

ESAME DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI:
INGEGNERE INDUSTRIALE JUNIOR
I SESSIONE 2017 - 22 GIUGNO 2017
SEDE SVOLGIMENTO: **POLITECNICO DI MILANO**

III COMMISSIONE - SETTORE INDUSTRIALE

SEZIONE B

PROVA SCRITTA
(PROVA DI SETTORE)

TEMA N. 1

SOSTENIBILITÀ AMBIENTALE È UN TERMINE CHE DA ALCUNI ANNI GODE DI UN'AMPIA DIFFUSIONE DA PARTE DELLA POLITICA, DEI MEDIA E DELL'INDUSTRIA E QUINDI È UN FATTORE SEMPRE PIÙ CONSIDERATO NELLO SVILUPPO DEI NUOVI PRODOTTI E NELLA EROGAZIONE DEI SERVIZI.

IL CANDIDATO ILLUSTRÌ QUALE PUÒ ESSERE IN QUESTO AMBITO IL CONTRIBUTO DELL'INGEGNERE INDUSTRIALE, FACENDO RIFERIMENTO AD ALMENO UN ESEMPIO CON ELEMENTI DI VALUTAZIONE ECONOMICA CHE EVIDENZINO I COSTI MA ANCHE I BENEFICI DI UN APPROCCIO RISPETTOSO DELL'AMBIENTE.

IL CANDIDATO RISPONDA AI QUESITI IN FORMA DI RELAZIONE TECNICA ARTICOLATA PER PUNTI, E FACENDO RIFERIMENTO, OVE POSSIBILE, AD ESEMPI CONCRETI E QUANTITATIVI.

ESAME DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI:
INGEGNERE INDUSTRIALE IUNIOR
I SESSIONE 2017 - 22 GIUGNO 2017
SEDE SVOLGIMENTO: **POLITECNICO DI MILANO**

III COMMISSIONE - SETTORE INDUSTRIALE

SEZIONE B

PROVA SCRITTA
(PROVA DI SETTORE)

TEMA N. 2

Il candidato illustri la propria visione ed aspettativa di un possibile percorso professionale nel settore industriale, ponendo particolare attenzione ai seguenti aspetti:

- Formazione continua
- Etica e deontologia professionale
- Innovazione dei prodotti / processi nel contesto industriale di riferimento

Il candidato risponda ai quesiti in forma di relazione tecnica articolata per punti, e facendo riferimento, ove possibile, ad esempi concreti e quantitativi.

ESAME DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI:
INGEGNERE INDUSTRIALE IUNIOR
I SESSIONE 2017 - 22 GIUGNO 2017
SEDE SVOLGIMENTO: **POLITECNICO DI MILANO**

III COMMISSIONE - SETTORE INDUSTRIALE

SEZIONE B

SECONDA PROVA SCRITTA
(PROVA DI CLASSE)

TEMA N. 1

Il candidato illustri la struttura dell'impianto carburante di bordo avendo cura di descriverne le peculiarità costruttive secondo il diverso tipo di aeromobile su cui vengono installati: dimensioni e campo di impiego.

Il candidato illustri inoltre, per ogni componente dell'impianto, lo stato dell'arte e le diverse soluzioni impiegabili sulla base della propria conoscenza ed esperienza.

Il candidato supporti ogni affermazione con esempi e valori progettuali caratteristici giustificandone le scelte.

ESAME DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI:
INGEGNERE INDUSTRIALE IUNIOR
I SESSIONE 2017 - 22 GIUGNO 2017
SEDE SVOLGIMENTO: **POLITECNICO DI MILANO**

III COMMISSIONE - SETTORE INDUSTRIALE

SEZIONE B

SECONDA PROVA SCRITTA
(PROVA DI CLASSE)

TEMA N. 2

Il candidato prenda in considerazione una specifica classe di biomateriali (metallici, ceramici, polimerici, compositi) e discuta:

- le relative proprietà strutturali;
- gli ambiti applicativi nel settore biomedicale;
- i meccanismi di interazione con i tessuti biologici.

ESAME DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI:
INGEGNERE INDUSTRIALE IUNIOR
I SESSIONE 2017 - 22 GIUGNO 2017
SEDE SVOLGIMENTO: **POLITECNICO DI MILANO**

III COMMISSIONE - SETTORE INDUSTRIALE

SEZIONE B

SECONDA PROVA SCRITTA
(PROVA DI CLASSE)

TEMA N. 3

Il candidato, facendo eventualmente riferimento ad un caso specifico, evidenzi le problematiche legate alla progettazione dei sistemi di controllo digitali e alla loro implementazione in sistemi a tempo discreto evidenziando i metodi e le scelte progettuali.

**ESAME DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI:
INGEGNERE INDUSTRIALE IUNIOR
I SESSIONE 2017 - 22 GIUGNO 2017
SEDE SVOLGIMENTO: POLITECNICO DI MILANO**

III COMMISSIONE - SETTORE INDUSTRIALE

SEZIONE B

**SECONDA PROVA SCRITTA
(PROVA DI CLASSE)**

TEMA N. 4

Il candidato illustri, anche attraverso l'uso di esempi specifici, i criteri di dimensionamento di una colonna di distillazione e rettifica.

ESAME DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI:
INGEGNERE INDUSTRIALE IUNIOR
I SESSIONE 2017 - 22 GIUGNO 2017
SEDE SVOLGIMENTO: POLITECNICO DI MILANO

III COMMISSIONE - SETTORE INDUSTRIALE

SEZIONE B

SECONDA PROVA SCRITTA
(PROVA DI CLASSE)

TEMA N. 5

Il candidato descriva una macchina elettrica rotante a sua scelta evidenziandone applicazioni, principi di funzionamento e caratteristiche principali.

ESAME DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI:
INGEGNERE INDUSTRIALE IUNIOR
I SESSIONE 2017 - 22 GIUGNO 2017
SEDE SVOLGIMENTO: **POLITECNICO DI MILANO**

III COMMISSIONE - SETTORE INDUSTRIALE

SEZIONE B

SECONDA PROVA SCRITTA
(PROVA DI CLASSE)

TEMA N. 6

NELL'AMBITO DELLA GESTIONE DEI SISTEMI LOGISTICI E PRODUTTIVI, SI
ILLUSTRINO, DISCUTANO E COMPARINO I PRINCIPALI MODELLI DI PREVISIONE
DELLA DOMANDA.

ESAME DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI:
INGEGNERE INDUSTRIALE IUNIOR
I SESSIONE 2017 - 22 GIUGNO 2017
SEDE SVOLGIMENTO: POLITECNICO DI MILANO

III COMMISSIONE - SETTORE INDUSTRIALE

SEZIONE B

SECONDA PROVA SCRITTA
(PROVA DI CLASSE)

TEMA N. 7

L'utenza di un piccolo distretto produttivo necessita di potenza termica ed elettrica. Il candidato illustri una soluzione di impianto alimentata con combustibile fossile o fonte rinnovabile, descrivendone il funzionamento, gli aspetti legati all'impatto ambientale ed alla sicurezza in base alle normative vigenti.

ESAME DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI:
INGEGNERE INDUSTRIALE IUNIOR
I SESSIONE 2017 - 22 GIUGNO 2017
SEDE SVOLGIMENTO: **POLITECNICO DI MILANO**

III COMMISSIONE - SETTORE INDUSTRIALE

SEZIONE B

SECONDA PROVA SCRITTA
(PROVA DI CLASSE)

TEMA N. 8

Il candidato illustri le principali tipologie di trasmissioni meccaniche impiegate in ambito industriale, facendo riferimento principalmente agli aspetti positivi e negativi di ciascuna soluzione.

ESAME DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI:
INGEGNERE INDUSTRIALE IUNIOR
I SESSIONE 2017 - 22 GIUGNO 2017
SEDE SVOLGIMENTO: POLITECNICO DI MILANO

III COMMISSIONE - SETTORE INDUSTRIALE

SEZIONE B

SECONDA PROVA SCRITTA
(PROVA DI CLASSE)

TEMA N. 9

I profilati sono prodotti industriali di largo impiego e possono essere realizzati con numerosi metodi.

Si illustrino le tecnologie di produzione che si ritengono più importanti per le diverse classi di materiali (ceramici, metallici, polimerici), spiegando gli effetti di tali lavorazioni sulle proprietà del manufatto.

ESAME DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI:
INGEGNERE INDUSTRIALE IUNIOR
I SESSIONE 2017 - 13 SETTEMBRE 2017
SEDE SVOLGIMENTO: POLITECNICO DI MILANO

III COMMISSIONE - SETTORE INDUSTRIALE

SEZIONE B

PROVA PRATICA

TEMA N. 1

Il Candidato:

1. Descriva il sistema di attuazione idraulica dell'equilibratore di un aeromobile;
2. Definisca i criteri progettuali del sistema stesso e gli elementi critici;
3. Effettui il dimensionamento preliminare del martinetto e dell'accumulatore del sistema partendo dai dati che più ritiene opportuni ($S_{\text{equilibratore}} = 1.5\text{m}^2$).

Nello svolgimento della prova, il Candidato utilizzi la forma della relazione tecnica avendo cura di motivare opportunamente:

- le scelte dimensionali effettuate;
- i componenti del sistema che ritiene più opportuni in base allo stato dell'arte.

ESAME DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI:
INGEGNERE INDUSTRIALE IUNIOR
I SESSIONE 2017 - 13 SETTEMBRE 2017
SEDE SVOLGIMENTO: POLITECNICO DI MILANO

III COMMISSIONE - SETTORE INDUSTRIALE

SEZIONE B

PROVA PRATICA

TEMA N. 2

Nella ricostruzione di un legamento crociato anteriore (LCA) attualmente, in ambito clinico, si utilizzano sostituti autologhi, mentre sono in fase di ricerca sostituti sintetici. I principali requisiti meccanici richiesti ad un sostituto per LCA sono riportati in Tabella 1.

Tabella 1: Caratteristiche meccaniche del LCA naturale di un individuo giovane (20-30 anni)

Carico a rottura	1965 ± 127 N
Allungamento a rottura	$10 \div 40\%$
Rigidezza ($l = 30$ mm)	242 ± 28 N/mm

Per quanto riguarda gli approcci chirurgici, si vuole studiare quello double-bond (Fig. 1). Tra i materiali utilizzabili per la ricostruzione del LCA, quelli più studiati sono riportati in Tabella 2, insieme alle proprietà meccaniche.

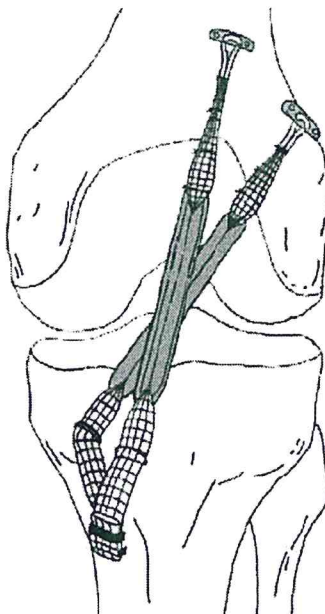


Figura 1: Possibile approccio chirurgico per la ricostruzione del LCA:

double-bond

Tabella 2: Caratteristiche meccaniche di un graft sintetico bioriassorbibile e di un graft sintetico non biodegradabile

	PET	PLLA	PLAGA	fibroina della seta
Carico di rottura	1080N	1730 N	907 N	1640 N
Allungamento a rottura	38 %	22%	25%	30%
Rigidezza ($l = 30$ mm)	205 N/mm	280 N/mm	150 N/mm	130 N/mm

PET: polietilen tereftalato

PLLA: poli-L-lattide

PLAGA: polilattide-co-glicolide

1. Il candidato:

- individui la distribuzione delle forze esistenti nella configurazione proposta in Figura 1 nel momento dell'impianto per tutti i materiali riportati in Tabella 2
- selezioni quello che garantisce le migliori caratteristiche meccaniche
- calcoli, utilizzando i dati riportati in Tabella 3, gli andamenti nel tempo della rigidezza per il sostituto in PET e la forza residua del dispositivo (percentuale rispetto alla forza totale), commentando i risultati ottenuti

Il candidato programmi una prova a fatica da eseguire per verificare in vitro il comportamento di un graft tra quelli precedentemente analizzato, indicando i valori dei parametri meccanici in input necessari per lo svolgimento di tale caratterizzazione e i parametri di output ottenibili.

Indicare eventuali ulteriori caratterizzazioni meccaniche necessarie, motivando le scelte.

Tabella 3: Valori di carico e deformazione a rottura a differenti tempi di espianto per un sostituto sintetico in PET di lunghezza iniziale pari a 17 mm.

<i>campione</i>	<i>load @ break (N)</i>	<i>strain @ break (%)</i>
tal quale	1080 ± 110	22 ± 4
dopo 9 mesi	1050 ± 115	35 ± 5
dopo 12 mesi	750 ± 50	28 ± 3
dopo 14 mesi	650 ± 48	44 ± 5

ESAME DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI:
INGEGNERE INDUSTRIALE JUNIOR
I SESSIONE 2017 -13 SETTEMBRE 2017
SEDE SVOLGIMENTO: **POLITECNICO DI MILANO**

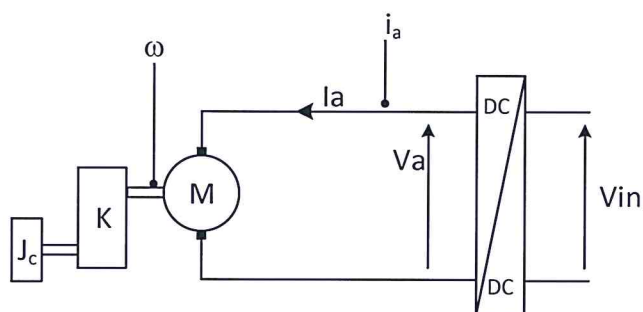
III COMMISSIONE - SETTORE INDUSTRIALE

SEZIONE B

PROVA PRATICA

TEMA N. 3

Un sistema automatico di movimentazione industriale può essere modellato come lo schema di figura. Il sistema è composto da un motore in CC magneti permanenti che muove attraverso un opportuno riduttore un carico che può essere modellato con un'inerzia equivalente J_c . L'avvolgimento di armatura del motore in corrente continua è alimentato da un convertitore DC/DC a quattro quadranti che consente di variare la tensione in ingresso e sono disponibili le misure (attraverso opportuni sensori) di corrente di armatura e di velocità del motore



I dati del sistema in esame sono i seguenti

Convertitore in ingresso

$V_{in} = 300 \text{ V}$ Tensione di alimentazione del convertitore DC/DC
 $f_{sw} = 10 \text{ kHz}$ Frequenza di commutazione del convertitore

Motore in Corrente Continua/Carico

$V_n = 180 \text{ V}$ Tensione nominale di armatura
 $T_n = 2.6 \text{ Nm}$ Coppia nominale del motore
 $R_a = 2 \text{ } \Omega$ Resistenza di armatura (a $25 \text{ }^\circ\text{C}$)
 $L_a = 6.8 \text{ mH}$ Induttanza di armatura
 $\Omega_n = 4000 \text{ giri/min}$ Velocità nominale
 $k_e = 0.4$ Costante di coppia/velocità
 $p = 2$ Numero di poli
 $J_m = 2 \cdot 10^{-4} \text{ kg m}^2$ Momento di inerzia del motore
 $J_c = 0.45 \text{ kg m}^2$ Momento di inerzia del carico

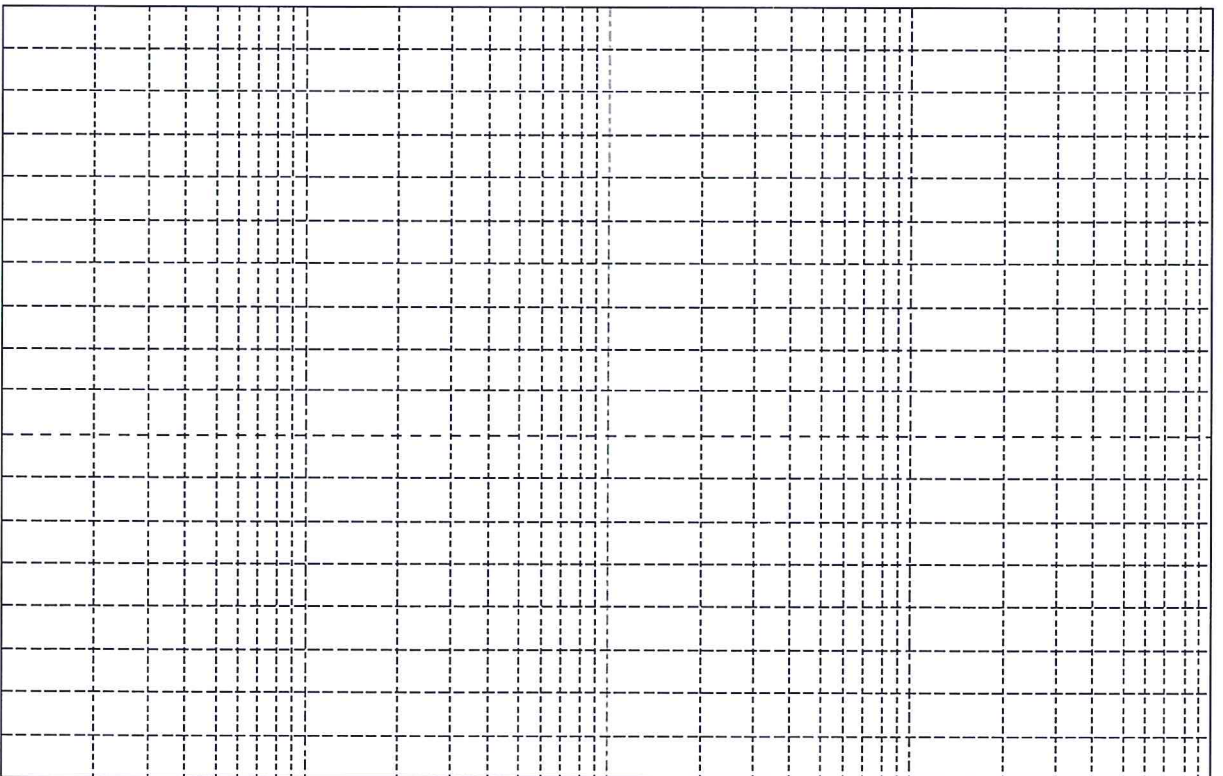
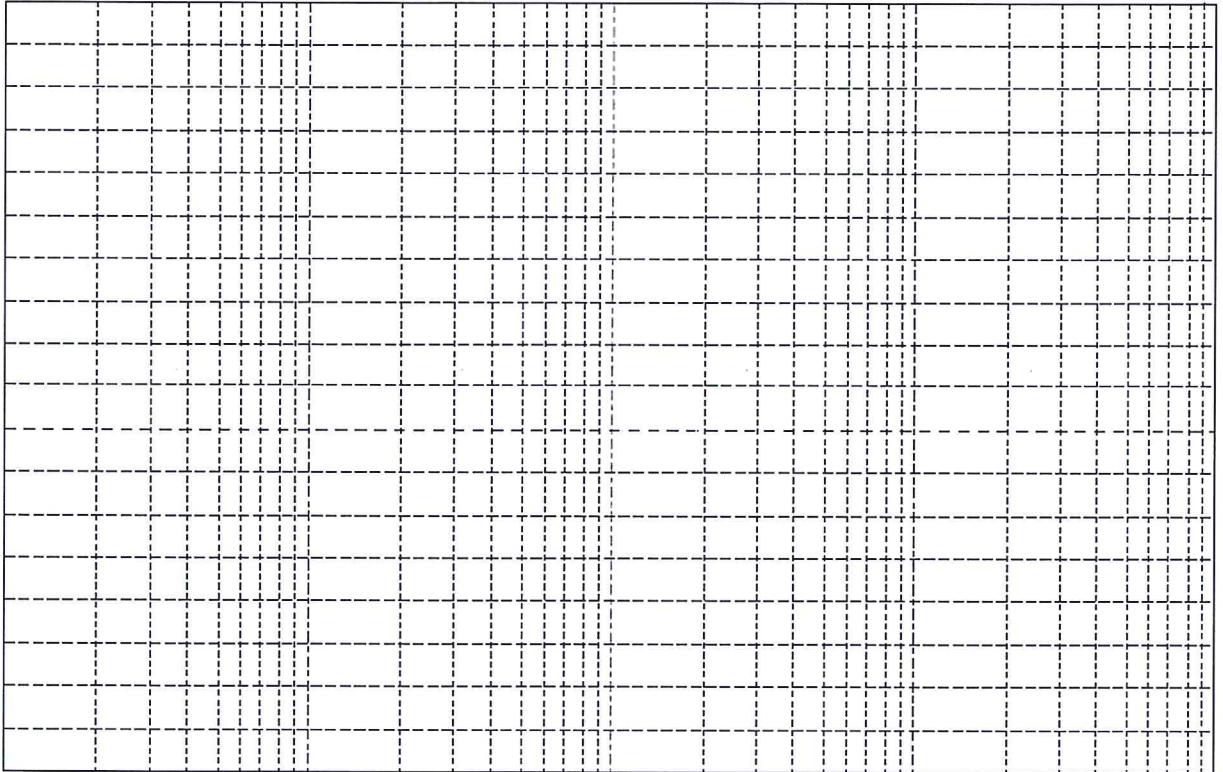
$\tau = 1/3$

Rapporto di riduzione (velocità carico/velocità motore)

Il candidato risponda alle seguenti domande:

1. Si determini il modello dinamico dell'azionamento completo, considerando come ingresso la tensione ai morsetti della macchina in corrente continua (tensione di armatura) e come uscita la velocità. Si consideri la forza elettromotrice E un disturbo non misurabile.
2. A partire dal modello ottenuto nel punto 1 si progetti eseguendo opportuni calcoli, un controllore di coppia ad anello chiuso tale che:
 - Il sistema retroazionato sia asintoticamente stabile
 - Il sistema retroazionato abbia una banda passante opportuna
 - Il sistema di controllo sia in grado di annullare asintoticamente l'effetto di una variazione a gradino del disturboSi consideri come punto di lavoro e di progetto il punto di funzionamento nominale della macchina. Si raccomanda di identificare una soluzione numerica opportuna per il regolatore richiesto
3. Si linearizzi il sistema completo attorno al punto di regime corrispondente alla velocità nominale e si progetti un controllore di velocità tale per cui:
 - Il sistema retroazionato sia asintoticamente stabile
 - Il sistema retroazionato abbia una banda passante opportuna
 - Il sistema di controllo sia in grado di annullare asintoticamente l'effetto di una variazione a gradino del disturboSi raccomanda di identificare una opportuna soluzione numerica per il regolatore richiesto
4. Per i regolatori progettati nei punti precedenti solitamente in una prima fase non si tiene conto dei limiti del sistema (es. saturazioni) che possono portare a funzionamenti anomali del sistema di controllo. Il candidato facendo riferimento all'anello di regolazione della corrente /coppia discuta di queste problematiche, individui i limiti specifici e proponga una possibile soluzione.

Per eventuali dati mancanti si faccia riferimento alle regole di buona progettazione.



ESAME DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI:

INGEGNERE INDUSTRIALE IUNIOR

I SESSIONE 2017 - 13 SETTEMBRE 2017

SEDE SVOLGIMENTO: POLITECNICO DI MILANO

III COMMISSIONE - SETTORE INDUSTRIALE

SEZIONE B

PROVA PRATICA

TEMA N. 4

Una mole di azoto, tre moli di idrogeno e 3 moli d'acqua sono introdotte in un contenitore mantenuto alla temperatura di 25°C e alla pressione di 100 torr. In queste condizioni i composti si ripartiscono tra una fase gassosa e una liquida.

Nella fase gassosa avviene la reazione di sintesi dell'ammoniaca dagli elementi (da scrivere e bilanciare). Tale reazione raggiunge le condizioni di equilibrio termodinamico.

Assumendo che le miscele liquida e gassosa siano ideali e che i composti gassosi si comportino come gas ideali, si chiede di calcolare la composizione di ciascuna fase e il numero di moli di ciascun composto in ciascuna fase.

Si ritenga valida la legge di Henry per tutti i composti presenti ad eccezione dell'acqua e si trascuri la correzione di Poynting.

DATI CHIMICO-FISICI

Tensione di vapore acqua a 25°C: 0.03126 atm

Energie libere di formazione dei composti puri, gassosi, ideali a 25°C e 1 atm (kcal/mol):

acqua: -54.6351

ammoniaca: -3.903

Costanti di Henry in acqua a 25°C e 100 torr:

idrogeno: $6.92 \cdot 10^7$ torr

azoto: $5.37 \cdot 10^7$ torr

ammoniaca: $7.32 \cdot 10^2$ torr

ESAME DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI:
INGEGNERE INDUSTRIALE IUNIOR
I SESSIONE 2017 - 13 SETTEMBRE 2017
SEDE SVOLGIMENTO: POLITECNICO DI MILANO

III COMMISSIONE - SETTORE INDUSTRIALE

SEZIONE B

PROVA PRATICA

TEMA N. 5

Una rete elettrica industriale è alimentata in MT a 15 kV, 50 Hz.

Lo schema unifilare è riportato in figura. Le utenze collegate sono le seguenti:

- Carico A: carico a potenza costante a tensione nominale $V_{nA} = 400$ V, potenza nominale installata $P_{nA} = 400$ kW, fattore di potenza medio $\cos\phi_{nA} = 0.8$.
- Carico B: insieme di motori asincroni di tensione nominale pari a $V_{nB} = 400$ V, potenza meccanica nominale installata $P_{nB} = 280$ kW, rendimento medio $\eta_{nB} = 0.9$, fattore di potenza medio $\cos\phi_{nB} = 0.8$.
- Carico C: carico trifase con potenza nominale installata $P_{nC} = 100$ kW, rendimento medio $\eta_{nB} = 0.9$, fattore di potenza medio $\cos\phi_{nB} = 0.7$.

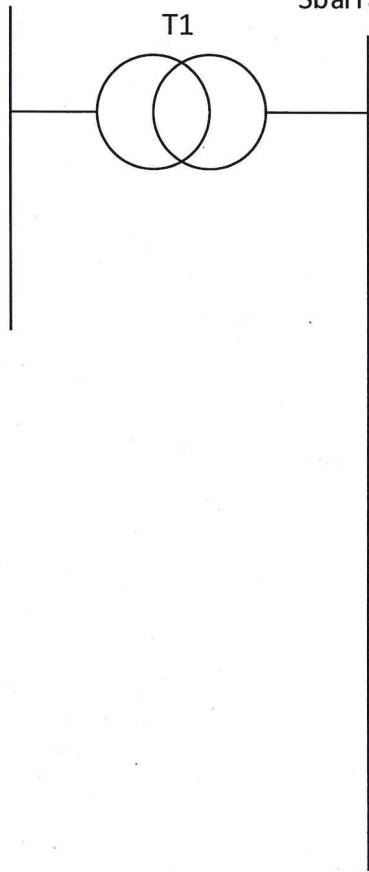
Il candidato dovrà:

- 1) Scegliere i trasformatori T2 e T3 da installare definendone i principali parametri, considerando solo ai fini della scelta del trasformatore una tensione di sbarra 2 pari alla nominale. Si considerino i carichi A, B e C funzionanti nelle condizioni nominali.
- 2) Scegliere e determinare i dati tecnici del trasformatore T1.
- 5) Determinare la potenza di rifasamento da installare sulle sbarre MT a 15 kV per garantire un fattore di potenza pari a 0.9.

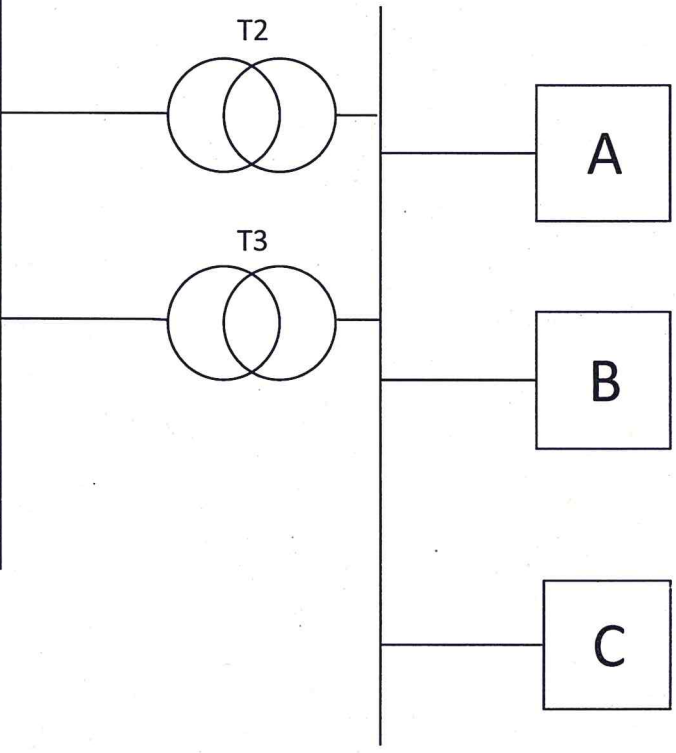
Per lo svolgimento del tema, il candidato potrà aggiungere ai dati disponibili tutte le ipotesi ragionevoli che riterrà opportune, purché siano debitamente giustificate. Anche eventuali approssimazioni effettuate nei calcoli sono lecite, purché siano debitamente giustificate

MT 15 kV

Sbarra2 1500 V



Sbarra1 400 V



ESAME DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI:
INGEGNERE INDUSTRIALE IUNIOR
I SESSIONE 2017 - 13 SETTEMBRE 2017
SEDE SVOLGIMENTO: POLITECNICO DI MILANO

III COMMISSIONE - SETTORE INDUSTRIALE

SEZIONE B

PROVA PRATICA

TEMA N. 6

LA PMI S.R.L. È UN'AZIENDA FAMILIARE CON SEDE IN BRIANZA CHE COMMERCIALIZZA DUE TIPOLOGIE DI CODICE: X, Y. L'AZIENDA ADOTTA UNA LOGICA JUST IN TIME E PRODUCE CON UN LIVELLO DI SCORTE DI MATERIE PRIME E PRODOTTI FINITI TRASCURABILE.

PER VINCOLI SINDACALI, LA PMI S.R.L. PUÒ USARE SOLTANTO LAVORATORI ASSUNTI CON CONTRATTO A TEMPO INDETERMINATO E L'ALTA SPECIALIZZAZIONE DELLE MANSIONI NON CONSENTE TRASFERIMENTI DA UN REPARTO ALL'ALTRO. LE INFORMAZIONI DISPONIBILI SULLA DOMANDA DEI DUE PRODOTTI SONO SINTETIZZATE IN TABELLA 1:

TABELLA 1

	X	Y
DIMENSIONE DEL MERCATO (PEZZI/ANNO)	75.400	64.200
QUOTA DI MERCATO	12%	43%
PREZZO (€/UNITÀ)	21,50	25,00

IL PROCESSO PRODUTTIVO SI COMPONE DI DUE FASI SEQUENZIALI: STAMPAGGIO E RETTIFICA.

LA FASE DI STAMPAGGIO È ALTAMENTE AUTOMATIZZATA ED È REALIZZATA ATTRAVERSO UN IMPIANTO ACQUISTATO IN MARZO 2015 PER 130.000 € (VITA UTILE FISCALE COMPLESSIVA 7 ANNI, AMMORTAMENTO A QUOTE LINEARI COSTANTI A PARTIRE DAL 2015 STESSO). LA CAPACITÀ PRODUTTIVA ANNUA DELL'IMPIANTO È PARI A 6.400 ORE. LA PRODUZIONE È SUPERVISIONATA DA DUE OPERAI IL CUI STIPENDIO ANNUO È PARI A 33.000 €/OPERAIO. IL PRIMO DI ESSI SI OCCUPA PER IL 45% DEL SUO TEMPO DELLA VERIFICA DELLA PRODUTTIVITÀ, E PER IL RESTANTE 55% DEL SUO TEMPO DI MANUTENZIONE ORDINARIA. L'ALTRO OPERAIO SI OCCUPA PER IL 65% DEL SUO TEMPO DEI SET-UP E PER IL RESTANTE 35% DI GESTIONE DEL SISTEMA INFORMATIVO DI PRODUZIONE.

LA PMI S.R.L. ORGANIZZA LA FASE DI STAMPAGGIO SU BASE QUADRIMESTRALE E STAMPA L'INTERO VOLUME PRODUTTIVO QUADRIMESTRALE IN 2 LOTTI ADOTTANDO LA SEQUENZA X-Y. OGNI SET-UP HA UN COSTO VIVO DI 310 € PER MATERIALI (INDIRETTI) DI CONSUMO VARI E DURA 4,5 ORE, INDIPENDENTEMENTE DAL CODICE REALIZZATO E DALLA SEQUENZA PRODUTTIVA ADOTTATA. PER QUANTO CONCERNE IL CONSUMO DI MATERIALI DIRETTI (MD) E DI RISORSE INDIRETTE VARIABILI (OH_v) PER LE ATTIVITÀ DI STAMPAGGIO, LE INFORMAZIONI SONO SINTETIZZATE IN TABELLA 2:

TABELLA 2

	X	Y
MD (€/UNITÀ)	3,00	2,50
OH _v (€/UNITÀ)	1,50	3,00

LA FASE DI RETTIFICA SFRUTTA SOLO PARZIALMENTE L'AUTOMAZIONE E IMPIEGA 27 OPERAI SPECIALIZZATI. OGNI OPERAIO HA UNA CAPACITÀ PRODUTTIVA DI 200 ORE/MESE ED UN COSTO ANNUO DI 16.000 €. LE ATTREZZATURE UTILIZZATE SONO STATE ACQUISTATE IN GIUGNO 2016 PER 58.000 € (VITA UTILE FISCALE RESIDUA 6 ANNI, AMMORTAMENTO A QUOTE LINEARI COSTANTI). LA FASE DI RETTIFICA NON PREVEDE SUPERVISORI. LA PMI S.R.L. ORGANIZZA LA FASE DI RETTIFICA SU BASE QUADRIMESTRALE E RETTIFICA L'INTERO VOLUME PRODUTTIVO QUADRIMESTRALE IN 4 LOTTI ADOTTANDO LA SEQUENZA X-Y-X-Y. OGNI SET-UP HA UN COSTO VIVO DI 200 € PER MATERIALI (INDIRETTI) DI CONSUMO VARI E DURA 5 ORE INDIPENDENTEMENTE DAL CODICE REALIZZATO E DALLA SEQUENZA PRODUTTIVA ADOTTATA. I SET-UP SONO REALIZZATI DURANTE L'ORARIO DI LAVORO, E POICHÉ GLI OPERAI NON POSSONO LAVORARE DURANTE I SET-UP ESSI SI RIUNISCONO IN CIRCOLI DELLA QUALITÀ. PER QUANTO CONCERNE IL CONSUMO DI MATERIALI DIRETTI (MD) E DI RISORSE INDIRETTE VARIABILI (OH_v) NELLA FASE DI RETTIFICA, LE INFORMAZIONI SONO SINTETIZZATE IN TABELLA 3:

TABELLA 3

	X	Y
MD (€/UNITÀ)	0,1	
OH _v (€/UNITÀ)	3,50	2,50

IL TEMPO MACCHINA UNITARIO PER LA FASE DI STAMPAGGIO E L'IMPIEGO UNITARIO DI ORE UOMO PER LA FASE DI RETTIFICA SONO ELENCATI IN TABELLA 4:

TABELLA 4

	X	Y
TEMPO MACCHINA PER LO STAMPAGGIO (MINUTI/UNITÀ)	10	15
TEMPO UOMO PER LA RETTIFICA (MINUTI/UNITÀ)	90	120

LA PMI S.R.L. HA ATTIVATO DA ANNI UN ACCORDO DI SUB-FORNITURA CON LA OUTSOURCING S.R.L. LIMITATAMENTE ALL'OPERAZIONE DI STAMPAGGIO DEL CODICE X (IL PRODOTTO DEVE COMUNQUE EFFETTUARE LE OPERAZIONI DI RETTIFICA PRESSO LA PMI S.R.L.). IL COSTO DELLA SUB-FORNITURA, COMPRESIVO DEI MATERIALI DIRETTI, È PARI A 5 €/UNITÀ. LA OUTSOURCING S.R.L. HA VINCOLI DI CAPACITÀ PRODUTTIVA ED È IN GRADO DI ASSORBIRE UNA DOMANDA MASSIMA RICHIESTA DALLA PMI S.R.L. PARI A 11.000 UNITA'/ANNO DEL CODICE X. NON SONO IN ESSERE ACCORDI DI SUB-FORNITURA PER IL CODICE Y.

LA PMI S.R.L. HA INOLTRE SPESE AMMINISTRATIVE PARI A 42.200 €/ANNO E SPESE DI MARKETING PARI A DI 45.000 €/ANNO.

A FINE AGOSTO 2017, IL RESPONSABILE DELLA PRODUZIONE, ING. ORDINE, È INCARICATO DAL DIRETTORE FINANZIARIO DI:

DOMANDA 1

- 1. DEFINIRE IL PIANO DI PRODUZIONE CHE MASSIMIZZA I RISULTATI DELL'IMPRESA NEL QUADRIMESTRE SETTEMBRE-DICEMBRE, SAPENDO CHE PER IL QUADRIMESTRE OGGETTO D'ANALISI ALCUNI VINCOLI CONTRATTUALI IMPONGONO CHE UNA PRODUZIONE DEL CODICE Y**

INFERIORE A 9.000 UNITÀ COMPORTI IL PAGAMENTO DI UNA PENALE DI 4.000 €.

DOMANDA 2

2. DETERMINARE IL PUNTO DI PAREGGIO (BREAK-EVEN ZERO) PER IL QUADRIMESTRE SETTEMBRE-DICEMBRE E DISCUTERNE LA FATTIBILITÀ, ASSUMENDO LE IPOTESI:

- a. DI AVERE UNA QUANTITÀ PRODOTTA DI Y PARI A 1,7 VOLTE LA QUOTA PRODOTTA DI X;**
- b. DI NON ESTERNALIZZARE PRODUZIONE ALLA OUTSOURCING S.R.L.;**
- c. DI ADOTTARE LE SEQUENZE PRODUTTIVE CONSUETE.**

DOMANDA 3

3. IPOTIZZARE DI REDIGERE IL PIANO DI PRODUZIONE PER LO STESSO QUADRIMESTRE SETTEMBRE-DICEMBRE CON LE SEGUENTI IPOTESI DI MODIFICA DEI DATI SOPRA CITATI:

- a. DIMENSIONE DEL MERCATO X A 68.000 UNITA'/ANNO;**
- b. DIMENSIONE DEL MERCATO Y A 69.000 UNITA'/ANNO;**
- c. QUOTA DI MERCATO CODICE X AL 15%;**
- d. QUOTA DI MERCATO CODICE Y AL 39%;**
- e. RIDUZIONE DEL 10% DEGLI MD PER LE ATTIVITA' DI STAMPAGGIO (TABELLA 2) PER ENTRAMBI I CODICI X E Y;**
- f. INCREMENTO DEL 5% DEGLI OH_v PER LE ATTIVITA' DI STAMPAGGIO (TABELLA 2) PER ENTRAMBI I CODICI X E Y;**

- g. RIDUZIONE DEL 5% DELLA CAPACITA' PRODUTTIVA (H/MESE) DEGLI OPERAI IMPEGNATI NELLA FASE DI RETTIFICA;
- h. INCREMENTO DEL 7% DEL COSTO VIVO DI SET-UP PER LA FASE DI RETTIFICA.

DOMANDA 4

IN FUNZIONE DELLE IPOTESI DI MODIFICA DEI DATI RIPORTATE IN DOMANDA 3, DETERMINARE IL PUNTO DI PAREGGIO (BREAK-EVEN ZERO) PER IL QUADRIMESTRE SETTEMBRE-DICEMBRE E DISCUTERNE LA FATTIBILITÀ, ASSUMENDO LE ULTERIORI IPOTESI:

- a. DI AVERE UNA QUANTITÀ PRODOTTA DI Y PARI A 1,5 VOLTE LA QUOTA PRODOTTA DI X;
- b. DI POTER ESTERNALIZZARE PRODUZIONE ALLA OUTSOURCING S.R.L.;
- c. DI INVERTIRE LE SEQUENZE PRODUTTIVE CONSUETE.

NEI PANNI DELL'ING. ORDINE, SODDISFARE TUTTE LE RICHIESTE DEL DIRETTORE FINANZIARIO.

NOTA BENE: IL/LA CANDIDATO/A E' CHIAMATO/A A FORMULARE (E GIUSTIFICARE) OPPORTUNE IPOTESI QUALORA ALCUNI DATI O INFORMAZIONI POTENZIALMENTE UTILI RISULTASSERO MANCANTI E/O APPARENTEMENTE INCOERENTI NEL TESTO DI CUI SOPRA. LA CAPACITA' DEL/LA CANDIDATO/A DI RISOLVERE PROBLEMI COMPLESSI IN PRESENZA DI DATI E INFORMAZIONI MANCANTI E/O INCOERENTI ATTRAVERSO LA FORMULAZIONE E L'UTILIZZO DI OPPORTUNE IPOTESI E' ESSA STESSA OGGETTO DI VALUTAZIONE.

ESAME DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI:
INGEGNERE INDUSTRIALE IUNIOR
I SESSIONE 2017 - 15 SETTEMBRE 2017
SEDE SVOLGIMENTO: POLITECNICO DI MILANO

III COMMISSIONE - SETTORE INDUSTRIALE

SEZIONE B

PROVA PRATICA

TEMA N. 7

Si consideri una turbina a vapore a salti di pressione, caratterizzata dai seguenti dati di progetto:

- potenza erogata $P = 10$ MW;
- pressione e temperatura in ammissione: $p_{in} = 80$ bar; $T_{in} = 500$ °C;
- pressione allo scarico $p_{out} = 3$ bar;
- velocità di rotazione pari a $n = 4500$ rpm;
- rendimento isoentropico $\eta_{is} = 82\%$;
- altezza della palettatura del primo stadio $l_1 = 15$ mm;
- angolo di uscita dallo statore (distributore) $\alpha_1 = 15^\circ$.

Nell'ipotesi che la velocità periferica massima per questa applicazione sia $u_{max} = 250$ m/s e che la componente assiale della velocità sia costante lungo lo stadio e uguale per tutti gli stadi, si chiede di calcolare:

- 1) il numero di stadi N ;
- 2) la velocità del vapore all'uscita dello statore del primo stadio (c_1);
- 3) la portata di vapore \dot{m} necessaria per la potenza di progetto;
- 4) il grado di parzializzazione ϵ ;
- 5) l'altezza della palettatura rotorica dell'ultimo stadio nell'ipotesi che il flusso si mantenga parzializzato su tutti gli stadi.

tabelle termodinamiche: acqua in condizioni di saturazione

T [°C]	P [MPa]	L		V		L		V		L		V	
		ρ [kg/m ³]	ρ [kg/m ³]	v [m ³ /kg]	v [m ³ /kg]	h [kJ/kg]	h [kJ/kg]	s [kJ/kg-K]	s [kJ/kg-K]				
5	0.0009	1000	0.007	1.000E-03	1.470E+02	21	2510	0.076	9.025				
15	0.0017	999	0.013	1.001E-03	7.788E+01	63	2528	0.224	8.780				
25	0.0032	997	0.023	1.003E-03	4.334E+01	105	2547	0.367	8.557				
35	0.0056	994	0.040	1.006E-03	2.521E+01	147	2565	0.505	8.352				
45	0.0096	990	0.066	1.010E-03	1.525E+01	188	2582	0.639	8.163				
55	0.0158	986	0.105	1.015E-03	9.564E+00	230	2600	0.768	7.990				
65	0.0250	981	0.161	1.020E-03	6.194E+00	272	2618	0.894	7.830				
75	0.0386	975	0.242	1.026E-03	4.129E+00	314	2635	1.016	7.681				
85	0.0579	969	0.354	1.032E-03	2.826E+00	356	2651	1.135	7.543				
95	0.0846	962	0.505	1.040E-03	1.981E+00	398	2668	1.250	7.415				
105	0.1209	955	0.705	1.047E-03	1.418E+00	440	2683	1.363	7.295				
115	0.1692	947	0.965	1.056E-03	1.036E+00	483	2699	1.474	7.183				
125	0.2322	939	1.299	1.065E-03	7.700E-01	525	2713	1.582	7.077				
135	0.3132	931	1.719	1.075E-03	5.817E-01	568	2727	1.687	6.977				
145	0.4157	922	2.242	1.085E-03	4.460E-01	611	2740	1.791	6.883				
155	0.5435	912	2.886	1.096E-03	3.465E-01	654	2752	1.892	6.793				
165	0.7009	903	3.671	1.108E-03	2.724E-01	697	2763	1.992	6.707				
175	0.8926	892	4.617	1.121E-03	2.166E-01	741	2773	2.091	6.624				
185	1.1235	882	5.750	1.134E-03	1.739E-01	785	2781	2.188	6.545				
195	1.3988	870	7.098	1.149E-03	1.409E-01	830	2789	2.283	6.468				
205	1.7243	859	8.690	1.165E-03	1.151E-01	875	2795	2.378	6.393				
215	2.1058	847	10.562	1.181E-03	9.468E-02	921	2799	2.471	6.320				
225	2.5497	834	12.755	1.199E-03	7.840E-02	967	2802	2.564	6.248				
235	3.0625	820	15.314	1.219E-03	6.530E-02	1014	2803	2.656	6.178				
245	3.6512	806	18.297	1.240E-03	5.465E-02	1062	2802	2.748	6.107				
255	4.3229	791	21.768	1.264E-03	4.594E-02	1110	2799	2.839	6.037				
265	5.0853	776	25.809	1.289E-03	3.875E-02	1160	2794	2.931	5.966				
275	5.9464	759	30.520	1.318E-03	3.277E-02	1211	2785	3.022	5.894				
285	6.9147	741	36.028	1.349E-03	2.776E-02	1263	2774	3.115	5.821				
295	7.9991	722	42.501	1.385E-03	2.353E-02	1317	2759	3.208	5.745				
305	9.2094	702	50.167	1.425E-03	1.993E-02	1373	2739	3.303	5.666				
315	10.5560	679	59.344	1.472E-03	1.685E-02	1432	2715	3.400	5.582				
325	12.0510	654	70.506	1.528E-03	1.418E-02	1494	2684	3.500	5.491				
335	13.7070	626	84.407	1.597E-03	1.185E-02	1560	2645	3.605	5.391				
345	15.5410	594	102.360	1.685E-03	9.769E-03	1632	2595	3.718	5.276				
355	17.5700	553	127.090	1.808E-03	7.868E-03	1714	2527	3.844	5.138				
365	19.8210	496	166.350	2.017E-03	6.012E-03	1818	2423	4.001	4.950				
373.5	21.9460	381	263.600	2.627E-03	3.794E-03	1996	2195	4.270	4.579				

- T temperatura
- p pressione
- ρ massa volumica
- v volume specifico alla massa
- h entalpia specifica alla massa
- s entropia specifica alla massa
- L liquido
- V vapore

tabelle termodinamiche: acqua in condizioni di saturazione

T [°C]	P [MPa]	L	V	L	V	L	V	L	V
		ρ [kg/m ³]	ρ [kg/m ³]	v [m ³ /kg]	v [m ³ /kg]	h [kJ/kg]	h [kJ/kg]	s [kJ/kg-K]	s [kJ/kg-K]
7.0	0.0010	1000	0.008	1.000E-03	1.292E+02	29	2514	0.106	8.975
24.1	0.0030	997	0.022	1.003E-03	4.565E+01	101	2545	0.354	8.576
32.9	0.0050	995	0.035	1.005E-03	2.819E+01	138	2561	0.476	8.394
39.0	0.0070	993	0.049	1.008E-03	2.052E+01	163	2572	0.559	8.275
43.8	0.0090	991	0.062	1.009E-03	1.620E+01	183	2580	0.622	8.186
45.8	0.0100	990	0.068	1.010E-03	1.467E+01	192	2584	0.649	8.149
69.1	0.0300	978	0.191	1.022E-03	5.228E+00	289	2625	0.944	7.768
81.3	0.0500	971	0.309	1.030E-03	3.240E+00	341	2645	1.091	7.593
89.9	0.0700	965	0.423	1.036E-03	2.365E+00	377	2659	1.192	7.479
96.7	0.0900	961	0.535	1.041E-03	1.869E+00	405	2670	1.270	7.394
99.6	0.1000	959	0.590	1.043E-03	1.694E+00	418	2675	1.303	7.359
133.5	0.3000	932	1.651	1.073E-03	6.058E-01	561	2725	1.672	6.992
151.8	0.5000	915	2.668	1.093E-03	3.748E-01	640	2748	1.860	6.821
165.0	0.7000	903	3.666	1.108E-03	2.728E-01	697	2763	1.992	6.707
175.4	0.9000	892	4.654	1.121E-03	2.149E-01	743	2773	2.094	6.621
179.9	1.0000	887	5.145	1.127E-03	1.944E-01	763	2777	2.138	6.585
212.4	2.0000	850	10.042	1.177E-03	9.959E-02	909	2798	2.447	6.339
233.9	3.0000	822	15.001	1.217E-03	6.666E-02	1008	2803	2.646	6.186
250.4	4.0000	798	20.090	1.253E-03	4.978E-02	1088	2801	2.797	6.070
263.9	5.0000	777	25.351	1.286E-03	3.945E-02	1155	2794	2.921	5.974
275.6	6.0000	758	30.818	1.319E-03	3.245E-02	1214	2785	3.028	5.890
285.8	7.0000	740	36.525	1.352E-03	2.738E-02	1268	2773	3.122	5.815
295.0	8.0000	722	42.507	1.385E-03	2.353E-02	1317	2759	3.208	5.745
303.3	9.0000	705	48.804	1.418E-03	2.049E-02	1364	2743	3.287	5.679
311.0	10.0000	688	55.463	1.453E-03	1.803E-02	1408	2726	3.361	5.616
318.1	11.0000	672	62.541	1.489E-03	1.599E-02	1450	2706	3.430	5.555
324.7	12.0000	655	70.106	1.526E-03	1.426E-02	1492	2685	3.497	5.494
330.9	13.0000	638	78.245	1.567E-03	1.278E-02	1532	2663	3.561	5.434
336.7	14.0000	621	87.069	1.610E-03	1.149E-02	1571	2638	3.623	5.373
342.2	15.0000	604	96.727	1.657E-03	1.034E-02	1610	2611	3.685	5.311
347.4	16.0000	585	107.420	1.709E-03	9.309E-03	1650	2581	3.746	5.246
352.3	17.0000	565	119.460	1.769E-03	8.371E-03	1690	2548	3.808	5.179
357.0	18.0000	544	133.300	1.840E-03	7.502E-03	1732	2510	3.872	5.106
361.5	19.0000	519	149.760	1.927E-03	6.677E-03	1777	2466	3.940	5.026
365.8	20.0000	490	170.500	2.040E-03	5.865E-03	1827	2412	4.016	4.931
369.8	21.0000	453	200.160	2.206E-03	4.996E-03	1888	2339	4.106	4.808
373.7	22.0000	370	274.160	2.704E-03	3.648E-03	2011	2173	4.295	4.545

- T temperatura
- p pressione
- ρ massa volumica
- v volume specifico alla massa
- h entalpia specifica alla massa
- s entropia specifica alla massa
- L liquido
- V vapore

Tabelle termodinamiche: vapore d'acqua surriscaldato

p [Mpa]	0.005			0.010			0.020		
T [°C]	ρ [kg/m ³]	h [kJ/kg]	s [kJ/kg-K]	ρ [kg/m ³]	h [kJ/kg]	s [kJ/kg-K]	ρ [kg/m ³]	h [kJ/kg]	s [kJ/kg-K]
50	0.034	2593	8.498	0.067	2592	8.174			
75	0.031	2641	8.639	0.062	2640	8.317	0.125	2638	7.993
100	0.029	2688	8.770	0.058	2688	8.449	0.116	2686	8.126
125	0.027	2736	8.893	0.054	2735	8.573	0.109	2734	8.251
150	0.026	2783	9.010	0.051	2783	8.689	0.103	2782	8.368
175	0.024	2832	9.120	0.048	2831	8.800	0.097	2831	8.479
200	0.023	2880	9.225	0.046	2880	8.905	0.092	2879	8.584
225	0.022	2929	9.326	0.044	2928	9.005	0.087	2928	8.685
250	0.021	2978	9.422	0.041	2977	9.102	0.083	2977	8.781
275	0.020	3027	9.514	0.040	3027	9.194	0.079	3027	8.874
300	0.019	3077	9.603	0.038	3077	9.283	0.076	3077	8.963
325	0.018	3127	9.689	0.036	3127	9.368	0.072	3127	9.048
350	0.017	3178	9.771	0.035	3178	9.451	0.070	3177	9.131
375	0.017	3229	9.852	0.033	3229	9.532	0.067	3228	9.212
400	0.016	3280	9.929	0.032	3280	9.609	0.064	3280	9.289
425	0.016	3332	10.005	0.031	3332	9.685	0.062	3332	9.365
450	0.015	3384	10.078	0.030	3384	9.758	0.060	3384	9.438
475	0.014	3437	10.150	0.029	3437	9.830	0.058	3437	9.510
500	0.014	3490	10.220	0.028	3490	9.900	0.056	3490	9.580
525	0.014	3543	10.288	0.027	3543	9.968	0.054	3543	9.648
550	0.013	3597	10.354	0.026	3597	10.034	0.053	3597	9.714
575	0.013	3652	10.419	0.026	3652	10.099	0.051	3651	9.780
600	0.012	3706	10.483	0.025	3706	10.163	0.050	3706	9.843

p [Mpa]	0.050			0.100			0.200		
T [°C]	ρ [kg/m ³]	h [kJ/kg]	s [kJ/kg-K]	ρ [kg/m ³]	h [kJ/kg]	s [kJ/kg-K]	ρ [kg/m ³]	h [kJ/kg]	s [kJ/kg-K]
100	0.293	2682	7.695	0.590	2676	7.361			
125	0.274	2732	7.823	0.550	2727	7.493	1.114	2717	7.153
150	0.257	2780	7.941	0.516	2777	7.615	1.042	2769	7.281
175	0.243	2829	8.053	0.487	2826	7.728	0.980	2820	7.398
200	0.230	2878	8.159	0.460	2876	7.836	0.926	2871	7.508
225	0.218	2927	8.260	0.437	2925	7.937	0.877	2921	7.612
250	0.207	2976	8.357	0.416	2975	8.035	0.834	2971	7.710
275	0.198	3026	8.450	0.396	3024	8.128	0.795	3022	7.804
300	0.189	3076	8.539	0.379	3075	8.217	0.760	3072	7.894
325	0.181	3126	8.625	0.363	3125	8.303	0.727	3123	7.981
350	0.174	3177	8.708	0.348	3176	8.387	0.698	3174	8.064
375	0.167	3228	8.788	0.335	3227	8.467	0.671	3225	8.145
400	0.161	3279	8.866	0.322	3279	8.545	0.645	3277	8.224
425	0.155	3331	8.942	0.311	3331	8.621	0.622	3329	8.300
450	0.150	3384	9.015	0.300	3383	8.695	0.600	3382	8.373
475	0.145	3436	9.087	0.290	3436	8.766	0.580	3434	8.445
500	0.140	3489	9.157	0.280	3489	8.836	0.561	3488	8.515
525	0.136	3543	9.225	0.272	3542	8.904	0.544	3541	8.584
550	0.132	3597	9.291	0.263	3596	8.971	0.527	3595	8.650
575	0.128	3651	9.356	0.256	3651	9.036	0.511	3650	8.715
600	0.124	3706	9.420	0.248	3706	9.100	0.497	3705	8.779

T temperatura
 p pressione
 ρ massa volumica
 h entalpia specifica alla massa
 s entropia specifica alla massa

Tabella termodinamiche: vapore d'acqua surriscaldato

p [Mpa]	0.5			1.0			2.0		
T [°C]	ρ [kg/m ³]	h [kJ/kg]	s [kJ/kg-K]	ρ [kg/m ³]	h [kJ/kg]	s [kJ/kg-K]	ρ [kg/m ³]	h [kJ/kg]	s [kJ/kg-K]
175	2.503	2801	6.943						
200	2.353	2856	7.061	4.854	2828	6.696			
225	2.223	2909	7.170	4.553	2887	6.817	9.633	2836	6.416
250	2.108	2961	7.272	4.297	2943	6.927	8.969	2903	6.548
275	2.006	3013	7.369	4.074	2998	7.029	8.427	2965	6.663
300	1.914	3065	7.461	3.876	3052	7.125	7.968	3024	6.768
325	1.830	3116	7.550	3.699	3105	7.216	7.568	3082	6.866
350	1.754	3168	7.635	3.540	3158	7.303	7.215	3138	6.958
375	1.684	3220	7.716	3.395	3211	7.386	6.899	3193	7.046
400	1.620	3272	7.796	3.262	3265	7.467	6.613	3248	7.129
425	1.561	3325	7.872	3.139	3318	7.545	6.353	3303	7.209
450	1.506	3378	7.947	3.026	3371	7.620	6.115	3358	7.287
475	1.454	3431	8.019	2.921	3425	7.693	5.895	3413	7.361
500	1.407	3485	8.089	2.824	3479	7.764	5.692	3468	7.434
525	1.362	3538	8.158	2.733	3534	7.833	5.504	3524	7.504
550	1.320	3593	8.225	2.648	3588	7.901	5.328	3579	7.573
575	1.281	3647	8.290	2.568	3643	7.967	5.164	3635	7.639
600	1.244	3703	8.354	2.493	3699	8.031	5.010	3691	7.704

p [Mpa]	5.0			10.0			20.0		
T [°C]	ρ [kg/m ³]	h [kJ/kg]	s [kJ/kg-K]	ρ [kg/m ³]	h [kJ/kg]	s [kJ/kg-K]	ρ [kg/m ³]	h [kJ/kg]	s [kJ/kg-K]
275	24.132	2840	6.057						
300	22.053	2926	6.211						
325	20.495	3001	6.339	50.308	2810	5.760			
350	19.242	3069	6.452	44.564	2924	5.946			
375	18.193	3134	6.554	40.719	3016	6.091	130.270	2603	5.228
400	17.290	3197	6.648	37.827	3097	6.214	100.500	2817	5.553
425	16.497	3258	6.737	35.509	3172	6.323	87.129	2953	5.751
450	15.792	3317	6.821	33.578	3242	6.422	78.609	3062	5.904
475	15.157	3376	6.901	31.923	3310	6.514	72.423	3156	6.032
500	14.581	3435	6.978	30.478	3375	6.600	67.598	3241	6.145
525	14.054	3493	7.052	29.196	3439	6.681	63.661	3321	6.246
550	13.570	3551	7.124	28.047	3502	6.759	60.346	3396	6.339
575	13.122	3609	7.193	27.006	3564	6.833	57.492	3469	6.426
600	12.706	3667	7.261	26.057	3626	6.905	54.991	3539	6.508

- T temperatura
- p pressione
- ρ massa volumica
- h entalpia specifica alla massa
- s entropia specifica alla massa

Tabelle termodinamiche: vapore d'acqua surriscaldato

T [°C]	50			100			150		
p	ρ	h	s	ρ	h	s	ρ	h	s
[Mpa]	[kg/m ³]	[kJ/kg]	[kJ/kg-K]	[kg/m ³]	[kJ/kg]	[kJ/kg-K]	[kg/m ³]	[kJ/kg]	[kJ/kg-K]
0.002	0.013	2594	8.923	0.012	2688	9.194	0.010	2784	9.433
0.004	0.027	2594	8.601	0.023	2688	8.873	0.020	2784	9.113
0.006	0.040	2593	8.413	0.035	2688	8.686	0.031	2783	8.926
0.008	0.054	2593	8.279	0.047	2688	8.552	0.041	2783	8.793
0.01	0.067	2592	8.174	0.058	2688	8.449	0.051	2783	8.689
0.02				0.116	2686	8.126	0.103	2782	8.368
0.04				0.234	2684	7.801	0.206	2781	8.046
0.06				0.352	2681	7.608	0.309	2780	7.856
0.08				0.470	2679	7.470	0.412	2778	7.720
0.1				0.590	2676	7.361	0.516	2777	7.615
0.2							1.042	2769	7.281
0.4							2.124	2753	6.931

T [°C]	200			250			300		
p	ρ	h	s	ρ	h	s	ρ	h	s
[Mpa]	[kg/m ³]	[kJ/kg]	[kJ/kg-K]	[kg/m ³]	[kJ/kg]	[kJ/kg-K]	[kg/m ³]	[kJ/kg]	[kJ/kg-K]
0.002	0.009	2880	9.648	0.008	2978	9.845	0.008	3077	10.026
0.004	0.018	2880	9.328	0.017	2978	9.525	0.015	3077	9.706
0.006	0.027	2880	9.141	0.025	2978	9.337	0.023	3077	9.519
0.008	0.037	2880	9.008	0.033	2978	9.205	0.030	3077	9.386
0.01	0.046	2880	8.905	0.041	2977	9.102	0.038	3077	9.283
0.02	0.092	2879	8.584	0.083	2977	8.781	0.076	3077	8.963
0.04	0.184	2878	8.263	0.166	2977	8.460	0.151	3076	8.642
0.06	0.276	2877	8.074	0.249	2976	8.272	0.227	3076	8.454
0.08	0.368	2876	7.940	0.332	2975	8.139	0.303	3075	8.321
0.1	0.460	2876	7.836	0.416	2975	8.035	0.379	3075	8.217
0.2	0.926	2871	7.508	0.834	2971	7.710	0.760	3072	7.894
0.4	1.872	2861	7.172	1.680	2965	7.380	1.527	3067	7.568
0.6	2.840	2851	6.968	2.539	2958	7.183	2.302	3062	7.374
0.8	3.833	2840	6.818	3.411	2950	7.040	3.085	3057	7.235
1	4.854	2828	6.696	4.297	2943	6.927	3.876	3052	7.125
2				8.97	2903	6.548	7.97	3024	6.768
4							16.99	2962	6.364
6							27.63	2886	6.070
8							41.19	2787	5.794

T temperatura
 p pressione
 ρ massa volumica
 h entalpia specifica alla massa
 s entropia specifica alla massa

Tabella termodinamiche: vapore d'acqua surriscaldato

T [°C]	350			400			450		
p [Mpa]	ρ [kg/m ³]	h [kJ/kg]	s [kJ/kg-K]	ρ [kg/m ³]	h [kJ/kg]	s [kJ/kg-K]	ρ [kg/m ³]	h [kJ/kg]	s [kJ/kg-K]
0.002	0.007	3178	10.194	0.006	3280	10.352	0.006	3384	10.501
0.004	0.014	3178	9.874	0.013	3280	10.032	0.012	3384	10.181
0.006	0.021	3178	9.687	0.019	3280	9.845	0.018	3384	9.994
0.008	0.028	3178	9.554	0.026	3280	9.712	0.024	3384	9.861
0.01	0.035	3178	9.451	0.032	3280	9.609	0.030	3384	9.758
0.02	0.070	3177	9.131	0.064	3280	9.289	0.060	3384	9.438
0.04	0.139	3177	8.811	0.129	3280	8.969	0.120	3384	9.118
0.06	0.209	3177	8.623	0.193	3279	8.782	0.180	3383	8.931
0.08	0.279	3176	8.490	0.258	3279	8.649	0.240	3383	8.798
0.1	0.348	3176	8.387	0.322	3279	8.545	0.300	3383	8.695
0.2	0.698	3174	8.064	0.645	3277	8.224	0.600	3382	8.373
0.4	1.401	3170	7.740	1.294	3274	7.900	1.203	3379	8.051
0.6	2.109	3166	7.548	1.947	3271	7.710	1.809	3377	7.861
0.8	2.822	3162	7.411	2.602	3268	7.573	2.416	3374	7.726
1	3.540	3158	7.303	3.262	3265	7.467	3.026	3371	7.620
2	7.22	3138	6.958	6.61	3248	7.129	6.11	3358	7.287
4	15.04	3093	6.584	13.62	3215	6.771	12.49	3331	6.939
6	23.67	3044	6.336	21.09	3178	6.543	19.17	3303	6.722
8	33.36	2988	6.132	29.12	3139	6.366	26.18	3273	6.558
10	44.56	2924	5.946	37.83	3097	6.214	33.58	3242	6.422
20				100.5	2817	5.553	78.6	3062	5.904
40				523.3	1931	4.115	270.9	2512	4.945
60				612.4	1843	3.932	479.5	2180	4.414
80				659.5	1809	3.834	563.7	2088	4.234
100				692.9	1791	3.764	614.2	2045	4.127

T [°C]	500			550			600		
p [Mpa]	ρ [kg/m ³]	h [kJ/kg]	s [kJ/kg-K]	ρ [kg/m ³]	h [kJ/kg]	s [kJ/kg-K]	ρ [kg/m ³]	h [kJ/kg]	s [kJ/kg-K]
0.002	0.006	3490	10.643	0.005	3597	10.777	0.005	3706	10.906
0.004	0.011	3490	10.323	0.011	3597	10.457	0.010	3706	10.586
0.006	0.017	3490	10.136	0.016	3597	10.270	0.015	3706	10.399
0.008	0.022	3490	10.003	0.021	3597	10.137	0.020	3706	10.266
0.01	0.028	3490	9.900	0.026	3597	10.034	0.025	3706	10.163
0.02	0.056	3490	9.580	0.053	3597	9.714	0.050	3706	9.843
0.04	0.112	3489	9.260	0.105	3597	9.394	0.099	3706	9.523
0.06	0.168	3489	9.072	0.158	3597	9.207	0.149	3706	9.336
0.08	0.224	3489	8.939	0.211	3597	9.074	0.199	3706	9.203
0.1	0.280	3489	8.836	0.263	3596	8.971	0.248	3706	9.100
0.2	0.561	3488	8.515	0.527	3595	8.650	0.497	3705	8.779
0.4	1.124	3486	8.193	1.055	3594	8.329	0.994	3703	8.458
0.6	1.689	3483	8.004	1.585	3592	8.140	1.493	3702	8.270
0.8	2.256	3481	7.869	2.116	3590	8.005	1.993	3700	8.135
1	2.824	3479	7.764	2.648	3588	7.901	2.493	3699	8.031
2	5.69	3468	7.434	5.33	3579	7.573	5.01	3691	7.704
4	11.57	3446	7.092	10.79	3560	7.236	10.12	3675	7.371
6	17.65	3423	6.883	16.39	3541	7.031	15.32	3659	7.169
8	23.94	3400	6.727	22.14	3522	6.880	20.63	3642	7.022
10	30.48	3375	6.600	28.05	3502	6.759	26.06	3626	6.905
20	67.6	3241	6.145	60.3	3396	6.339	55.0	3539	6.508
40	177.8	2907	5.474	143.2	3154	5.786	123.6	3350	6.017
60	338.7	2570	4.936	252.8	2902	5.352	206.9	3157	5.653
80	457.0	2397	4.647	362.3	2710	5.039	295.5	2988	5.367
100	528.3	2316	4.490	444.6	2596	4.841	374.2	2865	5.158

**ESAME DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI:
INGEGNERE INDUSTRIALE IUNIOR
I SESSIONE 2017 - 13 SETTEMBRE 2017
SEDE SVOLGIMENTO: POLITECNICO DI MILANO**

III COMMISSIONE - SETTORE INDUSTRIALE

SEZIONE B

PROVA PRATICA

TEMA N. 8

In figura 1 è riportato schematicamente il layout di una macchina per il taglio di tronchi di grandi dimensioni. Essi possono scorrere su una guida a rulli (4) ed essere posizionati sotto la sega circolare (2) azionata da un motore elettrico.

La movimentazione della sega nel piano verticale avviene attraverso un pistone pneumatico a doppio effetto che agisce sul braccio porta sega (5). La lama è protetta da un carter mobile (1).

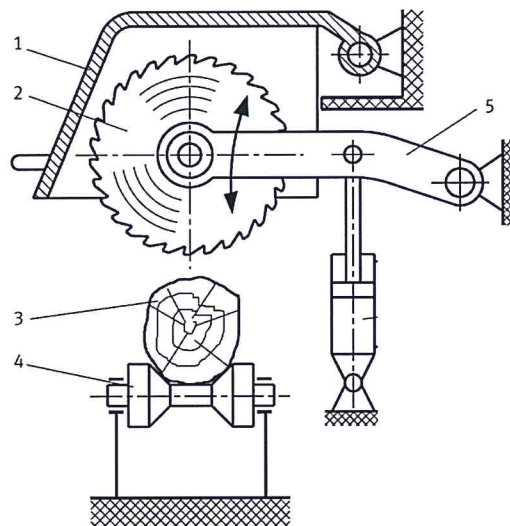


Figura 1

Il candidato esegua:

- Il dimensionamento del braccio porta sega (5)
- Il disegno tecnico del braccio porta sega
- Il dimensionamento del pistone pneumatico

Sono noti:

- la forza di taglio in direzione verticale $F_z=3500\text{N}$
- La coppia applicata alla sega circolare $C=400\text{Nm}$
- La dimensione massima del tronco $\phi=0.45\text{m}$

ESAME DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI:
INGEGNERE INDUSTRIALE IUNIOR
I SESSIONE 2017 - 13 SETTEMBRE 2017
SEDE SVOLGIMENTO: **POLITECNICO DI MILANO**

III COMMISSIONE - SETTORE INDUSTRIALE

SEZIONE B

PROVA PRATICA

TEMA N. 9

Si consideri il pianale di un monopattino e si selezioni il materiale con cui realizzarlo seguendo i punti sotto indicati.

- 1) Si valutino le sollecitazioni a cui è sottoposto il pianale e si definiscano i requisiti da imporre al materiale.
- 2) Si selezioni il materiale con l'obiettivo di rendere minimo il peso del pianale rispettando i vincoli di progetto definiti al punto precedente.
- 3) Si descriva un processo tecnologico che permetta di produrre il pianale con il materiale scelto.
- 4) Si descrivano gli eventuali trattamenti necessari per evitare il degrado del manufatto in esercizio.