



Università degli Studi di Udine

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

1^ SESSIONE – ANNO 2015

SEZIONE A

SETTORE:
INGEGNERIA INDUSTRIALE

1^ PROVA SCRITTA

ING/IND

Tema n. 1/A1

Il candidato illustri l'architettura ed i principi di funzionamento delle macchine utensili a controllo numerico per lavorazioni ad asportazione di truciolo. Il candidato descriva in modo schematico gli organi costitutivi delle macchine utensili e si soffermi in particolare su organi e sistemi che contraddistinguono le macchine utensili moderne a controllo numerico. Infine, il candidato descriva le tipiche attività e procedure preliminari all'avvio di produzione di pezzi di precisione su macchine utensili a controllo numerico, supponendo che il ciclo di fabbricazione sia già stato determinato, ma che il programma a controllo numerico debba ancora essere generato.



Università degli Studi di Udine



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

1^ SESSIONE – ANNO 2015

SEZIONE A

SETTORE:
INGEGNERIA INDUSTRIALE

1^ PROVA SCRITTA

ING/IND

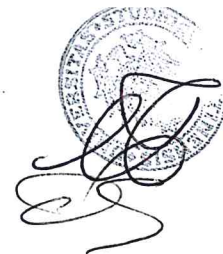
Tema n. 2/A1

Il candidato descriva i possibili impianti di produzione, trasformazione e trasporto di energia elettrica da adottare in base alle esigenze che emergono in funzione dell'ubicazione dei carichi e della potenza meccanica richiesta per alimentare grosse zone industriali.



Università degli Studi di Udine

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



1^ SESSIONE – ANNO 2015

SEZIONE A

SETTORE:
INGEGNERIA INDUSTRIALE

1^ PROVA SCRITTA

ING/IND

Tema n. 3/A1

La contemporanea produzione e utilizzo di energia elettrica ed energia termica costituiscono un metodo per migliorare l'efficienza dei sistemi energetici, in particolare di quelli che utilizzano combustibili fossili. Illustrare i sistemi di cogenerazione, le modalità di utilizzo, i criteri di valutazione delle prestazioni, ecc.. Accennare anche alla trigenerazione e ai suoi ambiti di utilizzo.



Università degli Studi di Udine

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

1^ SESSIONE – ANNO 2015

SEZIONE A

SETTORE:
INGEGNERIA INDUSTRIALE

1^ PROVA SCRITTA

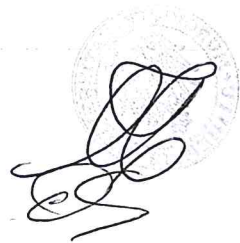
ING/IND

Tema n. 4/A1

Il candidato presenti le forme organizzative (macro struttura) delle imprese, presentando vantaggi e svantaggi di ogni modello, specificando le situazioni nelle quali ciascuna forma risulta più o meno adatta. Presenti, quindi, un esempio di microstruttura. Spieghi, infine, come dimensionare una struttura organizzativa.



Università degli Studi di Udine



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

1^ SESSIONE - ANNO 2015

SEZIONE A

SETTORE:
INGEGNERIA INDUSTRIALE

1^ PROVA SCRITTA

ING/IND

Tema n. 5/A1

Descrivere le diverse tipologie di sistemi per l'abbattimento di particolato da flussi gassosi di processo soffermandosi in particolare su

1. i diversi meccanismi sfruttabili per promuovere la separazione di particelle da un flusso di gas
2. le caratteristiche del flusso da valutare per selezionare un sistema di abbattimento idoneo per il contenimento delle emissioni di particolato
3. i criteri tecnico/economici da valutare per la scelta del sistema di abbattimento
4. le opportunità di ottimizzazione dei costi di trattamento (investimento/gestione dell'apparecchiatura) associate all'uso di sistemi di abbattimento a più stadi di separazione (serie di apparecchiature)



Università degli Studi di Udine

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



1^ SESSIONE – ANNO 2015

SEZIONE A

SETTORE:
INGEGNERIA INDUSTRIALE

2^ PROVA SCRITTA

ING/IND

Tema n. 1/A2

Il candidato rediga una relazione tecnica a carattere generale sui criteri per il dimensionamento di massima e sulle procedure di collaudo di attrezzature e sistemi di fissaggio di pezzi meccanici su macchine utensili (ove subiranno lavorazioni meccaniche ad asportazione di truciolo), tramite la discussione di almeno un esempio, ed evidenziando eventuali riferimenti normativi.



Università degli Studi di Udine

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



1^ SESSIONE – ANNO 2015

SEZIONE A

SETTORE:
INGEGNERIA INDUSTRIALE

2^ PROVA SCRITTA

ING/IND

Tema n. 2/A2

Il candidato descriva con quali apparecchiature elettriche si possono ridurre al minimo le interruzioni delle lavorazioni derivanti da guasti elettrici che possono accadere in una fabbrica. Si faccia alcuni esempi corredati da schemi elettrici anche in funzione del tipo di guasto.



Università degli Studi di Udine

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



1^ SESSIONE – ANNO 2015

SEZIONE A

SETTORE:
INGEGNERIA INDUSTRIALE

2^ PROVA SCRITTA

ING/IND

Tema n. 3/A2

Il candidato descriva il comportamento degli scambiatori di calore e illustri, in base alle sue conoscenze e competenze, i metodi di dimensionamento e verifica degli scambiatori. Inoltre, descriva schematicamente le tipologie di scambiatori più comuni con riferimento ai fluidi utilizzati in essi.



Università degli Studi di Udine

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



1^ SESSIONE – ANNO 2015

SEZIONE A

SETTORE:
INGEGNERIA INDUSTRIALE

2^ PROVA SCRITTA

ING/IND

Tema n. 4/A2

Il Candidato, basandosi su un'impresa che opera in un settore manifatturiero a propria scelta, illustri la struttura e le interazioni relative ad una tipica azienda di notevoli dimensioni, presentando l'architettura ed il funzionamento di un Sistema ERP a supporto delle stesse.



Università degli Studi di Udine



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

1[^] SESSIONE - ANNO 2015

SEZIONE A

SETTORE:
INGEGNERIA INDUSTRIALE

2[^] PROVA SCRITTA

ING/IND

Tema n. 5/A2

Si deve progettare un sistema per il trattamento delle acque meteoriche (acque di prima pioggia) provenienti da un piazzale adibito a parcheggio. La portata di acqua da trattare, valutata pari a $Q=10$ L/s in normali condizioni di pioggia, può contenere sabbie e tracce di olii. La caratterizzazione di un campione di acqua drenato dal piazzale indica le seguenti caratteristiche per le particelle di sabbia e per le gocce d'olio presenti in sospensione:

Sabbie		Gocce d'olio	
Concentrazione	50 g/L	Concentrazione	200 $\mu\text{g/L}$
Densità, ρ_p	1600 kg/m^3	Densità, ρ_{oil}	800 kg/m^3
D_p [μm]	Frazione in massa	D_p [μm]	Frazione in massa
50	0.05	60	0.80
100	0.80	70	0.15
150	0.15	100	0.05

Il progettista propone l'installazione di un sistema di trattamento costituito da due vasche in calcestruzzo (altezza 1.6 m, larghezza 2.5 m) da collocare in serie: la prima dedicata alla separazione delle sabbie

e la seconda alla separazione dell'olio.

1. Dimensionare la lunghezza delle due vasche in modo che almeno il 95% delle sabbie si depositi dentro la prima vasca e la concentrazione di olio in uscita dal sistema di trattamento sia minore o uguale a $C_{oil,out}=2\mu\text{g/L}$.

2. Il progettista ha stimato che, nel caso di eventi di pioggia estremi, la portata di acqua da trattare drenata dal piazzale e in ingresso al sistema di trattamento possa al più raddoppiare.

Valutare la quantità di sabbia e di olio non trattenute dal sistema in queste condizioni.

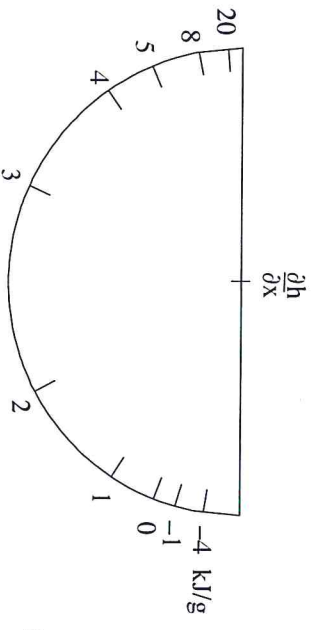
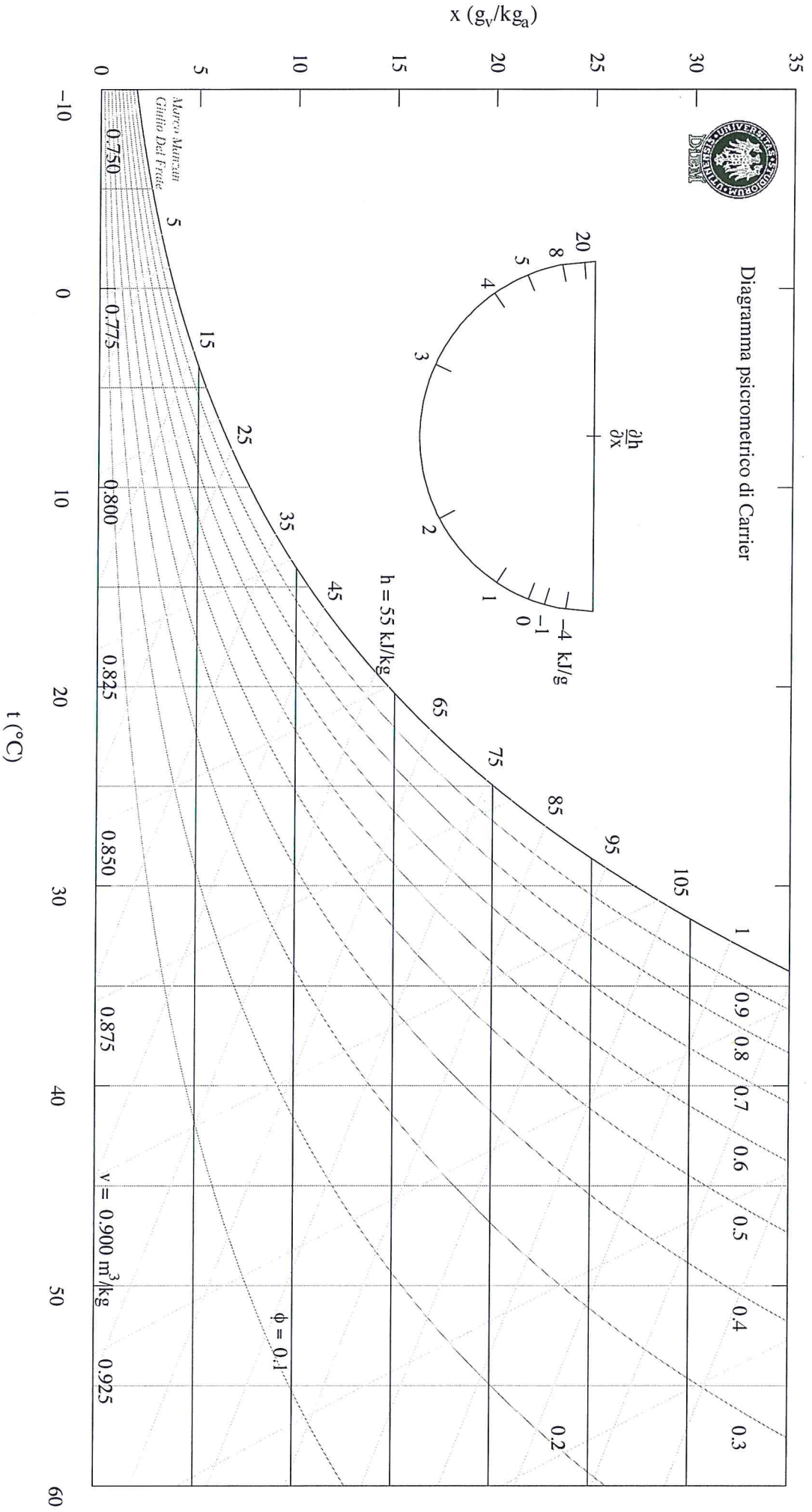
3. Calcolare se l'installazione di un coalescer a 50 piani della lunghezza di 1 m collocato nell'ultimo tratto della seconda vasca

potrebbe essere sufficiente per garantire, anche in caso di eventi di pioggia estremi, il valore limite di concentrazione per gli olii all'uscita.

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI UDINE DIPARTIMENTO DI ENERGETICA E MACCHINE



Diagramma psicrometrico di Carrier



$\phi = 0.1$

$v = 0.900 \text{ m}^3/\text{kg}$

Mareo Merzari
Città Del Friuli



Università degli Studi di Udine

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

1[^] SESSIONE – ANNO 2015

SEZIONE A

SETTORE:
INGEGNERIA INDUSTRIALE

PROVA PRATICA

ING/IND

Tema n. 1/A3

Si consideri la puleggia illustrata in Figura 1, realizzata in ghisa grigia G20.

La puleggia considerata è la condotta di un sistema di trasmissione a cinghia che trasmette il moto di rotazione al mandrino di un tornio di piccole dimensioni. Come si evince dalla figura, il diametro di riferimento di tale puleggia (diametro asse neutro della cinghia) è $D_2=180$ mm. Si svolgano i seguenti punti.

1. Si supponga che il motore asincrono trifase che ^{1.25}trasmette il moto eroghi una potenza nominale massima pari a 10 kW ed una coppia massima di ²⁰⁸ Nm a 800 rpm. Si assuma che il diametro della puleggia conduttrice D_1 (solidale al motore) sia pari a circa 104 mm, ovvero che il rapporto di trasmissione sia $\tau=D_1/D_2 \approx 0.57$. Effettuare la verifica che le cinghie trapezoidali (4 cinghie con sezione tipo B) siano adeguate a sopportare il carico richiesto, adottando opportuni coefficienti di sicurezza.
2. Ipotizzare che il ciclo di fabbricazione della puleggia comprenda un processo fusorio in conchiglia e delle lavorazioni ad asportazione di truciolo successive. Precisamente, si consideri una colata ad alta pressione, e nella fattispecie un'inietto-fusione in camera calda. Si scelga il piano di divisione tra le due semi-conchiglie e si effettui il dimensionamento di massima delle due semicavità, in modo da:
 - a. rendere possibile ed agevole l'estrazione del getto dalla conchiglia;
 - b. contrastare gli effetti della contrazione lineare in fase solida;
 - c. avere a disposizione sovrametalli sufficienti per la fasi di lavorazione ad asportazione di truciolo, che consentano di ottenere la precisione e qualità richiesta;
 - d. minimizzare problemi associati alla fluidodinamica ed alla transizione di fase liquido-solido (intrappolamento di aria, formazione di cavità di ritiro, etc.).

Fornire una vista in sezione semplificata della conchiglia, con alcune quote di riferimento, ed una vista in sezione del getto ottenuto (a temperatura ambiente), con tutte le quote di interesse per le lavorazioni successive.

3. Riguardo alle lavorazioni ad asportazione di truciolo, si hanno a disposizione un tornio CNC multifunzionale ed una stozzatrice. Il tornio è dotato di un mandrino principale, un contromandrino e due torrette portautensili, che possono montare sia utensili "stazionari" per tornitura sia utensili "motorizzati" rotanti per fresatura/foratura, con estrema flessibilità. Per ciascuna fase, sottofase ed operazione il candidato evidenzi con semplici illustrazioni e descrizioni le superfici lavorate, gli utensili impiegati (scelti a partire dalla Tabella 1) ed il sistema di fissaggio del pezzo. Qualora il candidato ritenga opportuno il ricorso ad altri utensili o attrezzature di fissaggio del pezzo non standard, si fornisca un disegno illustrativo di tali componenti.



Università degli Studi di Udine

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

1[^] SESSIONE – ANNO 2015

4. Per ciascuna delle operazioni ad asportazione di truciolo si descrivano, anche in modo approssimato, le strategie di lavorazione adottate (traiettorie utensile) e si dimensionino i parametri di taglio, rispettando i vincoli derivanti dalla macchina, ovvero il numero di giri massimo e le curve di coppia e potenza illustrati in Figura 3. Per le lavorazioni di finitura si scelgano gli avanzamenti in modo da soddisfare i requisiti di qualità superficiale riportati in Figura 1. Si scelgano le velocità di taglio all'interno degli intervalli indicati, in modo da consentire la lavorazione consecutiva di un numero adeguato di pezzi prima di dover arrestare la macchina per sostituire gli utensili usurati. Per tale scopo si supponga che ogni utensile abbia una durata pari a $T=20$ min in corrispondenza al valore medio dell'intervallo di riferimento indicato (ad esempio, l'utensile 1 dura 20 min se $v_c=275$ m/min), e supponendo che l'esponente di Taylor sia $m=0.2$ per tutti gli utensili (facendo riferimento alla legge di Taylor scritta in forma classica, ovvero $v_c T^m=K$).
5. Stimare infine i tempi e costi di produzione, a partire dai seguenti dati: costo materiale (in lingotti) 3 €/Kg; costo globale dell'innietto-fusione 15 €/getto. Dati relativi al tornio multifunzionale CNC: costo originale tornio $C_0=250000$ €; tasso di inflazione annuo 3%; anni di ammortamento tornio $a=6$; giorni lavorativi all'anno $gg=220$; turnazione $h=16$ ore/giorno; costi di manutenzione $C_{man}=3000$ €/anno; costo dell'operatore/programmatore che gestisce il tornio 25 €/ora. Per il calcolo del tempo ciclo (sul tornio) si tenga in considerazione i seguenti tempi passivi: cambio utensile 6 s; altri tempi passivi associati a ciascuna operazione = 10 s + 15% del tempo attivo. Si trascurino i tempi passivi associati ai fermi macchina necessari per la manutenzione e per ripristinare gli utensili usurati. Si tenga invece conto del costo associato al consumo degli utensili. Costi generali $C_g=25\%$ del totale.

In generale, il candidato introduca e dimensiona eventuali dati mancanti per lo svolgimento dei vari punti facendo riferimento alla letteratura tecnica ed alla propria esperienza.



Università degli Studi di Udine

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

1[^] SESSIONE – ANNO 2015

SEZIONE A

SETTORE:
INGEGNERIA INDUSTRIALE

PROVA PRATICA

ING/IND
Tema n. 2/A3

Il candidato esegua il progetto completo con calcoli e disegni costruttivi di una centrale idroelettrica dotata di una turbina Francis e relativo alternatore per un impianto avente le seguenti caratteristiche:

portata media $Q = 320 \text{ l/sec.}$
salto $H = 280 \text{ m.}$
numero di giri del gruppo $n = 750 \text{ g/min.}$

Fatte le opportune scelte per eventuali dati mancanti, il candidato dimensiona anche gli elementi principali dell'impianto elettrico ed esegua lo schema elettrico e quello topografico di massima secondo la normativa vigente.



Università degli Studi di Udine

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

1[^] SESSIONE – ANNO 2015

Tabella 1. Lista utensili disponibili su tornio-fresatrice CNC.

# ut.	Descrizione utensile-portautensile	Profondità di passata a_p [mm]	Avanzamento al giro f [mm]	Velocità di taglio v_c [m/min]	Costo ripristino utensile [€]
1	Tornitore per esterni per sgrossatura con inserto rombico 80°	0.6-4	0.15-0.4	200-350	3.5
2	Tornitore per semifinitura e finitura con inserto rombico 35°	0.1-2	0.08-0.2	300-450	4.5
3	Utensile per gole per esterni	0.1-3 (esecuzione gola); 0.1-0.5 (tornitura longitudin.)	0.1-0.35 (esecuzione gola); 0.1-0.2 (tornitura longitudin.)	150-250	9
4	Punta elicoidale D=8mm, autocentrante		0.1-0.35 (al giro)	140-260	10
5	Punta elicoidale D=30 mm		0.15-0.4 (al giro)	140-260	18
6	Bareno per tornitura interna - sgrossatura	0.4-3	0.15-0.4	180-280	4
7	Bareno per tornitura interna - finitura	0.1-1.5	0.08-0.25	210-320	4
8	Scanalatore frontale, per eseguire gole frontali con diametro da 70 a 150 mm	0.1-3 (esecuzione gola); 0.1-0.5 (tornitura)	0.1-0.35 (esecuzione gola); 0.1-0.2 (tornitura)	150-250	9
9	Fresa torica D=18mm	0.2-4	0.08-0.22 (al dente)	220-360	24



Università degli Studi di Udine

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

1[^] SESSIONE – ANNO 2015

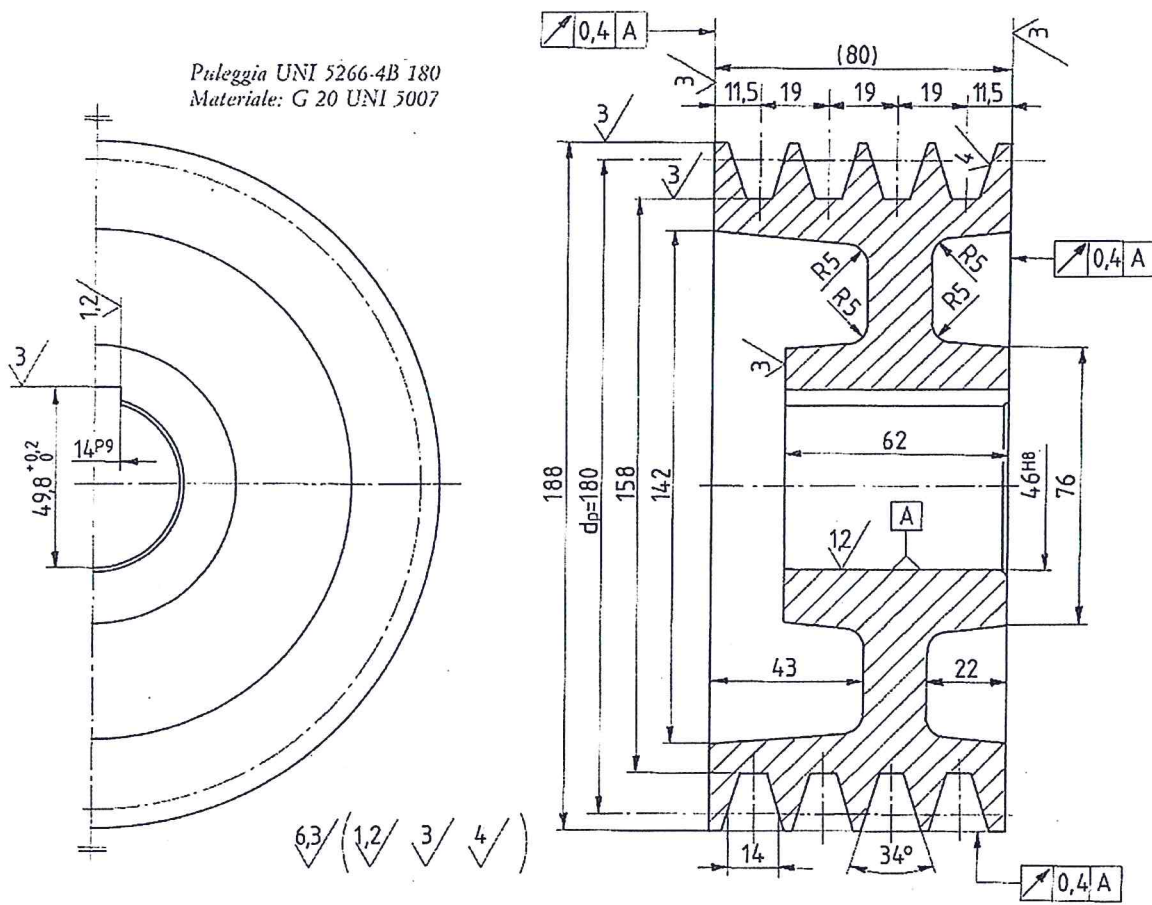


Figura 1. Puleggia (UNI 5266 - 4B 180).



Università degli Studi di Udine

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

1[^] SESSIONE – ANNO 2015

SEZIONE A

SETTORE:
INGEGNERIA INDUSTRIALE

PROVA PRATICA

ING/IND

Tema n. 3/A3

L'edificio rappresentato nell'allegato è situato in una località sopraelevata di 200 m rispetto al Capoluogo del Comune. I parametri di riferimento per il Comune sono: latitudine 45°Nord, temperatura esterna invernale di progetto $t_e = -5^\circ\text{C}$, temperatura esterna estiva di progetto $t_e = 32^\circ\text{C}$, oscillazione giornaliera della temperatura estiva 9 K.

Per tale edificio il candidato scelga la tipologia di corpi scaldanti ed in base a questa calcoli:

- 1) la potenza dei corpi scaldanti e la potenza minima della caldaia (impianto centralizzato);
- 2) la rete di distribuzione, il vaso di espansione, la potenza della pompa di circolazione dell'impianto di riscaldamento centralizzato (riportare sulle tavole allegate la posizione dei corpi scaldanti e delle tubazioni e fare lo schema dei collegamenti del circuito primario);
- 3) i carichi sensibili nel periodo estivo per una delle unità adibite ad uffici ipotizzando di collocare un terminale in ciascuna dei tre vani principali dell'unità immobiliare;
- 4) la potenza frigorifera massima per il raffrescamento della stessa unità immobiliare;

Gli spessori delle pareti possono essere modificati. I dati mancanti quali ad es. caratteristiche e spessori dei materiali, orientamento, ecc. sono a discrezione del candidato.

Il candidato può limitarsi ad affrontare solamente il caso invernale o il caso estivo.



Università degli Studi di Udine

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

1[^] SESSIONE – ANNO 2015

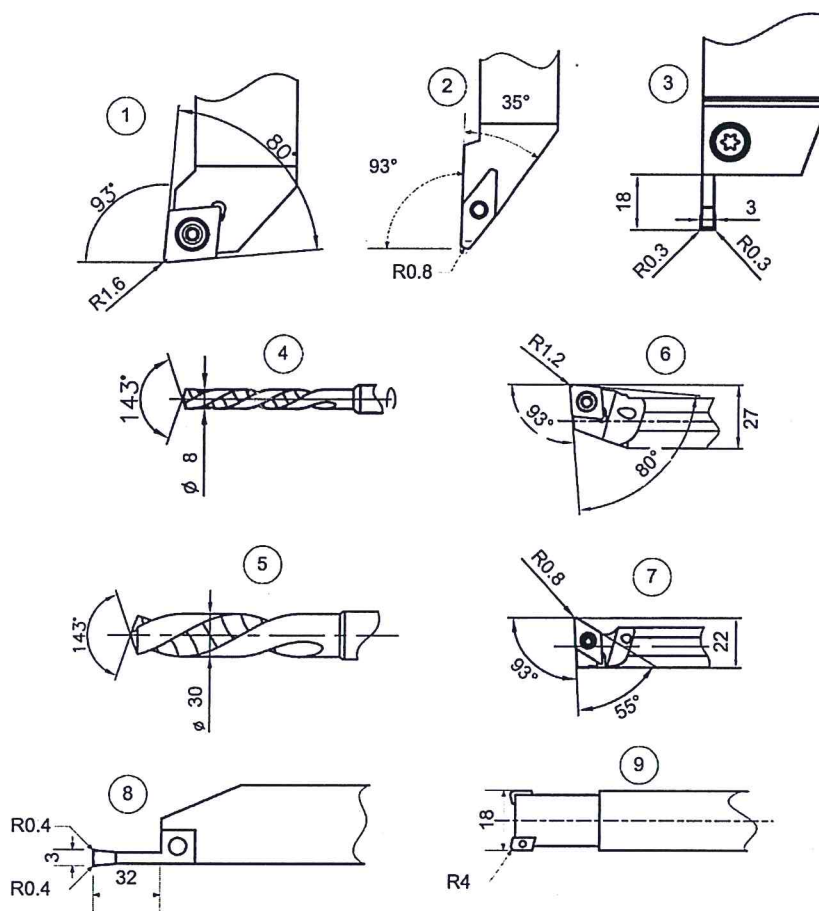


Figura 2. Utensili a disposizione per le lavorazioni ad asportazione di truciolo sul tornio multifunzionale CNC.

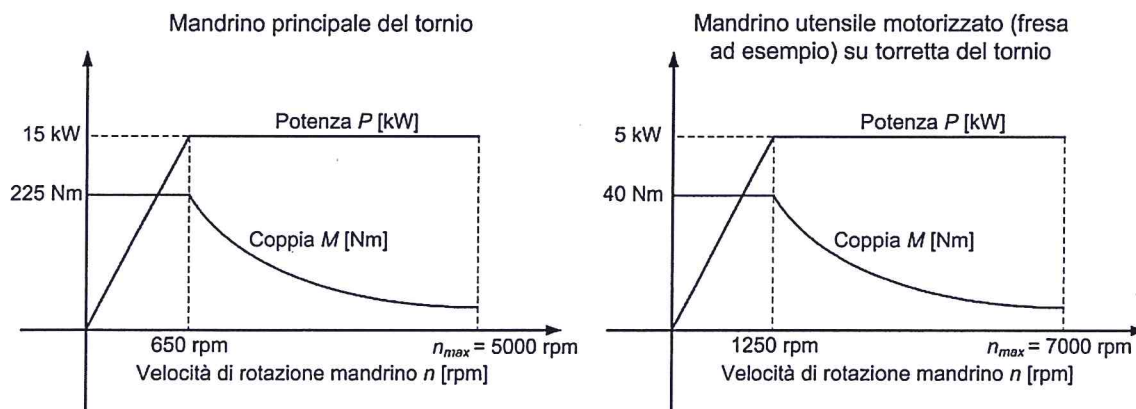


Figura 3. Curve di coppia e potenza mandrini del tornio multifunzionale CNC.



Università degli Studi di Udine

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

1[^] SESSIONE – ANNO 2015

SEZIONE A

SETTORE:
INGEGNERIA INDUSTRIALE

PROVA PRATICA

ING/IND

Tema n. 4/A3

L'ing. De Petris è stato da poco chiamato a ricoprire il ruolo di Consultant in una società di consulenza regione: a lui spetta la predisposizione di documenti, prospetti, relazioni e progetti affinché i clienti della società di consulenza possano reperire finanziamenti presso il mondo bancario del nord-est.

Il suo capo, il dott. Paviotti, gli ha presentato un documento stringato, elaborato dalla Cresco Srl, una società che intende entrare nel business dell'arredamento non attraverso i canali tradizionali ma creando un portale di e-commerce.

Il titolare dell'azienda, il sig. Renato, ha riflettuto sulla situazione e sulle prospettive del proprio mercato di riferimento, giungendo alla conclusione che il mercato tradizionale B2B (dove ogni produttore si interfaccia con Grossisti che si interfacciano, a loro volta, con i negozianti al dettaglio di articoli di arredamento) sia finito e che, pertanto, sia necessario avvalersi di nuovi canali che portino a ridurre il numero di passaggi fra produttori e consumatori finali.

Storicamente, la Cresco Srl aveva prodotto tavoli in legno per il mercato dei grossisti (Francia e Germania erano i Paesi con il peso maggiore in termini di fatturato) ma ora, stante la crisi, vuole proporsi come un'azienda commerciale che sfrutta l'approfondita conoscenza del territorio per comprare da fornitori locali della regione tutto ciò che può servire per la zona "living" (soggiorno).

Il documento predisposto dal sig. Renato non è altro che un documento molto stringato che contiene il fatturato stimato, il ricarico medio sui costi di acquisto (crescenti per il miglioramento della propria forza contrattuale i costi di struttura (due dipendenti a tempo pieno e non meglio precisate spese generali).

Anno	2016	2017	2018	2019	2020
Fatturato	1.000.000	1.500.000	2.000.000	2.500.000	3.000.000
Ricarico	15%	15%	20%	20%	20%
Dipendenti	60.000	60.000	60.000	60.000	60.000
Costi generali	15.000	15.000	15.000	15.000	15.000

Il dott. Paviotti, commercialista storico del sig. Renato, ritiene che il progetto non sia presentabile in questo modo agli istituti bancari e chiede all'ing. De Petris di redigere, un documento che abbia un taglio professionale, prendendo in considerazione l'analisi del mercato, le criticità ed i punti di forza del progetto, ... nonché una vera e propria stima dei costi con anche una valutazione del rientro dall'investimento: egli ritiene, infatti, che non siano stati presi in considerazione tutti i costi, né gli investimenti, né tutte le problematiche

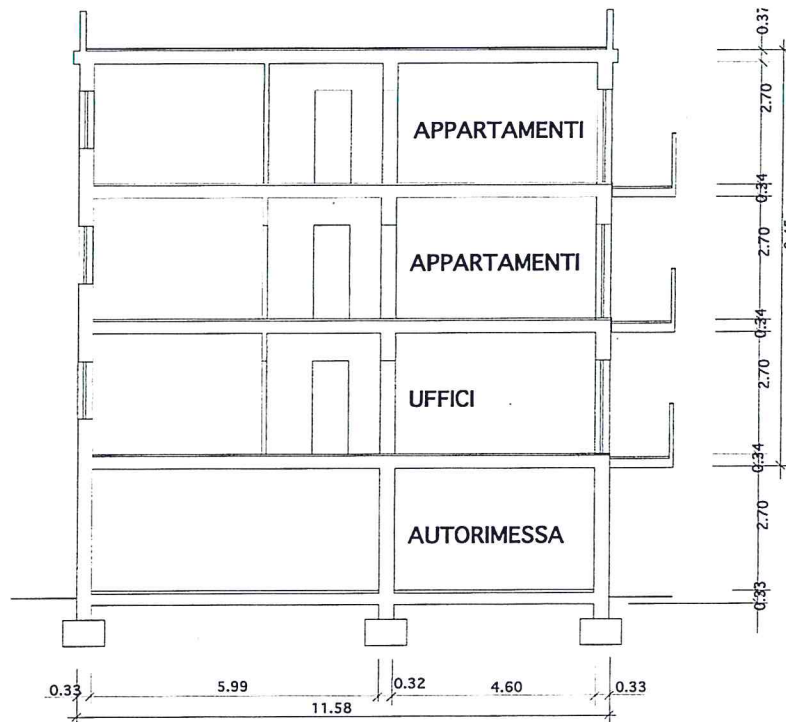
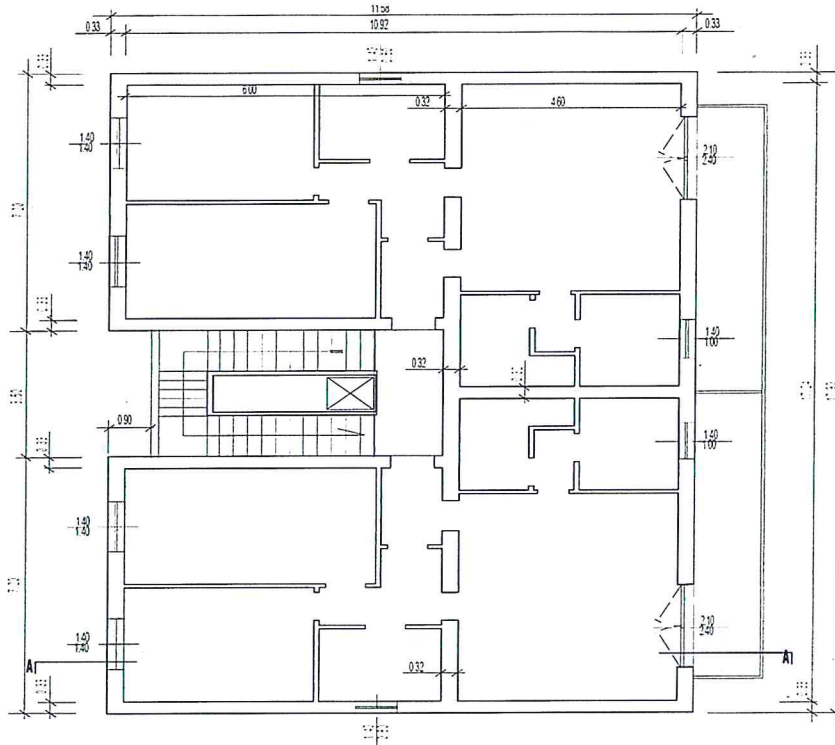
Il Candidato si immedesima con l'ing. De Petris e sviluppi un vero e proprio Business Plan di taglio professionale (schemi, tabelle, grafici,...), completo di analisi del mercato, analisi degli investimenti, e considerazioni strategiche, tecniche, operative ed economiche, ricorrendo a dati di propria invenzione che andrà a giustificare.



Università degli Studi di Udine

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

1[^] SESSIONE – ANNO 2015





Università degli Studi di Udine

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

1^ SESSIONE - ANNO 2015

SEZIONE A

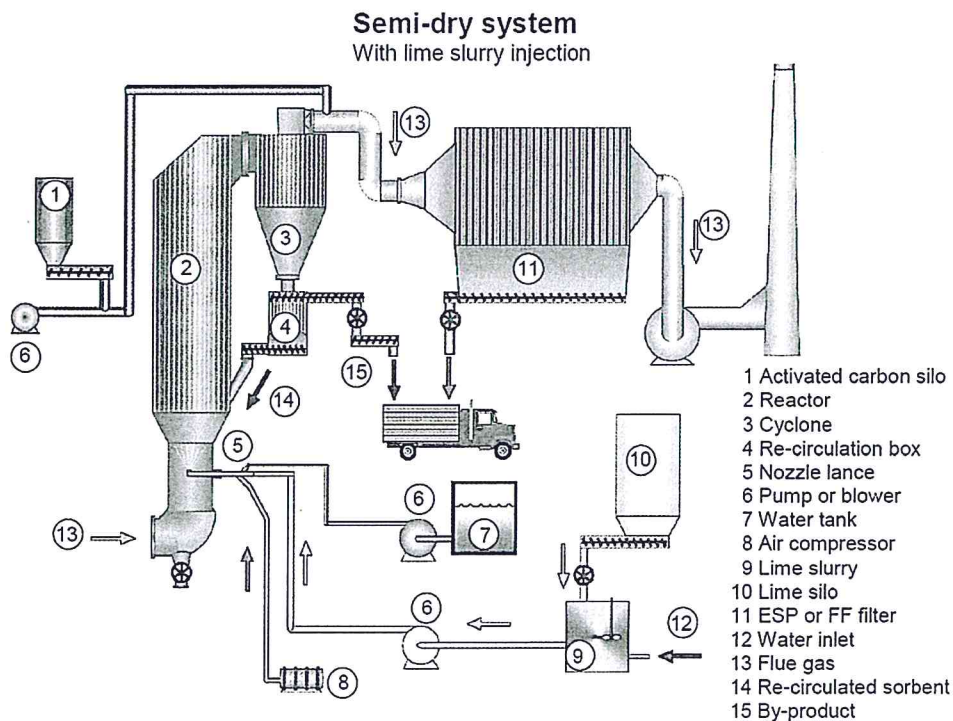
SETTORE:
INGEGNERIA INDUSTRIALE

PROVA PRATICA

ING/IND

Tema n. 5/A3

In Figura è rappresentato lo schema di un impianto per rimuovere SO₂ e ceneri dai fumi prodotti dalla caldaia di una centrale a carbone.



Le caratteristiche della corrente da trattare sono le seguenti:
 Portata $Q=4000 \text{ m}^3/\text{min}$; Temperatura $T=394.4 \text{ K}$; Pressione $p=101.3 \text{ kPa}$
 Massa molare $MM=29 \text{ kg/kmole}$; Viscosità $\mu=2.2 \cdot 10^{-5} \text{ Pa s}$
 Concentrazione SO₂, $C_g=1000 \text{ ppm (w/w)}$
 Carico di ceneri, $C_p=0.023 \text{ kg/m}^3 \text{ d'aria}$; Densità ceneri, $\rho_p=800 \text{ kg/m}^3$
 Distribuzione dimensionale delle ceneri:

$D_p [\mu\text{m}]$	1	2.5	5	10
Frazione in massa $f(D_p)$	0.05	0,30	0.50	0.15



Università degli Studi di Udine

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

1[^] SESSIONE - ANNO 2015

Il sistema di trattamento comprende un assorbitore a letto fluido (GSA, gas suspension absorber) (2), un ciclone (3) e un sistema filtrante (11) per la separazione delle ceneri. All'interno dell'assorbitore i gas provenienti dalla caldaia (13) entrano in contatto con il materiale assorbente (particelle di ossido di calcio idrato, $\text{Ca}(\text{OH})_2$) iniettato in fase semi-secca da un'iniettore (5) e mantenuto in sospensione dalla corrente di gas. L' SO_2 (ed eventuali altri composti acidi) assorbiti sulla superficie umida del materiale, precipitano come fase solida sul materiale assorbente (velocità di trasferimento di massa, $k=0.3$ m/s). All'uscita dall'assorbitore, il ciclone (3) permette di separare e recuperare le particelle di materiale assorbente (14) sospese nel gas che possono essere riciclate più volte nell'assorbitore per far reagire completamente l'ossido di calcio idrato, minimizzandone il consumo. Il gas in uscita dal ciclone viene quindi alimentato ad un sistema filtrante per la separazione delle ceneri (11). Il sistema filtrante può essere costituito da un precipitatore elettrostatico o da una batteria di filtri a manica.

1. Discutere se convenga utilizzare come assorbente particelle di ossido di calcio idrato ($\rho_p=2400$ kg/m³) di diametro medio pari a 15 μm o 150 μm se l'obiettivo è quello di minimizzare il consumo di materiale assorbente necessario per ottenere il 98% di efficienza per l'abbattimento dell' SO_2 presente nei fumi. Dimensionare l'assorbitore (sezione del corpo e altezza) in modo che

- le particelle di materiale assorbente possano essere mantenute in sospensione;
- possa essere garantito un tempo di contatto tra particelle e fumi pari ad almeno 3 s

Indicare quindi la frazione volumetrica di assorbente che deve essere presente nell'assorbitore affinché possa essere garantita una efficienza di abbattimento per l' SO_2 presente nei fumi pari al 98%.

2. Identificare una configurazione standard di ciclone che permetta di minimizzare le perdite di carico e dimensionarlo per recuperare e riciclare il 99% delle particelle di materiale assorbente.

3. Valutare la distribuzione dimensionale delle polveri di cenere in uscita dal ciclone che devono essere trattate dal sistema di filtrazione finale.

4. Dimensionare un precipitatore elettrostatico (altezza, larghezza, lunghezza, differenza di potenziale da applicare) o un filtro a maniche (tipo di materiale filtrante, configurazione del filtro, sistema di pulizia, superficie filtrante) per ottenere il 99.8% di abbattimento totale per le emissioni di particolato. Assumere valori a piacere per i dati non assegnati e valutare le perdite di carico.

5. Valutare le perdite di carico globalmente attese sul sistema di trattamento fumi e la potenza del ventilatore che dovrebbe essere installato in estrazione prima della ciminiera.