

UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PADOVA

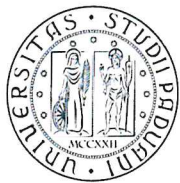
**ESAMI DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI
INGEGNERE INDUSTRIALE IUNIOR**

**Prima sessione 2025
Prova pratica dell'11 settembre 2025**

TEMA 1: Aerospaziale

Una cometa sta approcciando il Sole (S in figura) su una traiettoria iperbolica che ha i seguenti parametri: $e = 1.5$ e $r_p = 5R_{\text{sole}}$ ($R_{\text{sole}} = 696000\text{km}$; $\mu_{\text{sole}} = 132712000000\text{km}^3/\text{s}^2$). Si vuole mandare un satellite interplanetario ad intercettare la cometa; tale satellite è al momento sull'orbita 1 in figura attorno al Sole ed ha i seguenti parametri: $e_1 = 0.6$ e $r_{p1} = 5R_{\text{sole}}$. Al momento il perielio dell'orbita 1 e il perielio dell'orbita della cometa sono sulla stessa linea degli aspidi. Il candidato risponda ai seguenti quesiti:

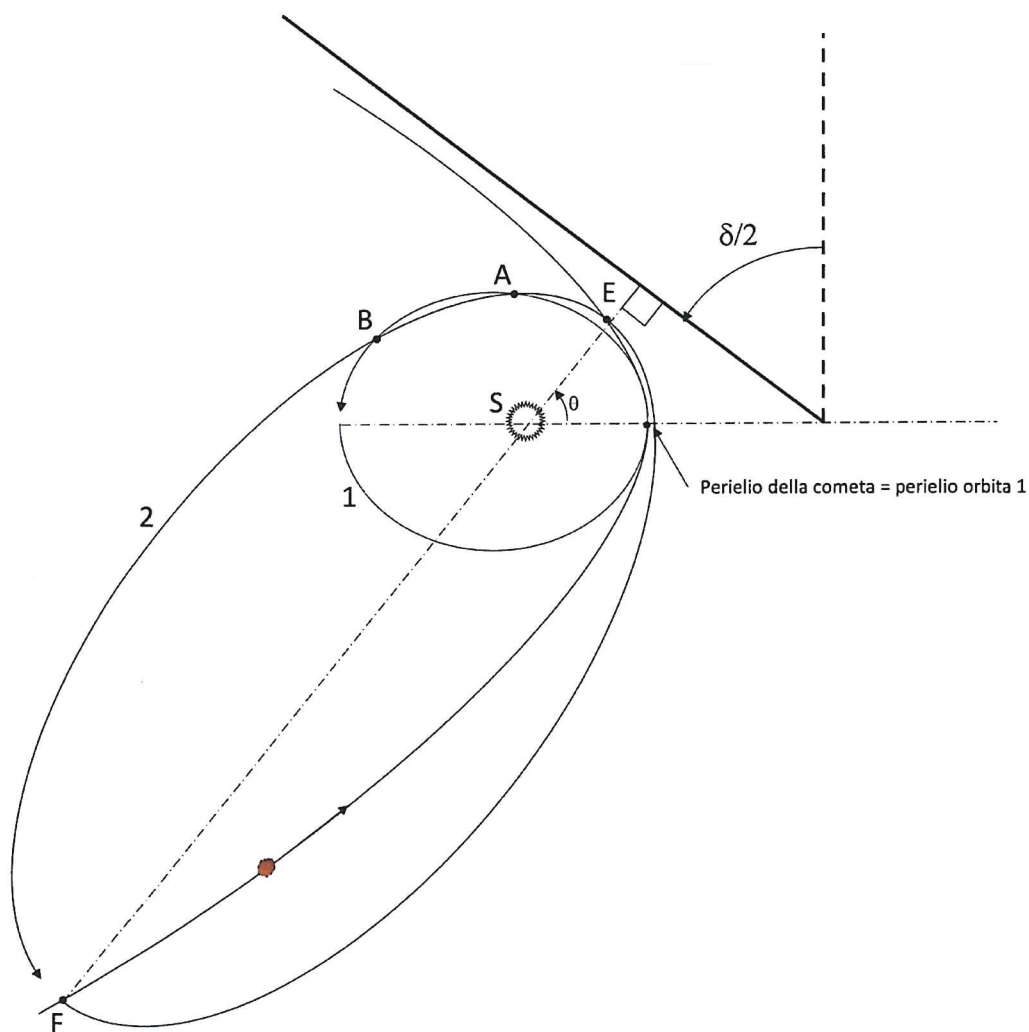
1. Dall'analisi si evince che esiste un angolo θ (vedi figura) tale per cui il satellite riesce ad intercettare la traiettoria della cometa sia nei punti E che F (perielio ed afelio dell'orbita di intercettazione 2). L'angolo θ dell'orbita 2 è legato ad un parametro ben definito dell'orbita della cometa; qual è tale parametro?
2. Una volta specificato tale parametro (sfruttando le geometrie opportune del disegno) calcolare a , e , r_p , r_a , T dell'orbita di intercettazione 2 considerando come angolo l'angolo θ , quello identificato in 1), a cui si aggiungano 20° (si consideri quindi un angolo $\theta_{\text{fin}} = \theta + 20^\circ$).
3. Determinare in quale punto, se in A o in B dell'orbita ellittica iniziale, convenga eseguire una manovra di cambio di orbita per far ruotare di un angolo $|\theta_{\text{fin}}|$ la traiettoria iniziale del satellite e porsi sull'orbita 2 in modo da intercettare la orbita della cometa nei punti E ed F identificati.
4. Calcolare il ΔV minimo per il cambio di angolo θ_{fin} selezionato al punto 2).
5. Identificare la dimensione dei pannelli solari per poter avere energia sufficiente per un sistema termico ed un sistema di comunicazione che permettano la sopravvivenza del satellite fino alla distanza del punto F.



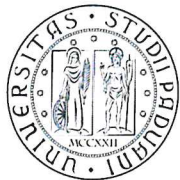
UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PADOVA

**ESAMI DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI
INGEGNERE INDUSTRIALE IUNIOR**

*Prima sessione 2025
Prova pratica dell'11 settembre 2025*



SP



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PADOVA

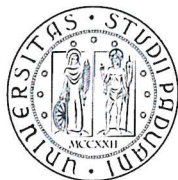
***ESAMI DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI
INGEGNERE INDUSTRIALE IUNIOR***

***Prima sessione 2025
Prova pratica dell'11 settembre 2025***

TEMA 2: Biomedica

Si esponga un problema di ambito protesico che risulti non totalmente soddisfacente per efficacia e sicurezza del paziente, sulla base dello stato attuale dell'arte. Si delinei, di conseguenza, un progetto di ricerca volto al miglioramento del sistema protesico, definendo i seguenti aspetti:

- caratteristiche delle soluzioni attuali e loro limiti;
- miglioramenti da conseguire attraverso la proposta progettuale;
- metodi attraverso i quali conseguire i miglioramenti.



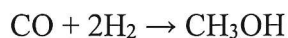
UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PADOVA

**ESAMI DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI
INGEGNERE INDUSTRIALE IUNIOR**

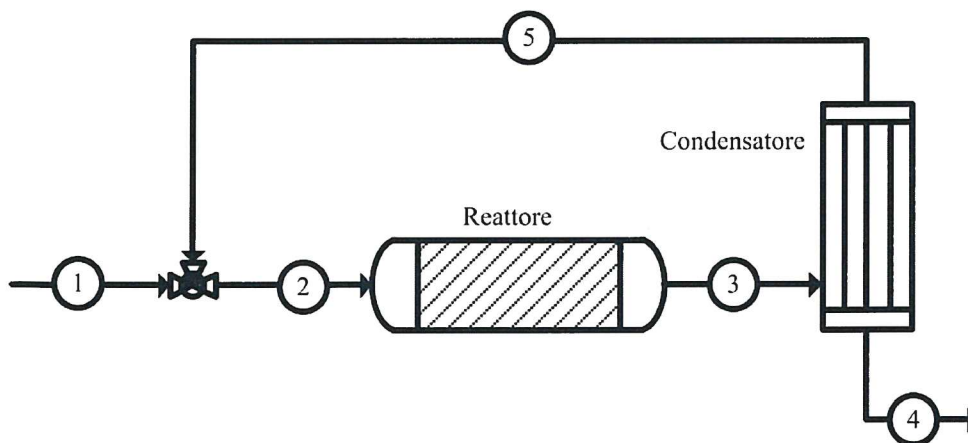
**Prima sessione 2025
Prova pratica dell'11 settembre 2025**

TEMA 3: Chimica

La produzione industriale di metanolo viene realizzata a partire da syngas secondo la reazione seguente:



La reazione viene condotta nell'impianto riportato in figura dove una parte del metanolo ottenuto al reattore viene condensato e ottenuto come prodotto mentre l' H_2 e la CO non reagiti, assieme al metanolo non condensato, sono riciclati al reattore.



L'effluente dal reattore ha una portata di 275 mol/min e contiene la seguente composizione su base ponderale: 1,9% di H_2 , 38,8% di CO e 59,3% di CH_3OH . La frazione molare di CH_3OH nella corrente di riciclo è pari a 0,004. Per questa prima configurazione del processo, supponendo di operare a stato stazionario e alimentando al processo solo CO e H_2 :

1. Determinare la portata (mol/min) e la composizione di tutte le correnti
2. Calcolare la conversione e il calore standard di reazione in kJ/mole

In una seconda configurazione del processo l'alimentazione al processo ha la seguente composizione: 32% molare di CO, 64% molare di H_2 e 4% molare di N_2 . La corrente di alimentazione al reattore invece ha una percentuale molare di N_2 pari al 13%. La presenza di un'inerte nel processo (N_2)



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PADOVA

**ESAMI DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI
INGEGNERE INDUSTRIALE IUNIOR**

**Prima sessione 2025
Prova pratica dell'11 settembre 2025**

richiede di modificare lo schema di processo per introdurre uno spurgo lungo la corrente di riciclo al fine di evitarne l'accumulo. In questa nuova configurazione tutto il metanolo viene condensato e recuperato come prodotto, mentre i gas non reagiti, previo spurgo, sono riciclati in rapporto molare 5:1 rispetto all'alimentazione fresca. Tenuto conto della presenza dello spurgo, supponendo di operare a stato stazionario e con una portata di alimentazione di 100 mol/min:

3. Disegnare il nuovo layout del processo e determinare la portata (mol/min) e la composizione di tutte le correnti in questa seconda configurazione

Per quest'ultima configurazione, assumendo che la reazione venga condotta isotermicamente a 500 K e alla pressione di 1 bar:

4. Calcolare la composizione di equilibrio, sotto l'ipotesi di miscela di gas ideali, stimando la costante di equilibrio con l'equazione di Van t'Hoff
5. Calcolare il quantitativo di calore da sottrarre/fornire, in kW, al fine di condurre la reazione alla temperatura costante di 500K sulla base delle portate calcolate al punto 3

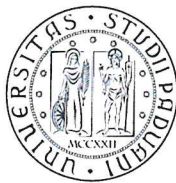
I dati termodinamici dei composti coinvolti sono riportati nella tabella seguente, nella quale compaiono i coefficienti per il calcolo del calore specifico secondo l'equazione:

$$C_p = A + BT + CT^2 + DT^3$$

dove T è in K e C_p è in J/mol-K.

Composto	$\Delta G^0_{f,298K}$ [kJ/mole]	$\Delta H^0_{f,298K}$ [kJ/mole]	A	$B \cdot 10^{-1}$	$C \cdot 10^{-3}$	$D \cdot 10^{-8}$
CO	-137,16	-110,53	30,87	-0,1285	0,0279	-1,272
H ₂	0	0	27,14	0,09274	-0,0138	0,7645
CH ₃ OH	-162,24	-200,94	21,15	0,7092	0,0258	-2,852
N ₂	0	0	31,15	-0,1357	0,0268	-1,168

EF



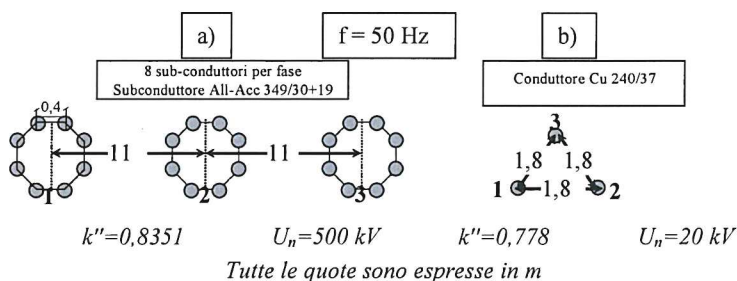
UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PADOVA

**ESAMI DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI
INGEGNERE INDUSTRIALE IUNIOR**

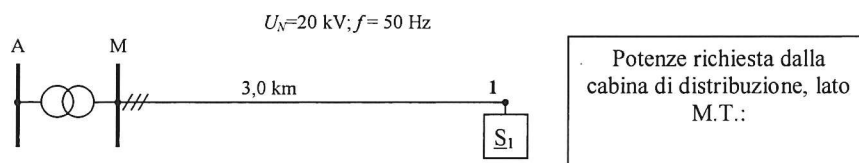
**Prima sessione 2025
Prova pratica dell'11 settembre 2025**

TEMA 4: Elettrica

1) Con riferimento alla figura, si calcolino l'impedenza longitudinale chilometrica e l'ammettenza trasversale chilometrica delle due configurazioni a) (la linea è trasposta) e b). Si assuma per la conduttanza trasversale valore nullo in entrambi i casi.



2) Con riferimento alla linea trifase di figura, esercita a tensione nominale $U_n = 20 \text{ [kV]}$, si richiede di:



- dimensionare la linea in cavo RG7H1RXY sapendo che si prevede l'utilizzo di tre cavi unipolari aerei con temperatura ambiente pari a 40° (i cavi sono protetti dall'esposizione al sole) e che la massima caduta di tensione ammissibile deve essere del 3 %;
 - dopo il dimensionamento, calcolare la massima caduta di tensione percentuale;
 - calcolare le perdite elettriche Joule complessive e quelle dielettriche ($\tan \delta = 2 \cdot 10^{-3}$);
 - supponendo che le protezioni della conduttura in cavo intervengano in $t = 1 \text{ s}$ e che la corrente di corto circuito massima termicamente equivalente per tutto il tempo t sia 7,0 kA, verificare se la sezione scelta è adeguata ($\vartheta_{\text{esercizio}} = 90^\circ\text{C}$, $\vartheta_{\text{massima}} = 250^\circ\text{C}$);
- 3) Con riferimento alla rete trifase radiale (a neutro isolato) di figura, esercita a tensione nominale $U_n = 20 \text{ [kV]}$, e supponendo che la linea M1 sia aerea con parametri chilometrici longitudinali pari a $r_{20} = 0,118 \text{ Ohm /km}$ e $\ell = 1,048 \text{ mH/km}$:

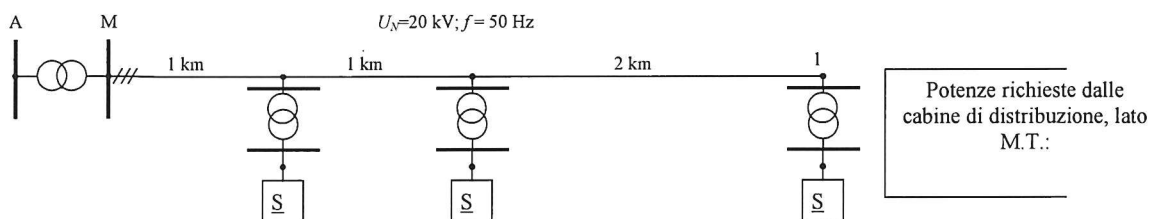
ef



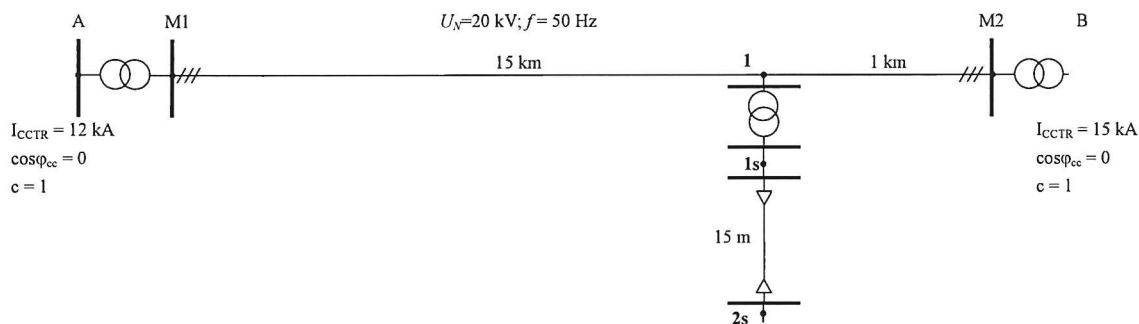
UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PADOVA

**ESAMI DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI
INGEGNERE INDUSTRIALE IUNIOR**

**Prima sessione 2025
Prova pratica dell'11 settembre 2025**



- a) Calcolare la massima caduta di tensione percentuale e le perdite elettriche;
- b) Calcolare la massima caduta di tensione percentuale **dopo** aver rifasato localmente i carichi $\underline{S}$ fino a $\cos\varphi=0,95$ e le perdite elettriche .
- 4) Si supponga che tutta la linea M1-M2 di figura sia costituita da conduttori in rame con induttanza chilometrica $\ell = 1,2$ [mH/km] e resistenza chilometrica $r = 0,1797$ [Ω /km] e che la linea in cavo 1s-2s abbia $r_d = 78$ [m Ω /km] e reattanza chilometrica $x_d = 78$ [m Ω /km] e che inoltre si abbia $\underline{z}_0=3,5 \underline{z}_d$:



Il trasformatore derivato nel punto 1 è di gruppo Dyn/11 e ha le seguenti caratteristiche:

Potenza	U_1	U_2	$u_{cc} \%$	$\cos\varphi_{cc}$
1000 [kVA]	20 [kV]	400 [V]	4,0	0,22

Si supponga inoltre che le sbarre MT $M1$ e $M2$ siano alimentate da trasformatori 132 kV/20 kV (gruppo $YNyn6$; $P = 40$ MVA; $u_{cc} = 15 \%$; $\cos\varphi_{cc} = 0,04$).

- a) Si calcolino la corrente di guasto nel caso di cortocircuito bifase in 2s.
- b) Si calcolino la corrente di guasto nel caso di cortocircuito monofase in 1s.

El



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PADOVA

**ESAMI DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI
INGEGNERE INDUSTRIALE IUNIOR**

**Prima sessione 2025
Prova pratica dell'11 settembre 2025**

Domanda n. 1

--	--	--

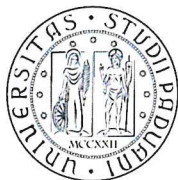
Domanda n. 2

a)	Sezione commerciale del cavo	[mm ²]	
	Grado di isolamento		
b)	Cdt percentuale	[%]	
c)	Perdite complessive Joule	kW	
	Perdite complessive dielettriche	W	
d)	La sezione scelta è/non è idonea perché il cavo (in condizioni adiabatiche di corto circuito) sopporta 7.6 kA.		

Domanda n. 3

a)	Max cdt	[%]	
	Perdite elettriche	[kW]	
b)	Max cdt con rif. distrib. a $\cos\varphi=0.99$	[%]	
	Perdite con rif. distrib. a $\cos\varphi=0.99$	[kW]	

ef



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PADOVA

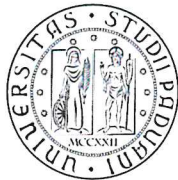
**ESAMI DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI
INGEGNERE INDUSTRIALE IUNIOR**

**Prima sessione 2025
Prova pratica dell'11 settembre 2025**

Domanda n 4

			$ \underline{I}_{g1} $	$ \underline{I}_{g2} $	$ \underline{I}_{g3} $
Domanda n. b CORTO IN 2S	Corrente di guasto	[kA]			
Domanda n. d CORTO MONOFASE IN 1s	Corrente di guasto	[A]			

N.B. Con $|\underline{I}_{gi}|$ si indica il modulo della corrente di guasto sulla fase i -esima ($i=1,2,3$)



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PADOVA

**ESAMI DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI
INGEGNERE INDUSTRIALE IUNIOR**

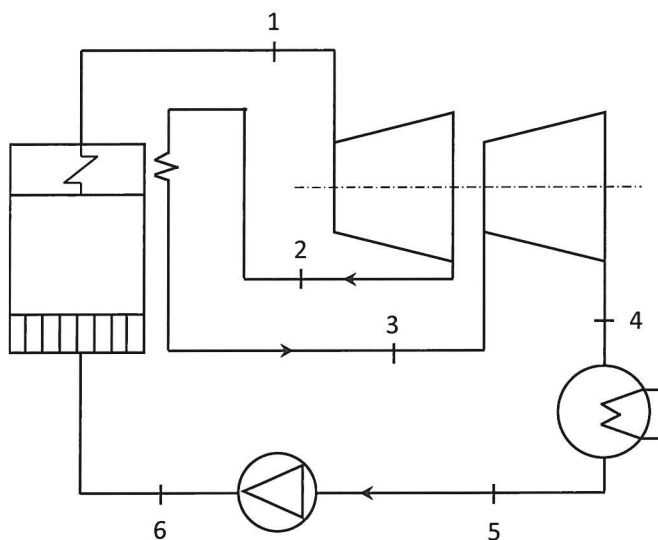
**Prima sessione 2025
Prova pratica dell'11 settembre 2025**

TEMA 5: Energetica

Prima parte

In un ciclo Rankine a risurriscaldamento, il vapor d'acqua entra in turbina alla pressione $p_1 = 160$ ata e alla temperatura $t_1 = 535$ °C espandendosi fino alla pressione intermedia $p_2 = 20$ ata. Successivamente, il vapore è risurriscaldato a pressione costante fino alla temperatura $t_3 = t_1$ e inviato alla turbina di bassa pressione dove si espande fino alla pressione di condensazione $p_4 = 0.04$ ata. Entrambe le turbine presentano un rendimento isoentropico di espansione $\eta_{ie} = 0.9$.

Nel condensatore a fascio tubiero (adiabatico verso l'esterno), il vapore condensa isobaricamente riscaldando una portata d'acqua pressurizzata $m_w = 50$ kg/s ($c_w = 4183$ J/(kg K)) dalla temperatura $t_i = 13$ °C alla temperatura $t_u = 25$ °C. All'uscita del condensatore si ha liquido saturo ($x_5=0$, $h_5=120$ kJ/kg). Sia inoltre noto il coefficiente di scambio termico globale riferito all'area esterna $K_e = 3600$ W/(m² K).





UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PADOVA

**ESAMI DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI
INGEGNERE INDUSTRIALE IUNIOR**

**Prima sessione 2025
Prova pratica dell'11 settembre 2025**

Note le proprietà dell'acqua ($\mu = 282 \cdot 10^{-6}$ Pa s, $\lambda = 0.679$ W/(m K), $\rho = 998$ kg/m³), valutare:

- 1) la potenza termica scambiata al condensatore q_{cond} [kW];
- 2) la portata di vapore circolante $\dot{m}_{\text{vap}}$ [kg/s];
- 3) la potenza meccanica prodotta P [kW];
- 4) l'area della superficie di scambio termico (riferita al diametro esterno) A_e [m²] del condensatore;
- 5) il rendimento termico del ciclo η_T [%] trascurando la potenza di pompaggio.
- 6) nell'ipotesi che la potenza di pompaggio P_p [kW] non sia trascurabile, calcolarla e utilizzarla per valutarne l'impatto sul rendimento termico del ciclo η_T [%].

Inoltre, tracciare le trasformazioni nel diagramma h-s allegato.

Conversioni: 1 ata = 98066.5 Pa; 1 kcal = 4.184 kJ

Seconda parte

Spiegare:

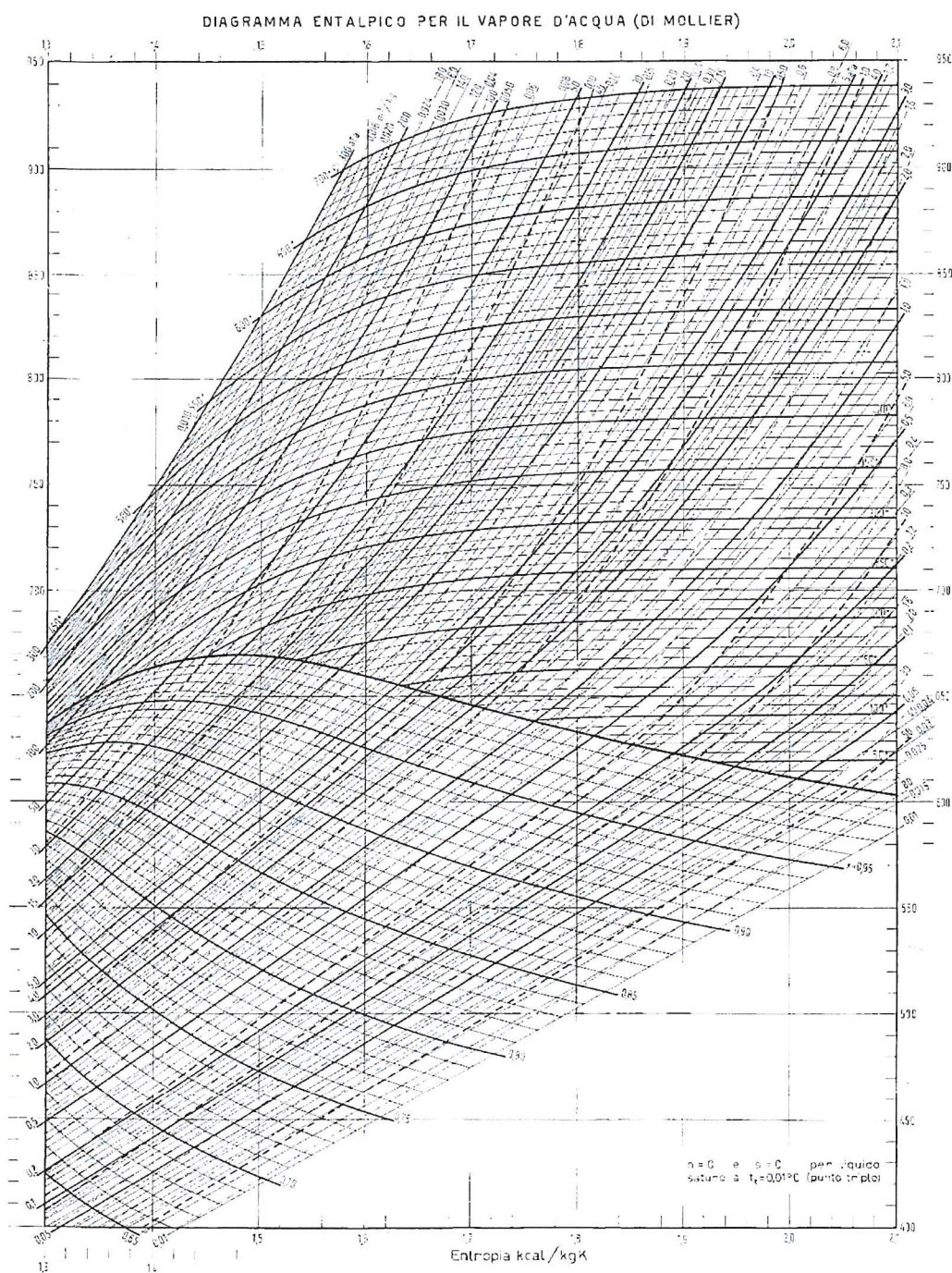
- 1) per quali applicazioni viene impiegato il ciclo Rankine, facendo riferimento anche ai combustibili utilizzati;
- 2) in che modo si può migliorare l'efficienza del ciclo Rankine con risurriscaldamento modificando la configurazione del ciclo: si disegni lo schema d'impianto proposto e si valuti il miglioramento atteso nel rendimento termico di ciclo prendendo come riferimento il rendimento calcolato al punto 5) dell'esercizio precedente.



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PADOVA

**ESAMI DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI
INGEGNERE INDUSTRIALE IUNIOR**

**Prima sessione 2025
Prova pratica dell'11 settembre 2025**



SL



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PADOVA

**ESAMI DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI
INGEGNERE INDUSTRIALE IUNIOR**

**Prima sessione 2025
Prova pratica dell'11 settembre 2025**

TEMA 6: Meccanica e Innovazione del Prodotto

Il semilavorato grezzo per l'ottenimento di una boccola corrisponde a un cilindro cavo di diametro 60 mm avente un foro centrale di diametro pari a 20 mm ed altezza pari a 40 mm. Il materiale del grezzo è una lega di rame, caratterizzata da una densità pari a 8960 kg/m^3 .

I) Per la sua realizzazione si considerino le due metodologie di fabbricazione seguenti: **A)** metallurgia delle polveri e **B)** stampaggio ad impronta.

CASO A

Si determini la forza necessaria di compattazione al fine di ottenere una densità finale pari al 85% della densità nominale della lega di rame. Si assuma che il ritiro dovuto alla sinterizzazione è pari a circa il 8% e si scelga la dimensione della polvere che permetta di ottenere le migliori prestazioni meccaniche.

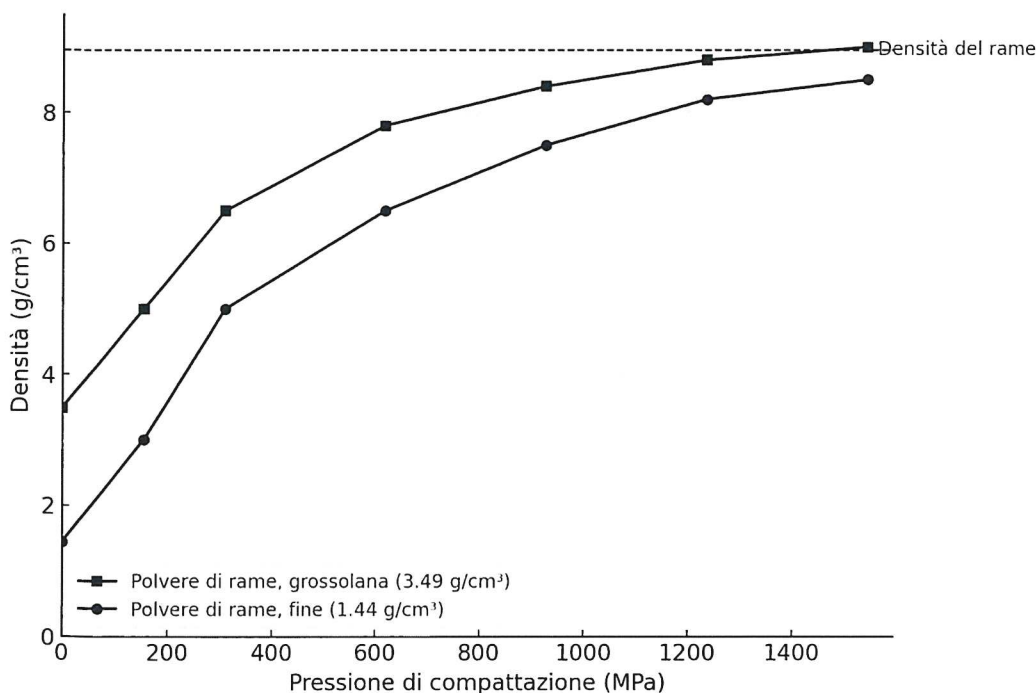


Figura 1. Densità al verde del rame in funzione della pressione di compattazione.

EF



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PADOVA

**ESAMI DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI
INGEGNERE INDUSTRIALE IUNIOR**

**Prima sessione 2025
Prova pratica dell'11 settembre 2025**

CASO B

Il processo viene condotto alla temperatura di 870°C adottando una velocità dello stampo pari a $V = 0.15$ m/s. Dopo aver disegnato lo stampo con le opportune quote, si determini la forza di forgiatura, calcolando le costanti reologiche del materiale a partire dalla figura sottostante per una deformazione pari a $\varepsilon = 0.1$.

Si spieghino opportunamente le scelte relative alla progettazione dello stampo.

Per il calcolo dell'altezza della bava (s) e della sua lunghezza (b) si utilizzino le seguenti formule, dove D rappresenta il diametro del componente in corrispondenza della linea di separazione degli stampi:

$$s = 0.017D + \frac{1}{\sqrt{D + 5}}$$
$$\frac{b}{s} = \frac{62.5}{\sqrt{D}}$$

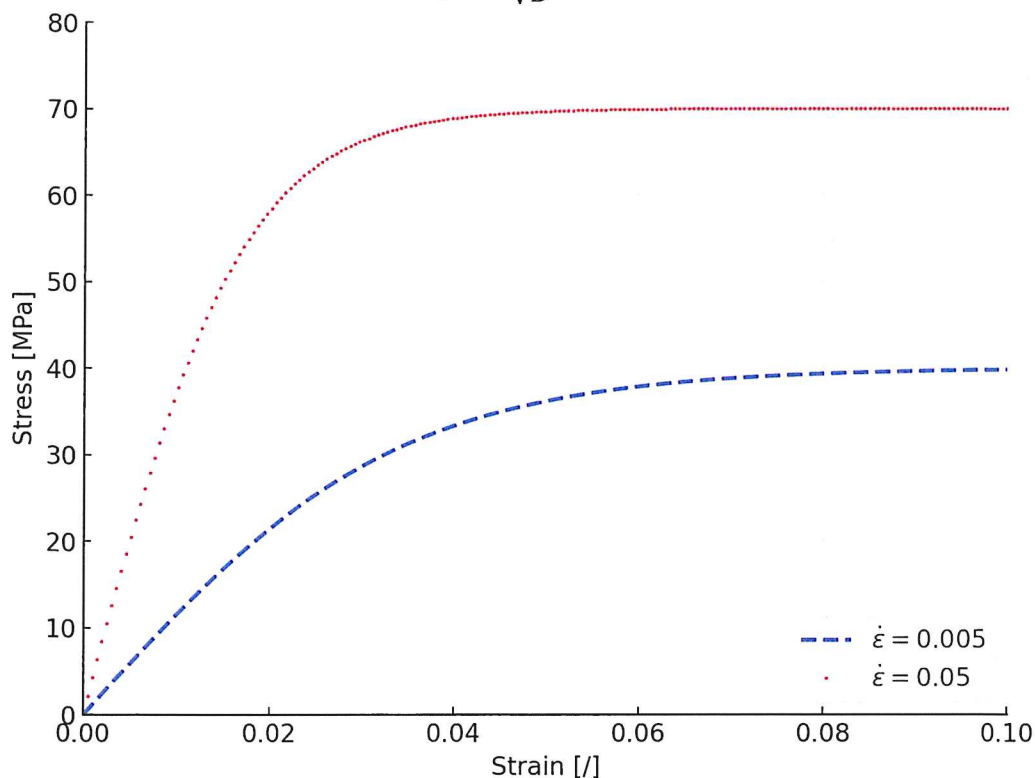
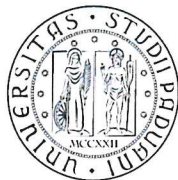


Figura 2. Curve di flusso della lega di rame a diverse velocità di deformazione alla temperatura del processo.

EF



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PADOVA

***ESAMI DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI
INGEGNERE INDUSTRIALE IUNIOR***

***Prima sessione 2025
Prova pratica dell'11 settembre 2025***

II) Si commenti, con riferimento alle caratteristiche meccaniche derivanti dalle due tecnologie di fabbricazione considerate anche aiutandosi con uno schema, la microstruttura indotta.

III) Si commenti, in linea generale, in merito agli aspetti economici delle due tecnologie di fabbricazione considerate.