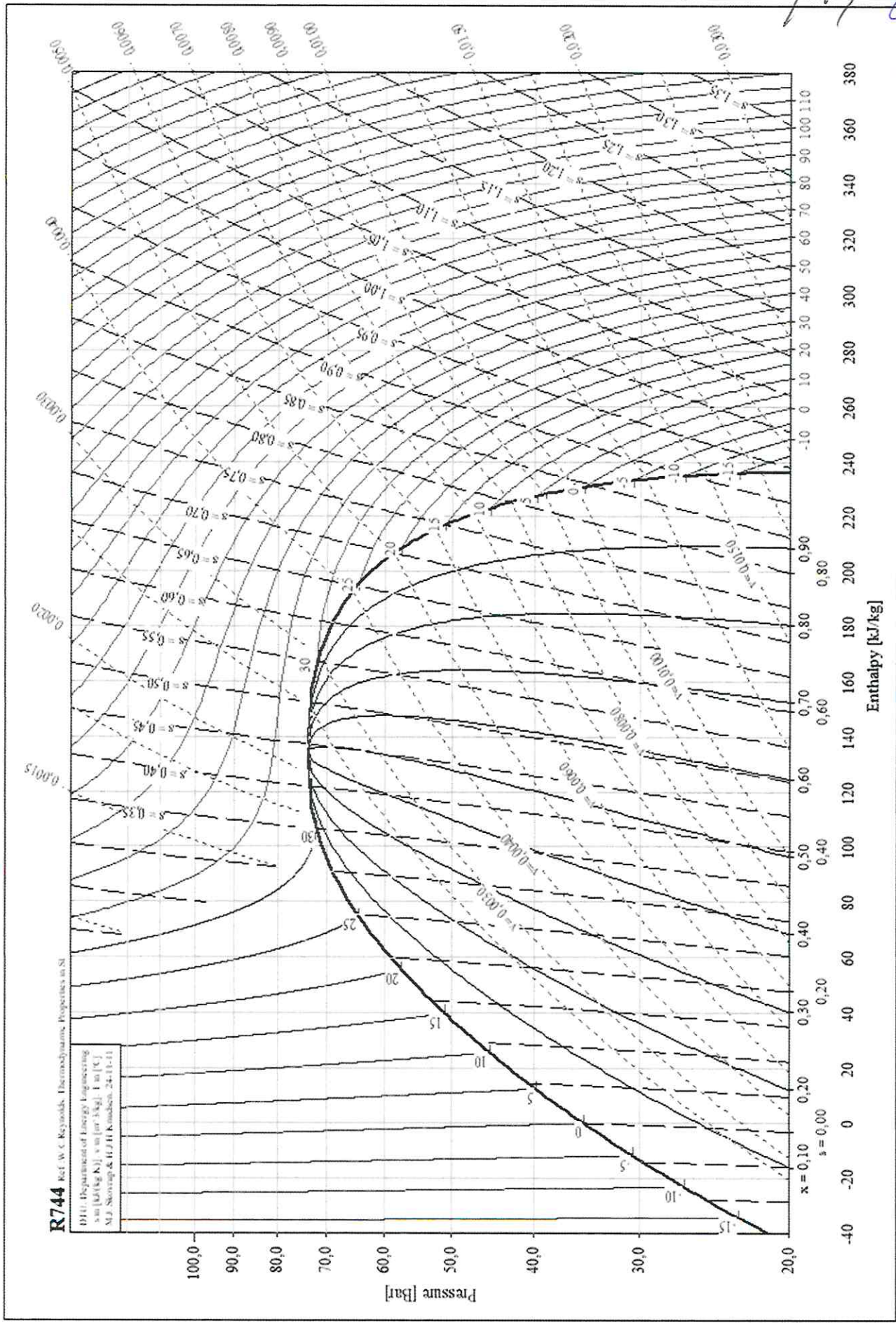
1. Si consideri una soluzione tradizionale di produzione separata di calore, mediante caldaia a metano, e di capacità frigorifera mediante una macchina frigorifera. Il candidato scelga il fluido frigorifero fra anidride carbonica (R744) e l'idrofluorocarburo R134a e, con l'ausilio del corrispondente diagramma allegato, individui i capisaldi del ciclo termodinamico, il coefficiente di prestazione del ciclo frigorifero e la potenza elettrica richiesta dai compressori.
2. Si valuti, per il ciclo frigorifero dimensionato al punto precedente, in che misura sia possibile coprire la richiesta di calore mediante recuperi termici.
3. Si valuti la fattibilità energetica di coprire completamente la richiesta di caldo intervenendo sulla pressione di condensazione del ciclo frigorifero.
4. Si confrontino, in termini di richieste di energia primaria, le soluzioni individuate.

Il candidato approfondisca inoltre il dimensionamento di massima di uno dei due scambiatori succo/acqua a scelta.

Si assumano in maniera opportuna i dati mancanti.



*Handwritten signatures and initials in blue ink.*

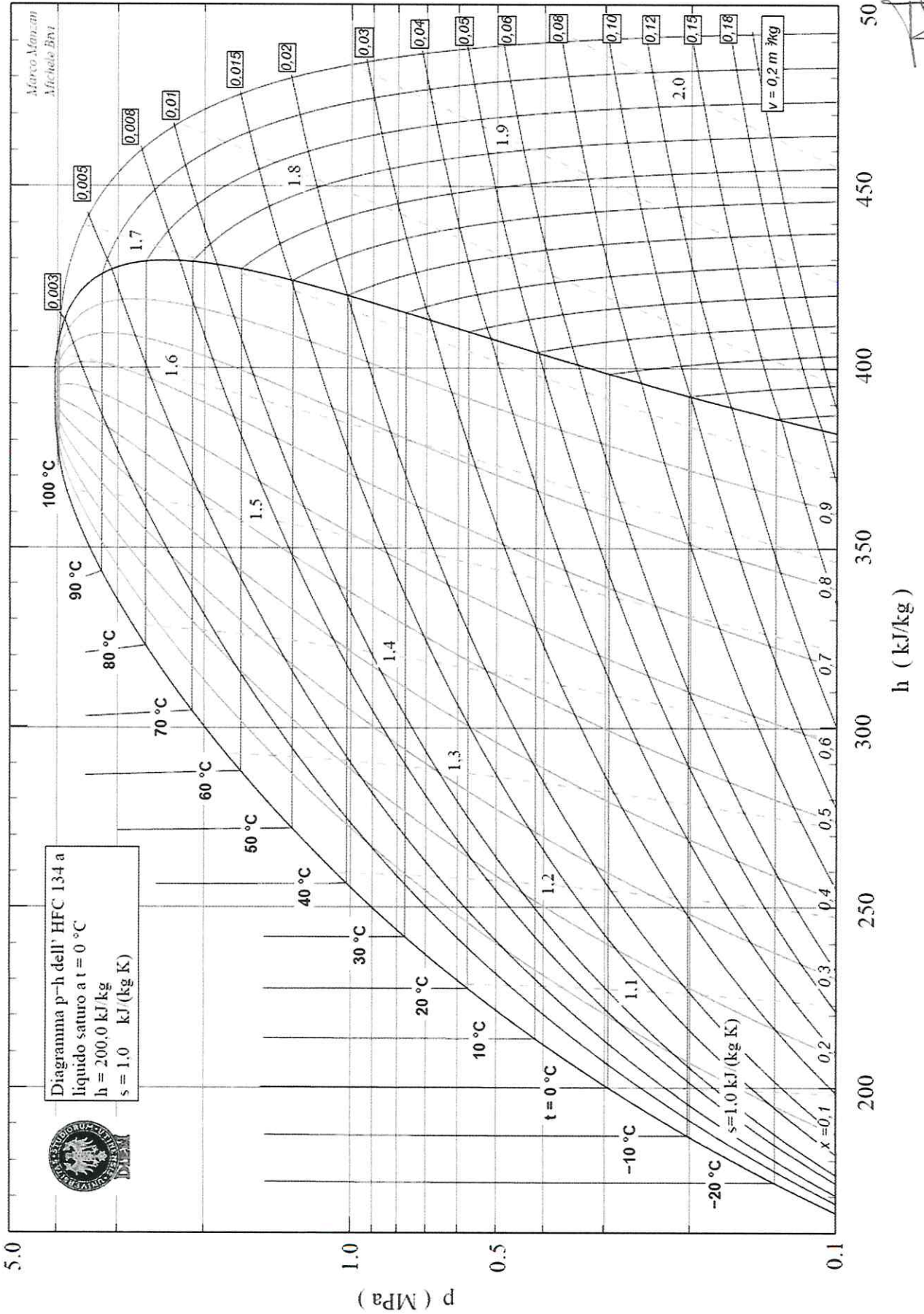


**R744** Ref. W.C. Reynolds, Thermodynamic Properties in SI  
D.H.U. Department of Energy Engineering  
s in [kJ/kg K], s in [m³/kg], T in [°C]  
M.J. Shoucri & H.J.H. Knaflitz, 24-11-11





*Handwritten signatures and initials in blue ink.*





*Handwritten signatures and initials in blue and black ink.*

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

2<sup>A</sup> SESSIONE - ANNO 2024

SETTORE:  
INGEGNERE INDUSTRIALE

PROVA SCRITTA

ING/IND

Tema n.2

Si consideri il sistema di azionamento di un freno automobilistico illustrato nello schema in figura. Con particolare riferimento al componente evidenziato in grigio, si discutano in maniera sistematica e sintetica i vari aspetti elencati di seguito. Si eseguano opportuni calcoli analitici dove previsto.

1. Si discutano le possibili condizioni di carico e di vincolo le possibili modalità di collasso strutturale. Si discuta brevemente le possibili metodologie di calcolo strutturale che potrebbero essere impiegate.
2. Si ipotizzino valori di carico opportuni e si proceda con la progettazione a fatica del componente strutturale del freno evidenziato in grigio, considerando le dimensioni di massima mostrate in figura. Si ipotizzi l'utilizzo di una lega di alluminio avente carico di snervamento pari a 250 MPa e carico ultimo di rottura pari a 320 MPa. Si dimensionino il componente indicando, in corrispondenza delle varie sezioni rilevanti, la geometria della sezione resistente e le dimensioni caratteristiche. Si ipotizzino eventuali dimensioni mancanti e si trascuri la cedevolezza dei supporti.
3. Si discutano i vantaggi dell'utilizzo di codici numerici agli elementi finiti qualora si vogliano impiegare per la verifica dell'integrità strutturale. Si discuta la sequenza di operazioni fondamentali per il calcolo numerico.
4. Si esegua un disegno tecnico costruttivo dell'elemento. Si illustri schematicamente la sequenza di operazioni del ciclo di lavorazione.
5. Si discuta brevemente, in maniera qualitativa, la possibilità di minimizzare il suo peso sfruttando tecniche avanzate di produzione per piccoli lotti e trattamenti termomeccanici di post-processo.

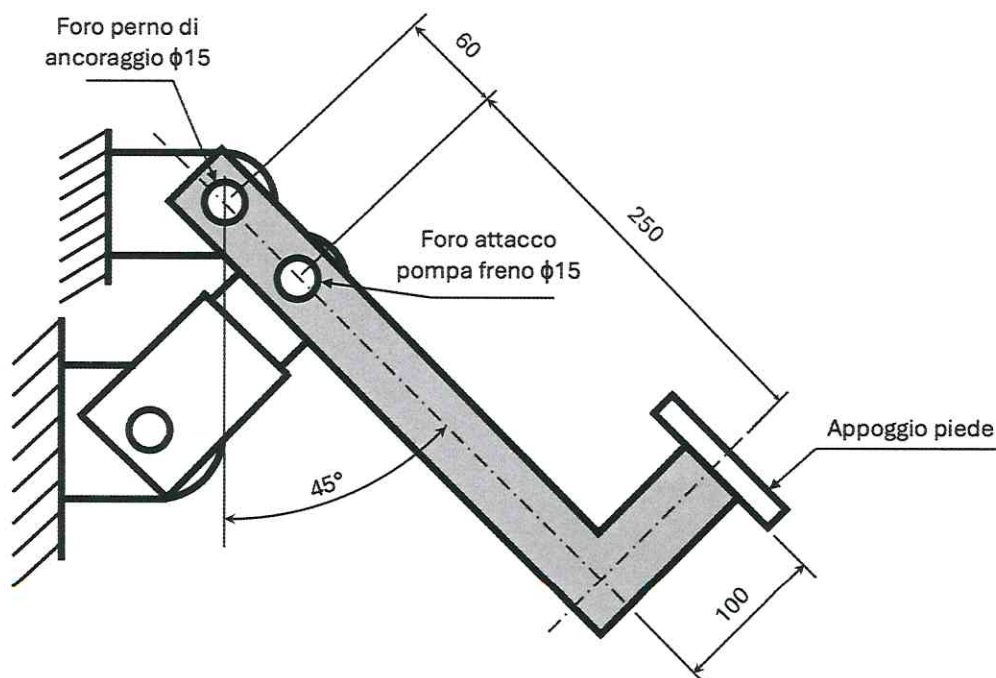


Figura. Dimensioni in millimetri





*[Handwritten signatures and initials]*

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

2<sup>a</sup> SESSIONE - ANNO 2024

SETTORE:  
INGEGNERE INDUSTRIALE

PROVA SCRITTA

ING/IND  
Tema n.3

Si prenda in esame il processo di stampaggio ad iniezione ad alta pressione di un componente in polietilene rappresentato in forma parametrica in Figura 1. Vengono stampati contemporaneamente 8 tappi identici mediante canali di distribuzione interni allo stampo.

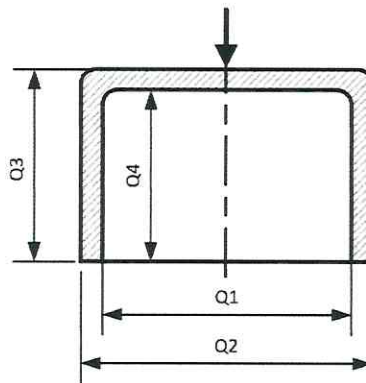


Figura – Componente in plastica oggetto dell'esame

Il materiale ha le seguenti caratteristiche:

- Modulo di elasticità 0.2GPa;
- carico di snervamento 20 MPa;
- resistenza alla trazione 30 MPa;
- allungamento a rottura del 400%.

Compatibilmente con il proprio profilo professionale, il candidato provveda a rispondere ai seguenti punti:

1. Date le misure medie e deviazioni standard delle misure Q1, Q2, Q3 e Q4 in Tabella, ipotizzando per ognuna di esse una distribuzione normale, si provveda a calcolare per ciascuna di esse la frazione di non conformi e le capacità di processo  $C_p$  e  $C_{pk}$ .

**Tabella 1 – Specifiche delle quote**

Quota	Specifica	Media [mm]	Deviazione standard [mm]
Q1	25 ± 0.05 mm	24.98	0.012
Q2	28 ± 0.05 mm	28.02	0.011
Q3	15 ± 0.05 mm	15.01	0.015
Q4	13.5 ± 0.05 mm	13.48	0.008

2. Si provveda a calcolare la frazione di pezzi che presentano almeno una dimensione non conforme.
3. In un piano di produzione di 20 giorni su due turni produttivi (16 ore/giorno) sono stati prodotti 41000 pezzi. Stimare l'indice OEE considerando che il tempo-ciclo di stampa del componente è pari a 25 secondi.
4. Stimare il costo industriale di produzione considerando i costi di macchinari, stampi ed operatore ed assumendo sulla base della propria esperienza le quantità di riferimento.



*[Handwritten signatures and initials in blue and black ink, including 'MS' and 'MSA']*

5. Nell'ipotesi di iniettare il materiale ad una pressione di 1000 bar, stimare il tonnellaggio minimo della macchina per evitare l'apertura degli stampi. Quale dovrebbe essere la rigidità del sistema di chiusura dello stampo affinché non si abbia una apertura superiore a 0.001 mm?
6. La coclea del sistema di iniezione è soggetta ad usura ed in tabella vengono riportate i dati storici di produzione. Si definisca una politica di manutenzione programmata per la coclea. Si ipotizzi un costo della coclea di Euro 10.000,00, la media della durata della coclea è di 4200000 cicli, mentre la deviazione standard è di circa 1167000 cicli. Il tempo di fermo impianto è pari a 1 giorno nel caso di sostituzione preventiva e di 5 giorni nel caso di rottura.
7. Nell'ipotesi che il componente sia il tappo di un recipiente in pressione e che le pareti laterali siano perfettamente vincolate, stabilire la massima pressione del recipiente prendendo in esame la sola superficie superiore ed ipotizzando un raggio di curvatura interno in pressione pari a 120mm.
8. Si scelga opportunamente il materiale dello stampo tenendo in considerazione i requisiti di resistenza meccanica ad usura ed a fatica e le dilatazioni termiche.

Il candidato dimensioni sulla base della propria esperienza le quantità non indicate che ritiene necessarie e fornisca adeguata giustificazione dei valori assunti.



Università degli Studi di Udine

*Jul G*

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

*MS*  
*IA*

2<sup>a</sup> SESSIONE - ANNO 2024

## SEZIONE A

SETTORE:  
**INGEGNERE INDUSTRIALE**

PROVA SCRITTA

ING/IND  
Tema n.1

Il Candidato sviluppi un progetto originale e completo di sistema per il calcolo del costo pieno di una famiglia di prodotti con il metodo dei centri di costo. Nella progettazione si assuma che:

1. i prodotti che fanno parte della famiglia abbiano delle distinte base che comprendano almeno 8 codici e arrivino almeno fino al livello 3;
2. i prodotti presentino almeno 3 funzionalità per cui al cliente sia concesso di scegliere tra diverse opzioni (es. funzionalità colore scocca; opzioni verde, bianco e rosso);
3. dalla scelta delle diverse opzioni risultino almeno 8 versioni finali del prodotto;
4. il processo produttivo richieda almeno 4 centri di lavoro;
5. oltre ai centri finali vi siano anche 1 centro comune e almeno 3 centri ausiliari.

Utilizzando dei dati di propria invenzione si chiede di:

1. dettagliare le distinte base di tre configurazioni finali dei prodotti della famiglia;
2. fornire un possibile schema di flusso logistico che evidenzi magazzini e centri di lavoro;
3. calcolare il costo pieno di tutte le configurazioni finali della famiglia di prodotti (si facciano delle assunzioni sui costi fissi, variabili, diretti e indiretti e sulle quantità);
4. determinare le distinte di pianificazione super bill e modular bill;
5. ipotizzare i prezzi di vendita delle configurazioni finali dei prodotti e dimostrare che in alcune situazioni conviene produrre configurazioni con profitti unitari negativi.

*GB*





Handwritten signatures and initials in blue ink.

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

2<sup>a</sup> SESSIONE - ANNO 2024

SETTORE:  
INGEGNERE INDUSTRIALE

PROVA SCRITTA

ING/IND  
Tema n.2

Si prenda in esame il processo di stampaggio ad iniezione ad alta pressione di un componente in polietilene rappresentato in forma parametrica in Figura 1. Vengono stampati contemporaneamente 8 tappi identici mediante canali di distribuzione interni allo stampo.

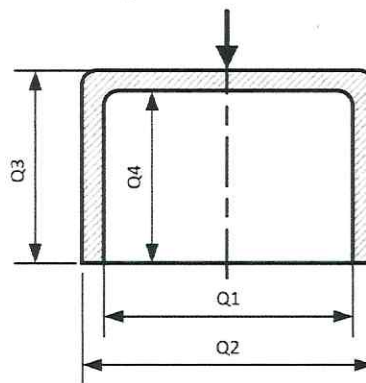


Figura – Componente in plastica oggetto dell'esame

Il materiale ha le seguenti caratteristiche:

- Modulo di elasticità 0.2GPa;
- carico di snervamento 20 MPa;
- resistenza alla trazione 30 MPa;
- allungamento a rottura del 400%.

Compatibilmente con il proprio profilo professionale, il candidato provveda a rispondere ai seguenti punti:

1. Date le misure medie e deviazioni standard delle misure Q1, Q2, Q3 e Q4 in Tabella, ipotizzando per ognuna di esse una distribuzione normale, si provveda a calcolare per ciascuna di esse la frazione di non conformi e le capacità di processo  $C_p$  e  $C_{pk}$ .

Tabella 1 – Specifiche delle quote

Quota	Specifica	Media [mm]	Deviazione standard [mm]
Q1	25 ± 0.05 mm	24.98	0.012
Q2	28 ± 0.05 mm	28.02	0.011
Q3	15 ± 0.05 mm	15.01	0.015
Q4	13.5 ± 0.05 mm	13.48	0.008

2. Si provveda a calcolare la frazione di pezzi che presentano almeno una dimensione non conforme.
3. In un piano di produzione di 20 giorni su due turni produttivi (16 ore/giorno) sono stati prodotti 41000 pezzi. Stimare l'indice OEE considerando che il tempo-ciclo di stampa del componente è pari a 25 secondi.
4. Stimare il costo industriale di produzione considerando i costi di macchinari, stampi ed operatore ed assumendo sulla base della propria esperienza le quantità di riferimento.