

**Esame di Stato per l'Abilitazione all'Esercizio della Professione di
Ingegnere Magistrale
II Sessione – 14 Novembre 2025**

Settore Civile-Ambientale

I Prova scritta

Il candidato scelga tra i seguenti temi:

TEMA 1

Il candidato descriva i principi fondamentali dell'analisi statica lineare e dell'analisi dinamica lineare nella progettazione strutturale antisismica, mettendo in evidenza i presupposti teorici, le ipotesi di applicabilità e le differenze nei risultati ottenuti. Si illustri in particolare il concetto di analisi modale, precisando il significato dei modi propri di vibrare, delle frequenze naturali, e la modalità con cui si combinano le risposte modali per determinare l'azione sismica di progetto.

TEMA 2

Il candidato illustri in termini generali e con riferimento al quadro normativo vigente i compiti e le responsabilità delle principali figure professionali coinvolte nel processo edilizio: il progettista, il direttore dei lavori, il coordinatore per la sicurezza, il collaudatore.

Il candidato può soffermarsi, per esempio, sulle funzioni svolte da ciascuna figura professionale nelle diverse fasi del processo edilizio (dal progetto alla verifica della regolare esecuzione), sugli elaborati che è tenuto a produrre, sui doveri, sulle responsabilità civili e penali, sui rapporti reciproci, con la committenza e con l'impresa, nonché sugli aspetti deontologici e professionali. Può, ulteriormente, evidenziare come i loro ruoli, integrati reciprocamente, concorrano alla corretta esecuzione, alla sicurezza e alla qualità dell'opera edilizia. Ovviamente, il candidato potrà toccare qualsiasi altro aspetto che ritenesse degno di nota.

**Esame di Stato per l'Abilitazione all'Esercizio della Professione di
Ingegnere Magistrale
II Sessione – 14 Novembre 2025**

Settore Industriale

I Prova scritta

Il candidato svolga uno dei seguenti temi:

TEMA 1

Il candidato analizzi le principali strategie per la decarbonizzazione dei processi industriali tramite elettrificazione e integrazione di fonti rinnovabili, con riferimento a pompe di calore, sistemi di accumulo e impianti fotovoltaici/solari termici.

Si illustrino i principi di funzionamento, le configurazioni possibili e i rendimenti globali, discutendo le problematiche di flessibilità, gestione dei carichi e stabilità dei sistemi ibridi.

Infine, si valuti criticamente l'impatto ambientale e il contributo di tali soluzioni agli obiettivi di neutralità climatica rispetto a impianti convenzionali a combustibili fossili.

TEMA 2

Il ruolo dell'ingegnere industriale nella transizione ecologica: tecnologie, processi e responsabilità professionale verso uno sviluppo sostenibile degli impianti industriali.

TEMA 3

Nell'ambito della progettazione meccanica, il calcolo strutturale moderno si fonda sempre più sul concetto di *stato limite*, sostituendo progressivamente l'approccio tradizionale basato sul *coefficiente di sicurezza* (o tensione ammissibile).

Il candidato illustri le principali caratteristiche e differenze tra questi due metodi progettuali, evidenziando come l'introduzione di criteri statistici nella valutazione delle resistenze dei materiali e delle sollecitazioni agenti consenta una progettazione più razionale e affidabile.

A supporto della discussione, il candidato fornisca esempi riferiti a diverse tipologie di carico — statico, a fatica, dinamico e di origine ambientale — mettendo in evidenza i vantaggi dell'approccio statistico nella previsione del comportamento strutturale e nella gestione del rischio di collasso o cedimento.

TEMA 4

I processi di taglio e sagomatura delle lamiere metalliche in carpenteria.

* Il candidato **prediliga** la corretta esposizione tecnica degli aspetti menzionati, la strutturazione delle argomentazioni e il loro collegamento logico **piuttosto** che la quantità delle informazioni da trasferire.

TEMA 5

Esamina il ruolo dell'Ingegnere Medico Magistrale in ambito sanitario, sottolineando come le sue competenze ingegneristiche siano integrate con quelle mediche e come questa integrazione sia cruciale per affrontare le sfide moderne in medicina. Discuti inoltre come l'Ingegnere Medico possa contribuire all'evoluzione dei dispositivi medici e delle tecnologie sanitarie, in particolare in relazione all'adozione e all'implementazione di soluzioni basate sull'intelligenza artificiale. Fornisci un esempio pratico di applicazione in un contesto clinico.

**Esame di Stato per l'Abilitazione all'Esercizio della Professione di
Ingegnere Magistrale
II Sessione – 14 Novembre 2025**

Settore dell'Informazione

I Prova scritta

Il candidato svolga uno dei seguenti temi:

TEMA 1

Il rapido sviluppo dell'intelligenza artificiale è stato reso possibile anche grazie ai significativi progressi dell'ingegneria elettronica, che ha fornito le basi hardware, i dispositivi e le architetture necessarie per l'elaborazione massiva dei dati e l'implementazione efficiente degli algoritmi di apprendimento.

L'evoluzione di dispositivi elettronici quali sensori intelligenti, ASIC, System on Chip (SoC), FPGA e GPU ha infatti permesso di tradurre in realtà molte delle applicazioni che oggi caratterizzano l'AI in ambito industriale, biomedicale e nei sistemi embedded.

Il candidato analizzi e discuta il ruolo dell'ingegneria elettronica nello sviluppo e nella diffusione delle tecnologie per l'intelligenza artificiale.

TEMA 2

Si descrivano le principali attività e le relative metodologie che caratterizzano il ciclo di vita di un sistema software, dalla specifica iniziale dei requisiti fino alla manutenzione evolutiva. Si approfondiscano brevemente le tecniche e gli strumenti disponibili per ciascuna fase. Si utilizzi, per esemplificare la discussione, un caso applicativo concreto scelto dal candidato, mettendo in evidenza gli aspetti critici e le sfide principali affrontate durante le diverse attività del processo di sviluppo.

**Esame di Stato per l'Abilitazione all'Esercizio della Professione di
Ingegnere Magistrale
II Sessione – 3 Dicembre 2025**

Settore Civile-Ambientale

II Prova scritta – Ingegneria Civile

Il candidato organizzi una relazione di calcolo per il progetto di un edificio per civile abitazione in cemento armato a tre piani, con estensione in pianta pari a $10\text{ m} \times 20\text{ m}$. Oltre ai carichi verticali, si considerino le azioni orizzontali dovute al sisma, illustrando i criteri di analisi e di verifica agli stati limite ultimi.

**Esame di Stato per l'Abilitazione all'Esercizio della Professione di
Ingegnere Magistrale
II Sessione – 3 Dicembre 2025**

Settore Civile-Ambientale

II Prova scritta – Ingegneria e Tecniche del Costruire/Ingegneria Edile-Architettura

Il candidato esponga i criteri generali di progettazione di un mercato coperto da costruirsi alla periferia di un grande centro urbano.

Il candidato, servendosi di schemi grafici esemplificativi e di brevi testi che servano a illustrare tali criteri, consideri i seguenti aspetti, per ciascuno dei quali sono suggeriti alcuni punti che potrà sviluppare a sua discrezione:

▪ **aspetti funzionali e distributivi:**

criteri di organizzazione degli spazi di vendita (banchi, box, depositi delle merci, servizi igienici, locali per il personale, eventuali aree di ristorazione leggera); separazione dei percorsi degli utenti e degli addetti (carico e scarico delle merci, smaltimento dei rifiuti, uscite di emergenza); inserimento urbanistico, collegamenti viari, spazi pedonali e aree di sosta;

▪ **aspetti strutturali e statici:**

criteri di scelta della tipologia strutturale (ossature in acciaio, in cemento armato, in legno; strutture miste); definizione degli schemi statici della copertura (telai, archi, travature reticolari) e criteri di dimensionamento geometrico in relazione alle esigenze di flessibilità d'uso;

▪ **aspetti costruttivi:**

criteri di scelta dell'involucro edilizio e delle coperture (lucernari, pensiline); materiali e finiture atti a garantire facilità di pulizia, sicurezza e durata;

▪ **aspetti impiantistici:**

impianti idrico-sanitari, di smaltimento rifiuti e di raccolta delle acque piovane; impianti elettrici e d'illuminazione; impianti di climatizzazione; sistemi di sicurezza e di controllo (antincendio, videosorveglianza, diffusione sonora); integrazione con gli altri elementi edilizi; sostenibilità ambientale (uso della luce naturale, sistemi di ombreggiamento e di ventilazione naturale, gestione delle acque meteoriche, impiego di materiali ecocompatibili);

▪ **aspetti nell'ambito della sicurezza:**

sicurezza antincendio e vie di esodo; accessibilità per persone con disabilità; conformità alle norme igienico-sanitarie.

Si precisa che il candidato non dovrà disegnare un edificio di forma specifica, ma dovrà individuare e rappresentare, con parole e con schemi esplicativi, le soluzioni che il progettista potrebbe adottare e tra le quali opererà la scelta durante le successive fasi della progettazione vera e propria. Perciò, il candidato, nello svolgere il tema, privilegerà l'uso di schizzi, di disegni schematici (in pianta, in sezione ecc.), di diagrammi funzionali, di schemi distributivi ecc. che illustrino tali soluzioni, mentre limiterà le descrizioni a brevi testi esplicativi complementari.

**Esame di Stato per l'Abilitazione all'Esercizio della Professione di
Ingegnere Magistrale
II Sessione – 3 Dicembre 2025**

Settore Industriale

II Prova scritta – Ingegneria Energetica

Il candidato analizzi il funzionamento di un sistema a compressione di vapore operante come pompa di calore industriale per la fornitura di calore di processo (120–180 °C), illustrandone la configurazione impiantistica e il ciclo termodinamico sul piano $p-h$ o $T-s$.

Si discutano gli effetti delle temperature di evaporazione e condensazione sulle prestazioni del ciclo, valutando il lavoro specifico del compressore, la potenza assorbita e la variazione del COP in funzione del salto termico richiesto.

Il candidato evidenzi il ruolo delle tecnologie avanzate di compressione (scroll, vite, turbocompressori oil-free) e delle soluzioni di refrigerante a basso GWP (HFO, CO₂, NH₃) nel migliorare efficienza e sostenibilità ambientale.

Infine, si richiede una riflessione tecnica e progettuale sulle implicazioni della scelta del fluido e delle temperature operative in ottica di decarbonizzazione, confrontando le prestazioni della pompa di calore con quelle di un sistema convenzionale a caldaia a gas in termini di efficienza, emissioni e compatibilità con gli obiettivi europei di transizione energetica.

**Esame di Stato per l'Abilitazione all'Esercizio della Professione di
Ingegnere Magistrale
II Sessione – 3 Dicembre 2025**

Settore Industriale

II Prova scritta – Ingegneria Gestionale

Il candidato illustri i principi generali, l'approccio metodologico e gli strumenti che utilizzerebbe per valutare e ottimizzare i flussi logistici interni di uno stabilimento produttivo di piccole dimensioni nell'ottica di un aumento dei volumi produttivi.

**Esame di Stato per l'Abilitazione all'Esercizio della Professione di
Ingegnere Magistrale
II Sessione – 3 Dicembre 2025**

Settore Industriale

II Prova scritta – Ingegneria meccanica (Costruzione di macchine)

Il candidato descriva in modo completo e ordinato l'intero iter progettuale di un riduttore meccanico di potenza a più stadi, riferendosi a un caso applicativo reale scelto a piacere.

Nella trattazione, il candidato dovrà illustrare:

- le fasi principali del processo di progettazione, con riferimento ai vari componenti del riduttore multistadio;
- le possibili specifiche di funzionamento, motivate in relazione all'applicazione selezionata;
- le verifiche strutturali e funzionali da eseguire, indicando i principi di progettazione adottati e le norme tecniche o direttive applicabili (armonizzate, europee o nazionali);
- le modalità di redazione del disegno tecnico, specificando le informazioni necessarie per la costruzione, l'assemblaggio e il collaudo del riduttore.

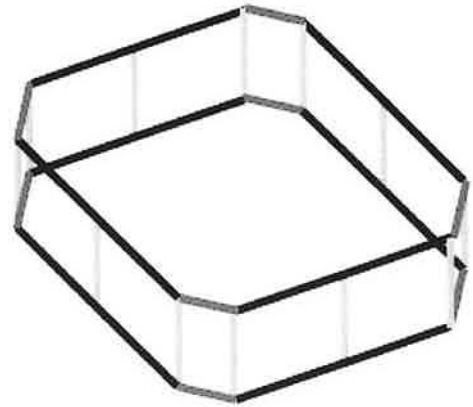
**Esame di Stato per l'Abilitazione all'Esercizio della Professione di
Ingegnere Magistrale
II Sessione – 3 Dicembre 2025**

Settore Industriale

II Prova scritta – Ingegneria meccanica (Tecnologie e sistemi di lavorazione)

Redazione di una relazione tecnica:

Il Sig. Cavea, Amministratore Unico della società denominata Materitura srl, ha necessità di produrre 500 gabbie metalliche. I suoi progettisti hanno proposto di realizzare ogni singola gabbia utilizzando elementi tubolari di acciaio a basso tenore di carbonio, tutti con diametro pari a 30 mm e spessore di 2 mm. Secondo questo progetto, una singola gabbia necessita di 8 elementi di 800 mm di lunghezza, altri 8 di 300 mm e, infine, 12 di 400 mm, tutti da sagomare preliminarmente alle operazioni di saldatura. Stando a tale progetto, il Sig. Cavea ha già individuato un'azienda che può fornire tali tubi nella lunghezza di 6 m. A questo punto vi contatta e vi commissiona una relazione che indichi quanti tubi siano necessari e in quale modo questi tubi possano essere tagliati, ortogonalmente all'asse, con una tolleranza sulla lunghezza finale di ± 1 mm. Non sarà vostra cura preoccuparvi dell'operazione di sagomatura e saldatura. Preparare tale relazione fornendo i dati richiesti e un confronto tra le diverse soluzioni di taglio, comparando qualità, tempi e costi di produzione. Per ogni soluzione proposta, si preveda una piccola descrizione dei meccanismi di taglio e dei difetti che si possono generare oltre ai metodi per evidenziarli e mitigarli.



***Particolare attenzione** sia fatta alla strutturazione dell'elaborato perché corrisponda a una reale **relazione tecnica** e non ad una mera dissertazione.

**Esame di Stato per l'Abilitazione all'Esercizio della Professione di
Ingegnere Magistrale
II Sessione – 3 Dicembre 2025**

Settore Industriale

II Prova scritta – Ingegneria Medica

Il candidato descriva nel dettaglio uno strumento diagnostico basato su imaging (ecografo, radiografo, risonanza magnetica, etc.). Nello specifico, svolgere i seguenti punti:

- Schema a blocchi dell'apparato
- Principio di funzionamento/acquisizione
- Caratteristiche metrologiche (risoluzione spaziale e di pixel) e rispettive limitazioni
- Potenziale diagnostico (quale tipologia di indagine)
- Algoritmi di *data analysis* possibili
- Meccanismi di protezione dell'utilizzatore e del paziente, ove necessari.

**Esame di Stato per l'Abilitazione all'Esercizio della Professione di
Ingegnere Magistrale
II Sessione – 3 Dicembre 2025**

Settore dell'Informazione

II Prova scritta - Ingegneria Elettronica

Il/La candidato/a illustri, avvalendosi anche di schemi circuitali e diagrammi a blocchi, i principi di funzionamento dei filtri analogici e digitali, evidenziandone differenze, limiti e pregi rispettivi. Discutere inoltre le possibili soluzioni di implementazione hardware e i principali campi di utilizzo nei sistemi di acquisizione ed elaborazione dei segnali.

**Esame di Stato per l'Abilitazione all'Esercizio della Professione di
Ingegnere Magistrale
II Sessione – 3 Dicembre 2025**

Settore dell'Informazione

II Prova scritta – Ingegneria Informatica

Il candidato illustri brevemente il ruolo delle metriche software nello sviluppo del software, chiarendo la differenza tra metriche di prodotto e di processo. Si faccia riferimento ad almeno una metrica di prodotto, e.g., LOC o Function Point, ed una di processo, e.g., tasso di difetti o produttività, analizzandone brevemente scopo, applicabilità e limiti.

**Esame di Stato per l'Abilitazione all'Esercizio della Professione di
Ingegnere Magistrale
II Sessione – 14 gennaio 2026
Settore Civile-Ambientale**

Prova progettuale – Ingegneria Civile

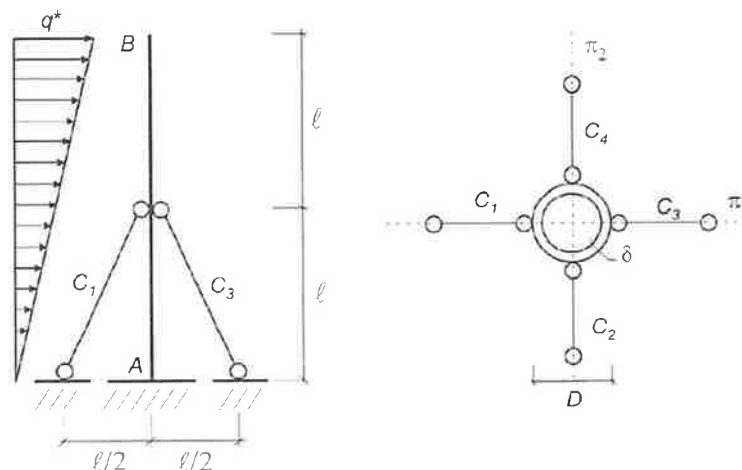
Si consideri un palo di sostegno per antenne di telecomunicazione, realizzato con sezione circolare tubolare, di diametro esterno D e spessore δ , incastrato alla base nel punto A . Il palo, di altezza complessiva ℓ , è controventato mediante quattro stralli C_i ($i = 1, \dots, 4$), disposti simmetricamente secondo lo schema statico assegnato e ancorati al terreno. Gli stralli sono collegati al palo a quota intermedia e possono essere modellati come aste tese elastiche, incernierate alle estremità, con area di sezione resistente A_c . Si assuma comportamento elastico lineare sia per il palo sia per gli stralli. L'azione del vento agente sul palo è schematizzata mediante un carico distribuito orizzontale con andamento lineare in funzione della quota, nullo alla base e massimo pari a q^* in sommità. Si considerino separatamente i due piani principali di massima probabilità di occorrenza del vento, indicati con π_1 e π_2 .

Si richiede di:

1. impostare il modello strutturale completo del sistema palo-stralli;
 2. determinare le azioni interne sul palo e sugli stralli;
 3. dimensionare il palo agli stati limite ultimi;
 4. dimensionare gli stralli in base alla massima trazione agente;
 5. verificare il sistema allo stato limite di esercizio imponendo $u_B \leq \ell/50$;
 6. discutere l'influenza degli stralli sulla rigidezza globale del sistema.
- Si assuma un coefficiente globale di sicurezza non inferiore a 1,5.

DATI:

$\ell = 5 \text{ m}$
 $q^* = 150 \text{ N/m}$
 $E_p = 210 \text{ GPa}$
 $E_c = 245 \text{ GPa}$
 $\sigma_{sp} = 260 \text{ MPa}$
 $\sigma_{sc} = 330 \text{ MPa}$



**Esame di Stato per l'Abilitazione all'Esercizio della Professione di
Ingegnere Magistrale
II Sessione – 14 gennaio 2026**

Settore Civile-Ambientale

Prova progettuale – Ingegneria e Tecniche del Costruire/Ingegneria Edile-Architettura

Il candidato progetti un edificio destinato a mercato di generi alimentari posto in un lotto pianeggiante di una zona residenziale di una grande città.

La forma dell'edificio, l'orientamento e la sua posizione nel lotto sono a scelta del candidato, così come la forma e l'estensione del lotto, che dovrà costeggiare la strada carrabile di accesso.

La distribuzione interna e le funzioni del mercato sono a discrezione del candidato, purché il mercato, preferibilmente a un solo piano, contenga almeno 40 postazioni di vendita con i necessari servizi destinati sia ai venditori che agli acquirenti (carico e scarico delle merci, depositi, locali per il personale, locali tecnici, servizi igienici ecc.).

La struttura portante sia preferibilmente a scheletro di cemento armato, a meno che non risulti più conveniente adottare un diverso sistema strutturale.

Sono richiesti i seguenti elaborati:

- 1) Planimetria generale schematica (scala 1:500) che riporti la posizione del mercato, la sistemazione delle aree libere del lotto (strade, parcheggi, aree verdi ecc.) e l'orientamento.
- 2) Pianta dell'edificio (scala 1:100). Nel disegno siano distinte graficamente le parti strutturali in cemento armato dalle parti non strutturali e siano riportate le misure principali.
- 3) Almeno due prospetti (scala 1:100).
- 4) Almeno una sezione significativa (scala 1:100) che metta in evidenza le caratteristiche della copertura (a falde piane orizzontali, a falde piane inclinate o a falde curve). Nel disegno siano distinte graficamente le parti strutturali in cemento armato dalle parti non strutturali e siano riportate le quote principali.
- 5) Uno o più dettagli costruttivi (scale 1:20 o 1:10), anche disegnati a mano libera, che rappresentino almeno le caratteristiche delle pareti di tamponamento (con i relativi serramenti) e dei solai (di pianoterra e di copertura) impiegati.
- 6) Relazione sintetica che illustri le scelte architettoniche, funzionali (con particolare riferimento al coefficiente di affollamento – lavoratori e pubblico), costruttive, strutturali, impiantistiche, della sicurezza antincendio, ecc.

**Esame di Stato per l'Abilitazione all'Esercizio della Professione di
Ingegnere Magistrale
II Sessione – 14 gennaio 2026**

Settore Industriale

Prova progettuale – Ingegneria Energetica

Con riferimento alla trattazione degli impianti per la produzione di calore e lavoro, di media potenzialità (>25 MWe), il candidato individui caratteristiche e specifiche tecniche di un impianto in assetto combinato-cogenerativo, alimentato con combustibile metano (CH₄), costituito da due gruppi turbogas (TG) – ciascuno di potenza nominale pari a 30.0 MW - che alimentano un ciclo a vapore sottoposto comprendente un generatore di vapore a recupero (GVR), a due livelli di pressione (HP e LP - opportunamente scelti in accordo con lo stato della tecnica), una turbina a vapore (TV) composta da due tronchi (HP_TV e LP_TV), e infine un condensatore raffreddato ad aria, operante ad una pressione nominale di 0.12 bar. Il degassatore è alimentato con vapore di flash spillato dalla TV, la cui portata di degasaggio deve essere valutata, in relazione alla pressione, e al tronco di turbina preso in esame.

Si consideri la portata di vapore per la cogenerazione, estratta alla pressione di 8 bar e pari al 25% della portata totale del vapore prodotto. Il candidato scelga la configurazione ottimale per il caso specifico.

Il candidato rappresenti lo schema d'impianto della configurazione proposta, ottimizzando la disposizione dei banchi tubieri, in relazione ai livelli di pressione indicati, le trasformazioni termodinamiche relative alla TG e alla TV, e il profilo di temperature, lato gas e lato vapore, relativo allo scambio termico del GVR.

Assumendo i valori delle grandezze e dei parametri necessari in accordo con lo stato dell'arte, si valutino le prestazioni nominali dei singoli componenti (TG, GVR, TV) e del ciclo combinato nel suo complesso, con particolare riferimento alle seguenti grandezze:

- portata di vapore producibile, e relativa potenza complessiva prodotta dalla TV
- portata di vapore per il processo di cogenerazione, e la potenza termica ceduta al processo
- portata dei gas combusti allo scarico delle TG
- portata di metano (CH₄), portata di aria di raffreddamento al condensatore considerando profili di temperatura adeguati
- temperatura dei gas combusti allo scarico della TG e al camino del GVR
- potenza del ciclo combinato, rendimento del ciclo combinato, efficienza del GVR e il fattore di emissione, espresso in [kgCO₂/kWh]

Il candidato proceda, infine, al dimensionamento di massima di uno dei banchi del GVR, assumendo quantità globali per lo scambio termico e trascurando lo spessore dei tubi, ma considerando banchi alettati.

**Esame di Stato per l'Abilitazione all'Esercizio della Professione di
Ingegnere Magistrale
II Sessione – 14 gennaio 2026**

Settore Industriale

Prova progettuale – Ingegneria Gestionale (Impianti Industriali)

Si deve effettuare il primo dimensionamento di uno stabilimento per il confezionamento di prodotti alimentari secchi (es. legumi) destinati alla grande distribuzione organizzata (GDO).

Lo stabilimento dovrà ricevere la merce sfusa tramite camion, stoccarla temporaneamente in silos interni e provvedere, successivamente, al confezionamento in diversi formati. I prodotti confezionati verranno quindi etichettati, pallettizzati, stoccati e preparati alla spedizione.

I volumi di prodotto da confezionare nei diversi formati sono riportati nella tabella I.

Le operazioni e le fasi produttive principali sono elencate nella Tabella I, con i relativi macchinari e tempi ciclo. Le caratteristiche tecniche dei macchinari sono fornite nella tabella II.

Le sequenze di operazioni necessarie sono riportate nella tabella II, insieme ai macchinari richiesti per la loro esecuzione ed ai tempi ciclo teorici.

Le informazioni relative ai macchinari da utilizzare per la realizzazione dei cicli stessi sono riportate nella tabella III.

Si tenga inoltre conto delle seguenti informazioni di carattere generale:

- Attività su 220 giorni/anno, 5 giorni/settimana, 8 h per turno (1 o 2 turni)
- Costo aziendale della manodopera: 30.000 €/anno per addetto
- Possibilità di utilizzo di personale stagionale, con costo +30% e impegno minimo 1 mese (1 turno/giorno)
- Costo medio della materia prima: 1 €/kg prodotto

Il candidato, formulando delle ipotesi coerenti per le informazioni mancanti, effettui il dimensionamento di massima dello stabilimento, il quale dovrà comprendere:

- La scelta del tipo di layout più adeguato alla produzione e la rappresentazione di massima dello stesso (disposizione su una pianta rettangolare di proporzioni 1:2);
- La scelta del numero di turni di lavoro (eventualmente differenziabile nell'arco dell'anno) e l'eventuale ricorso a personale temporaneo;
- La determinazione del numero di macchinari per ciascuna fase e la definizione di eventuali buffer di disaccoppiamento tra le fasi;
- La determinazione del numero di addetti totali alla produzione;
- La scelta dei sistemi di movimentazione interna dei materiali (dai silos al magazzino prodotti finiti);
- La stima del costo annuale di esercizio (comprensivo degli ammortamenti dei mezzi di produzione, dei costi del fabbricato e degli altri costi riportati in tab. IV).

TABELLE ALLEGATE

Tabella I – Volumi da lavorare e formati di confezionamento

VOLUMI DA LAVORARE (kg/mese)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
300.000	300.000	300.000	300.000	300.000	300.000	300.000	300.000	300.000	400.000	400.000	300.000

Il volume di produzione mensile è suddiviso in tre formati principali:

- F1: 50% della produzione
- F2: 30% della produzione
- F3: 20% della produzione

CARATTERISTICHE DEI FORMATI DI CONFEZIONAMENTO

<i>Formato</i>	<i>Confezionamento primario</i>	<i>Confezionamento secondario</i>	<i>Confezionamento terziario</i>
F1	Sacchetto da 0,5 kg	Scatola da 20 sacchetti	Pallet da 30 scatole
F2	Sacchetto da 1 kg	Scatola da 10 sacchetti	Pallet da 30 scatole
F3	Sacco da 5 kg	Scatola da 4 sacchi	Pallet da 16 scatole

Tabella II – Processo produttivo

<i>Id</i>	<i>Fase</i>	<i>Tipo Macchina</i>	<i>TC</i>
A	Ricevimento e stoccaggio	Sistema di trasporto pneumatico e Silos	---
B	Dosaggio e confezionamento	Confezionatrice	F1: 0,05 min/conf. F2: 0,07 min/conf. F3: 0,1 min/conf.
C	Etichettatura	Etichettatrice	0,03 min/conf.
D	Inscatolamento	Inscatolatrice	F1: 0,4 min/scatola F2: 0,5 min/scatola F3: 0,7 min/scatola
E	Pallettizzazione	Robot Pallettizzatore	1 min/pallet
F	Avvolgimento	Avvolgitrice	1 min/pallet
G	Stoccaggio e spedizione	Magazzino a scaffali e sistema di trasporto da definire	---

A. Ricevimento e stoccaggio del prodotto sfuso:

Il prodotto arriverà in camion cisterna. Verrà scaricato e trasferito per lo stoccaggio in silos interni tramite sistema di trasporto pneumatico. Questa fase includerà separazione di sostanze estranee, controlli qualità e tracciabilità lotti.

B. Dosaggio e confezionamento:

Il prodotto viene dosato con precisione e confezionato nei diversi formati tramite confezionatrici automatiche. La chiusura avviene con saldatura termica.

C. Etichettatura:

Le confezioni passano all'etichettatrice che applica etichette con lotto, scadenza, codice a barre e altre informazioni di tracciabilità.

D. Inscatolamento

Dopo la fase di etichettatura, le confezioni dovranno essere inscatolate. La macchina inscatolatrice automatica riceve le confezioni, le orienta e le impila nel numero previsto per ciascun formato (si veda tab.I). Una volta raggiunto il numero desiderato, la macchina chiude automaticamente la scatola con colla a caldo o nastro adesivo industriale.

E. Pallettizzazione:

Le scatole andranno quindi raggruppate e disposte su pallet tramite robot pallettizzatore secondo uno schema di carico ottimizzato per la stabilità e il trasporto (si veda tab. I).

F. Avvolgimento pallet:

I pallet dovranno essere quindi fasciati con film estensibile da un'avvolgitrice automatica per garantire stabilità e protezione.

G. Spedizione:

I pallet finiti verranno trasferiti nel magazzino prodotti finiti e successivamente caricati su camion per la spedizione ai clienti.

Tabella III– Tabella macchine

Id	Tipo Macchina	Manodopera	Ingombro	Costo Macchina e attrezzature (€)
A	Sistema di trasporto pneumatico e Silos	1	n.a.	90.000
B	Confezionatrice	1 x macchina	2m x 3m	60.000
C	Etichettatrice	1 x macchina	1m x 2m	25.000
D	Inscatolatrice	1 x macchina	2m x 3m	45.000
E	Robot Pallettizzatore	1 x macchina	3m x 4m	80.000
F	Avvolgitrice	---	2m x 2m	30.000

*: si considerino i costi di acquisto e installazione ammortizzabili in 5 anni

Si considerino inoltre 1 magazziniere e 1 manutentore per ogni turno di lavoro.

Setup

Le confezionatrici e le inscatolatrici nel caso in cui non siano dedicate alla lavorazione di un solo formato, richiederanno operazioni di riattrezzaggio (es. cambio formato) con un tempo stimato di 30 minuti a settimana (5gg) per macchina.

Guasti

Per ogni macchinario si assuma un tempo medio di funzionamento tra due guasti successivi pari a 94 ore ed un tempo medio totale per il ripristino del funzionamento pari a 6 ore.

Microfermate e rallentamenti

Per ogni macchinario si possono assumere perdite di efficienza per microfermate nelle operazioni dovute ai macchinari pari al 10% del tempo operativo;

Per ogni stazione di lavoro si possono assumere perdite di efficienza per rallentamenti nelle operazioni dovute agli operatori pari al 5% del tempo operativo;

Scarti e rilavorazioni

Si assuma che la fase di cernita potrà produrre scarti pari al 3% del prodotto lavorato.

Tabella IV – Costi

Fabbricato, Terreno ed Edifici

Si includa sotto tale voce il capannone contenente le unità produttive, il terreno (8 volte il capannone), la palazzina uffici-servizi (1/6 le dimensioni del fabbricato) e le opere di urbanizzazione necessarie (1/10 del costo totale).

La tabella seguente riporta i costi e il periodo di ammortamento:

Voce/Costo	€/m²	Anni
Terreno	25	30
Opere di urbanizzazione	n.a.	15
Fabbricato	270	15
Palazzina	1.000	15

Impianti generali

Il costo degli altri impianti è rapportato al metro quadro di capannone industriale.

Impianto	Costo	Anni ammortamento
Impianti generali (riscaldamento, illuminazione, f.e.m., acqua industriale e potabile, aria compressa)	80 €/m ²	5
Sistemi di movimentazione (per impianto pneumatico considerare costo in tabella)	50 €/m ²	5
Altro (portoni, scaffalature, ecc.)	100.000 €	5

Il costo annuo di manutenzione può essere valutato come il 5% del costo di acquisto di macchinari e impianti.

Altri costi (film plastico, etichette, colla, scatole, servomezzi energetici, ecc.)

Si consideri un costo di 0,3 €/kg di prodotto confezionato.

**Esame di Stato per l'Abilitazione all'Esercizio della Professione di
Ingegnere Magistrale
II Sessione – 14 gennaio 2026**

Settore Industriale

Prova progettuale – Ingegneria meccanica (Meccanica fredda)

Si dimensiona un riduttore meccanico di velocità ad uno stadio a ruote elicoidali ed assi paralleli per la movimentazione di un tritatore mescolatore per frazione organica. Il riduttore è mosso da un motore elettrico asincrono trifase a 4 poli.

Si realizzi il progetto del suddetto riduttore eseguendo, in particolare:

- il dimensionamento della dentatura con i criteri definiti dalla normativa di riferimento;
- la scelta ed il dimensionamento del tipo di calettamento delle ruote sugli alberi;
- il dimensionamento dell'albero di uscita del riduttore;
- il dimensionamento dei cuscinetti dell'albero in uscita.
- la stima della velocità critica torsionale del riduttore.
- la stima della prima velocità critica flessionale dei due alberi
- un disegno meccanico dell'albero di uscita del riduttore e della ruota condotta con le indicazioni per la costruzione ed il collaudo.

Si forniscano indicazioni progettuali per la scelta di:

- modalità di collegamento meccanico con il motore.
- modalità di collegamento meccanico con l'utilizzatore.

Sono forniti i seguenti dati:

- $P = 40 \text{ kW}$ (potenza richiesta all'utilizzatore)
- $n_{\text{out}} = 250 \text{ giri/min}$ (velocità angolare in uscita dal riduttore)
- $\alpha = 20^\circ$ (angolo d'elica dentatura)
- durata del riduttore: 20000 h

Gli eventuali ulteriori dati necessari al progetto vengano assunti e motivati opportunamente.

**Esame di Stato per l'Abilitazione all'Esercizio della Professione di
Ingegnere Magistrale
II Sessione – 14 gennaio 2026**

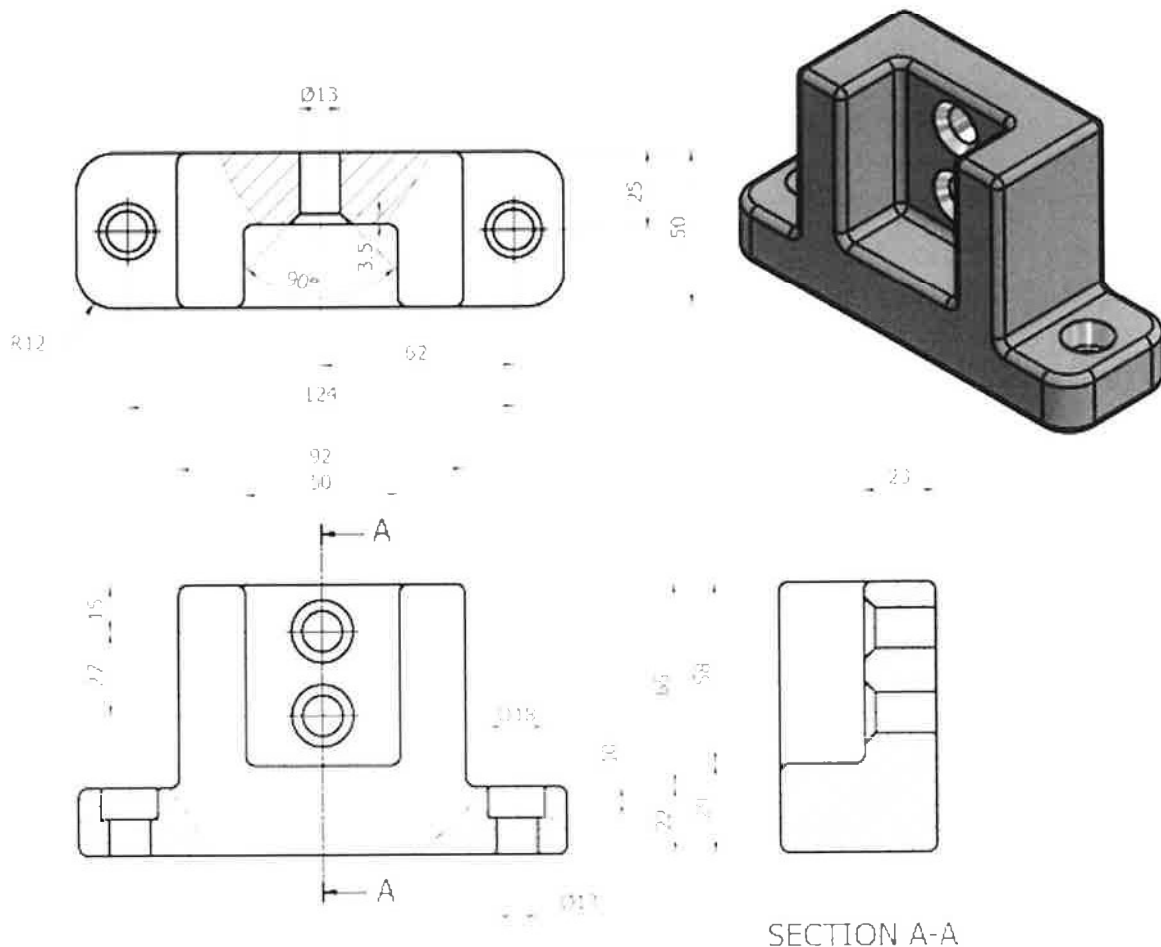
Settore Industriale

Prova progettuale – Ingegneria Meccanica (Tecnologie e sistemi di Lavorazione)

L'imprenditore Primo Stanco, della CopioRiCopio SRL, recupera dalla rete il disegno costruttivo di un supporto in acciaio (<https://it.pinterest.com/pin/433260426644914861/>). Tale pezzo sembra adattarsi perfettamente per un suo cliente ma deve poterlo produrre in acciaio (C35, $R_m=500$ MPa) su larga scala, mediante un processo di fabbricazione di fonderia in terra e successiva asportazione di truciolo. Nessuna delle superfici deve essere lasciata grezza. In particolare, l'imprenditore della CRC richiede di:

1. Progettare il getto di fonderia prevedendo il numero ottimale di cavità;
2. Progettare il ciclo di lavorazione alle m.u. definendo le fasi e le sottofasi;
3. Dimensionare i singoli processi di lavorazione per asportazione di truciolo, definendo i parametri di taglio e calcolando forza di taglio, potenza e tempo di lavorazione;
4. Definire un possibile foglio di lavorazione
5. Fare una stima temporale per la consegna di 10.000 pezzi.

Si allegano tabelle utili al dimensionamento dei vari processi (la quotatura ed il disegno sono da considerare indicativi, assumere tutte le quote e i parametri eventualmente omessi).



Fonderia in terra

Valori dell'angolo di sfornatura

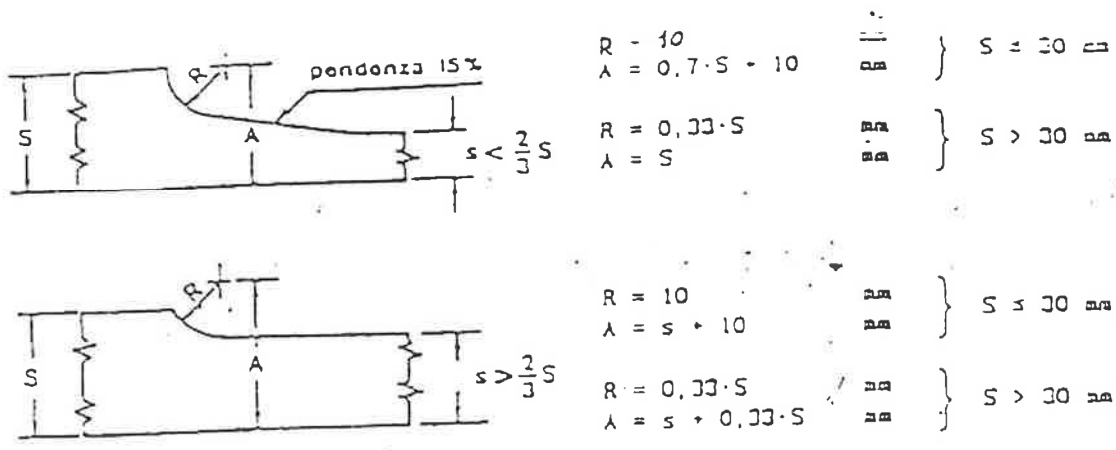
Altezza di parete		Angolo di sfornatura per modello	
oltre	fino a	sciolto min.	su placca min.
	5	8°	6°
5	10	6°30'	5°
10	18	5°	4°
18	30	4°	3°
30	50	3°	2°
50	120	2°	1°30'
120	250	1°30'	1°
250	500	1°	45'
500		da concordare	

Tabella 1

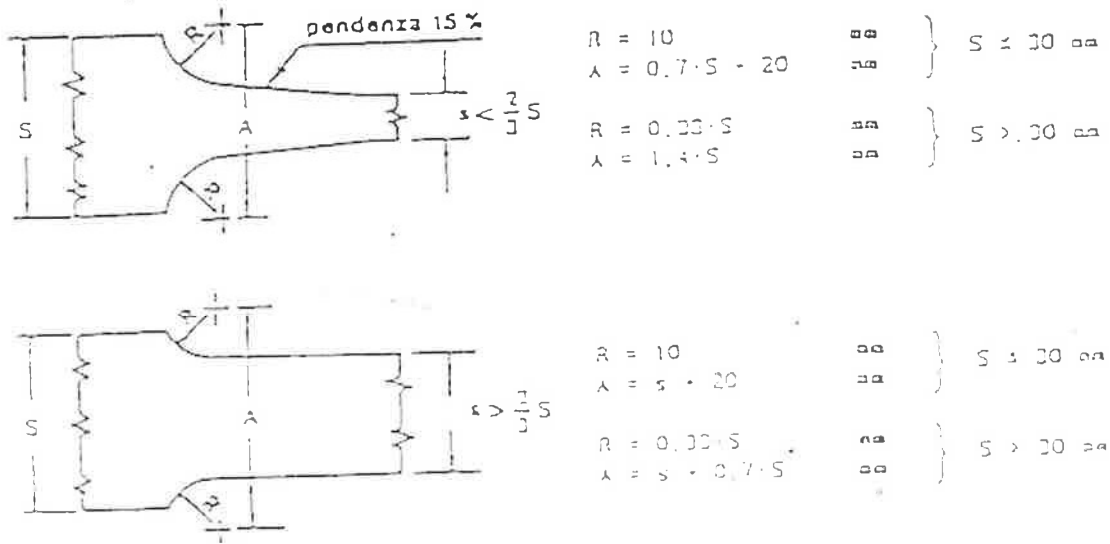
— Diametro minimo dei fori greggi di fusione in funzione della loro lunghezza e del tipo (passanti, ciechi)

DIAMETRO DEL FORO	FORO PASSANTE	FORO CIECO
$D < 2 S$	se $L \leq D$	se $L \leq D/2$
$2 S \leq D \leq 3 S$	se $L \leq 3 D$	se $L \leq 2 D$
$3 S < D$	L qualsiasi	L qualsiasi

Tabella 2



Raccordo fra pareti parallele di spessore differente e con una superficie in comune.



Raccordo fra pareti parallele di differente spessore senza una superficie in comune.

Caso	R^i	Caso	R		
			$s < 10$	$10 < s < 30$	$s > 30$
	$1,25 s$		s	10	$0,33 s$
	s		$0,75 s$	7,5	$0,25 s$
	$1,5 s$		$1,2 s$	12	$0,4 s$

Tabella 3

Sovrammetalli per getti di acciaio non legato colati in sabbia (UNI ~~6325-73~~)

Nella tabella UNI ~~6325-73~~ sono precisate le tolleranze dimensionali ed i sovrametalli per la lavorazione meccanica dei **getti di acciaio non legato** (UNI 3158-68), colati in sabbia. Le tolleranze dimensionali sono riferite alle **dimensioni lineari nominali** dei getti grezzi (per le quali non siano precisate nel disegno le tolleranze); per le superfici da sottoporre a lavorazione meccanica sono indicati i sovrametalli. Agli effetti delle **tolleranze dimensionali** e dei sovrametalli, si distinguono tre gradi di **precisione**, detti **A (tolleranza ampia, getti singoli)**, **B (tolleranza media, getti ripetuti)**, **C (tolleranza ristretta, getti di serie)**. Le tolleranze sono disposte a cavallo della linea dello zero; si tratta cioè di tolleranze bilaterali. Nelle tabelle che seguono sono riportate, per i tre gradi A, B, C, le tolleranze dimensionali ed i sovrametalli di precisione, limitatamente ai getti con massima dimensione nominale di 2500 mm. Per misure maggiori vedasi la tabella UNI 6325-73).

Tolleranze dimensionali in mm

Massima dimensione del getto grezzo mm	Dimensione nominale mm																							
	fino a 30 mm			oltre 30 fino a 180			oltre 180 fino a 315			oltre 315 fino a 500			oltre 500 fino a 800			oltre 800 fino a 1250			oltre 1250 fino a 1500			oltre 1500 fino a 2500		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
fino a 180	6	4	3	7	5	4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
oltre 180 fino a 500	7	5	4	8	5	5	10	5	6	14	9	7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
oltre 500 fino a 1250	8	5	5	9	6	6	11	7	7	15	9	8	18	11	9	20	13	—	—	—	—	—	—	—
oltre 1250 fino a 2500	9	6	5	10	7	7	12	8	8	16	10	9	20	12	10	22	14	11	25	15	—	30	17	—

Sovrammetalli nominali S_n in mm

Massima dimensione del getto grezzo mm	Dimensione nominale mm																							
	fino a 30 mm			oltre 30 fino a 180			oltre 180 fino a 315			oltre 315 fino a 500			oltre 500 fino a 800			oltre 800 fino a 1250			oltre 1250 fino a 1500			oltre 1500 fino a 2500		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
fino a 180	5	3	4	5	4	5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
oltre 180 fino a 500	6	4	5	7	5	5	8	5	6	10	7	7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
oltre 500 fino a 1250	7	5	5	8	6	6	9	7	7	11	8	8	12	9	8	13	10	—	—	—	—	—	—	—
oltre 1250 fino a 2500	8	7	6	9	8	7	10	9	8	12	10	9	13	11	9	14	12	10	15	13	—	17	14	—

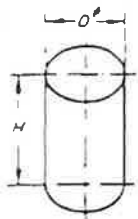
Le tolleranze dimensionali indicate nella relativa tabella devono essere suddivise in scostamenti asimmetrici rispettivamente del 60 e del 40%; per le dimensioni relative a superficie esterne, il 60% costituisce lo scostamento superiore ed il 40% quello inferiore; per le dimensioni relative a superficie interne, il 40% è lo scostamento superiore ed il 60% come scostamento inferiore.

Tabella 4

Materiale del getto	Ritiro %
Acciai non legati	1,80
Acciai legati (esclusi quelli al Mn, gli inossidabili e i refrattari)	1,80
Acciai al manganese	2,30
Acciai inossidabili ferritici	2,00
Acciai inossidabili austenitici	2,00
Acciai refrattari	2,00
Ghise grigie	1,00
Ghise a grafite sferoidale, perlitica	1,20
Ghise a grafite sferoidale, ferritica	0,50
Ghise austenitiche	2,00

Materiale del getto	Ritiro %
Ghise bianche	2,00
Ghise malleabili a cuore bianco	1,60
Ghise malleabili a cuore nero	0,50
Leghe di alluminio a basso silicio	1,15
Leghe di alluminio ad alto silicio	1,20
Leghe rame-stagno	1,50
Leghe rame-zinco	1,20
Leghe rame-stagno-zinco	1,30
Leghe rame-zinco (Mn, Fe, Al)	2,00
Leghe rame-alluminio (Ni, Fe, Mn)	1,90
Leghe di zinco	1,20
Leghe antiirruzione (metalli bianchi)	0,50

Tabella 5

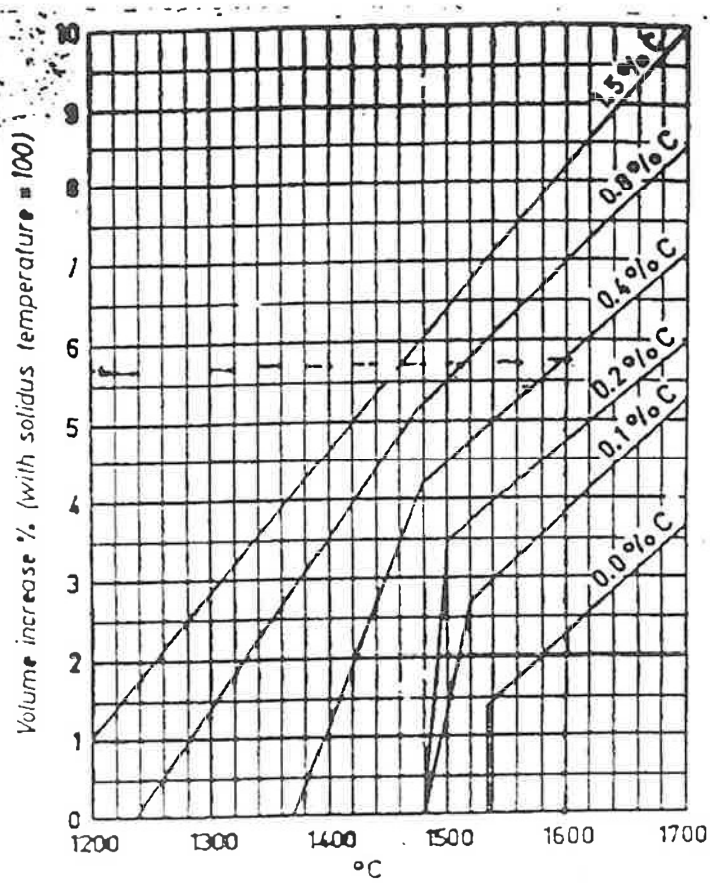


$$H = 1.5 D$$

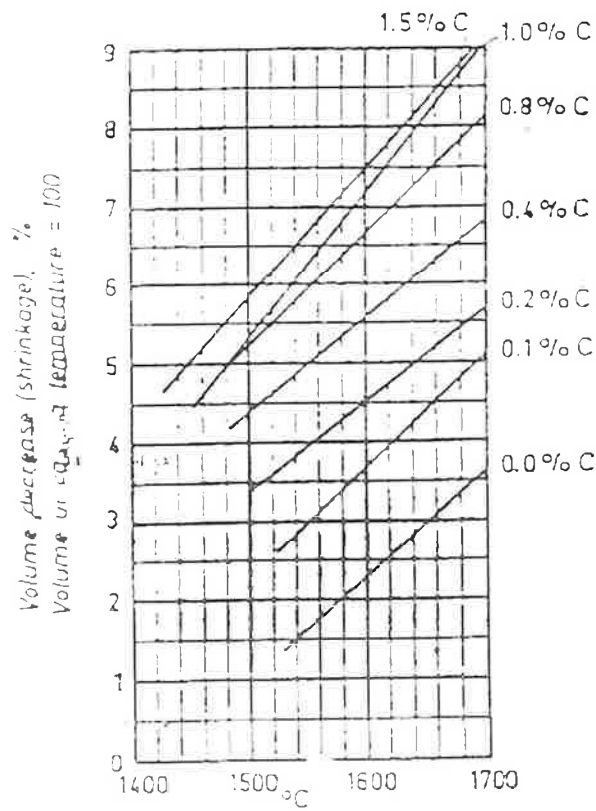
Tabella 6

Materozze cilindriche.

M, cm	D \varnothing mm	H mm	V cm ³	W kg/t	Massimo volume del getto alimentabile per un ritiro di:							
					4%		5%		6%		7%	
					V cm ³ /l.	W kg/t	V cm ³ /l.	W kg/t	V cm ³ /l.	W kg/t	V cm ³ /l.	W kg/t
0.5	27	40	24	0.17	74	0.47	43	0.34	33	0.26	24	0.19
0.6	32	48	40	0.27	100	0.78	72	0.56	54	0.43	40	0.31
0.7	38	57	62	0.42	135	1.20	112	0.87	84	0.65	62	0.49
0.8	43	65	93	0.63	230	1.84	167	1.30	126	0.98	93	0.73
0.9	48	72	131	0.90	330	2.58	236	1.85	177	1.37	131	1.02
1.0	54	81	180	1.22	450	3.52	324	2.54	244	1.90	180	1.41
1.1	59	89	239	1.63	600	4.70	430	3.33	324	2.55	239	1.85
1.2	64	96	315	2.14	790	6.20	570	4.45	425	3.33	315	2.46
1.3	70	105	400	2.72	1000	7.50	720	5.60	540	4.30	400	3.12
1.4	75	113	500	3.40	1300	10.00	900	7.0	680	5.30	500	3.90
1.5	80	120	610	4.15	1600	11.7	1100	8.6	830	6.50	610	4.76
1.6	86	130	740	5.0	1900	14.9	1300	10.0	1000	7.80	740	5.80
1.7	91	137	890	6.1	2200	17.2	1500	12.5	1100	9.30	890	7.00
1.8	96	144	1.0	6.8	2500	19.5	1800	14.0	1300	10.9	1.0	7.80
1.9	102	153	1.2	8.2	2800	23.5	2000	17.1	1500	12.5	1.2	9.35
2.0	107	160	1.5	10	3300	29.6	2300	21.0	1800	15.6	1.5	12.7
2.2	118	177	1.9	13	4000	36.7	2800	26.5	2100	20.2	1.9	14.3
2.4	128	192	2.5	17	4800	49.0	3400	35.1	2600	26.5	2.5	19.5
2.6	140	210	3.4	23	5600	66.5	4000	47.8	3100	36.0	3.4	26.5
2.8	150	225	4.0	27	6500	78.0	4600	56.2	3500	42.3	4.0	31.3
3.0	160	240	4.9	34	7500	93.0	5300	69.5	4000	52.3	4.9	38.3
3.2	172	258	5.8	40	8500	117	6000	86.0	4600	61.0	5.8	45.3
3.4	182	274	7.2	49	9500	141	6700	102	5100	76.0	7.2	56.2
3.6	192	288	8.5	58	10500	164	7400	117	5600	93	8.5	65.3
3.8	204	306	10	68	11500	195	8100	141	6100	109	10	78.0
4.0	214	320	12	82	12500	235	8800	172	6600	125	12	93.5
4.25	228	344	14	95	13500	273	9500	195	7100	148	14	109
4.50	240	360	16	109	14500	312	10200	226	7600	172	16	125
4.75	255	384	19	130	15500	375	10900	265	8100	203	19	148
5.0	266	400	22	150	16500	430	11600	312	8600	235	22	172
5.25	280	420	26	180	17500	510	12300	366	9100	274	26	203
5.50	294	440	30	205	18500	586	13000	422	9600	320	30	235
5.75	308	460	35	240	19500	686	13700	491	10100	366	35	273
6.0	320	480	39	270	20500	760	14400	548	10600	414	39	305
6.25	335	500	44	300	21500	860	15100	618	11100	470	44	343
6.50	347	520	50	340	22500	960	15800	705	11600	531	50	390
6.75	361	542	56	380	23500	1060	16500	780	12100	596	56	436
7.0	375	562	62	420	24500	1160	17200	875	12600	655	62	485
7.25	388	582	69	470	25500	1260	17900	970	13100	715	69	540
7.50	400	600	77	520	26500	1350	18600	1070	13600	775	77	600
7.75	415	625	84	570	27500	1450	19300	1170	14100	835	84	655
8.0	428	642	93	630	28500	1550	20000	1270	14600	895	93	713
8.25	440	660	103	700	29500	1650	20700	1370	15100	955	103	780
8.50	455	680	112	760	30500	1750	21400	1470	15600	1015	112	855
8.75	470	705	122	830	31500	1850	22100	1570	16100	1075	122	930
9.0	482	725	133	900	32500	1950	22800	1670	16600	1135	133	1000
9.25	495	742	143	960	33500	2050	23500	1770	17100	1195	143	1070
9.50	508	762	156	1030	34500	2150	24200	1870	17600	1255	156	1140
9.75	522	785	168	1100	35500	2250	24900	1970	18100	1315	168	1210
10.0	535	807	180	1170	36500	2350	25600	2070	18600	1375	180	1280
10.5	561	845	210	14	38500	2550	26600	2200	19100	1445	210	1370
11	590	885	240	16	40500	2750	27600	2330	19600	1515	240	1460
11.5	615	920	270	18	42500	2950	28600	2460	20100	1585	270	1550
12	645	970	315	22	44500	3150	29600	2590	20600	1655	315	1640
12.5	670	1000	352	24	46500	3350	30600	2720	21100	1725	352	1730
13	700	1050	400	28	48500	3550	31600	2850	21600	1795	400	1820
13.5	725	1080	443	31	50500	3750	32600	2980	22100	1865	443	1910
14	750	1120	490	34	52500	3950	33600	3110	22600	1935	490	2000
14.5	775	1160	534	38	54500	4150	34600	3240	23100	2005	534	2090
15	805	1200	580	42	56500	4350	35600	3370	23600	2075	580	2180
16	840	1260	644	48	59500	4750	37600	3600	24600	2175	644	2310
17	910	1370	790	56	63500	5150	39600	3830	25600	2275	790	2440
18	965	1450	880	62	66500	5550	41600	4060	26600	2375	880	2570
19	1020	1530	980	68	69500	5950	43600	4290	27600	2475	980	2700
20	1070	1600	1080	74	72500	6350	45600	4520	28600	2575	1080	2830



Variations in the volume of iron-carbon alloys with temperature.



Temperature dependence of the shrinkage of iron-carbon alloys.

Materiale	d	L
Acciaio	0.40 D	0.14-0.18 D
Ghisa	0.66 D	0.14-0.18 D
Leghe di rame	0.66 D	0.35 D
Leghe leggere	0.75 D	0.40 D

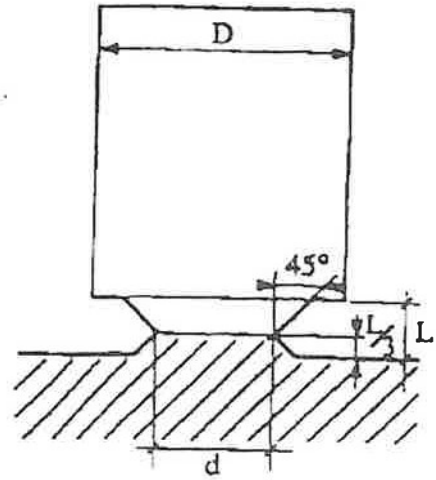
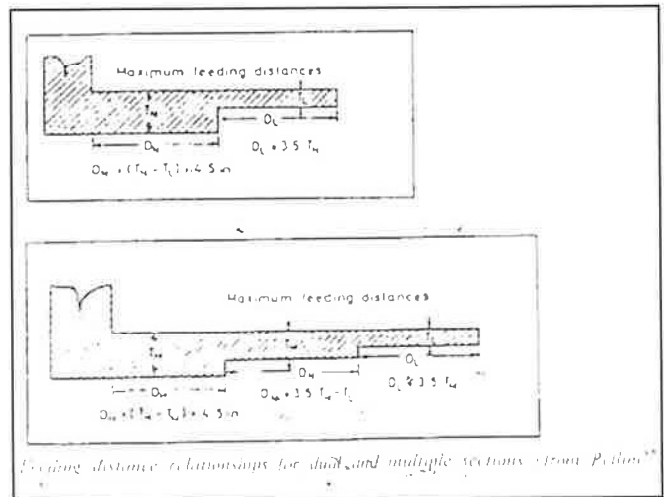
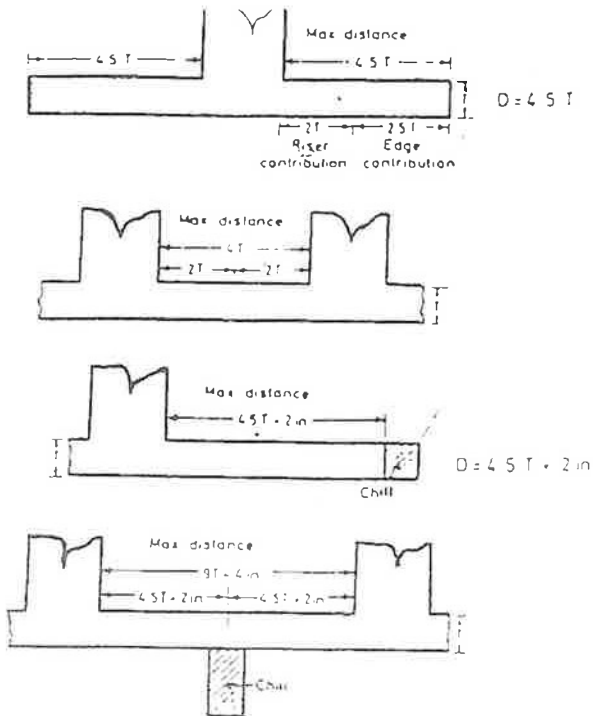
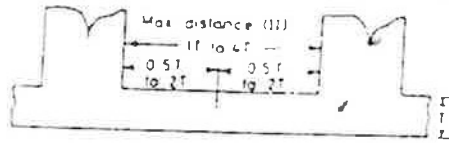
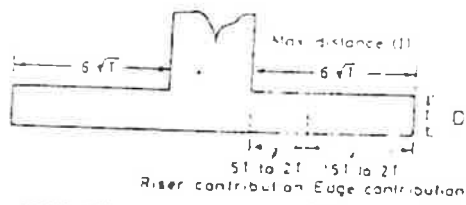


Tabella 8



Feeding distance relationships for plates (after Bishop²⁶ and Muskiewski²⁷)
(courtesy of American Foundrymen's Society)



Feeding distance relationships for bars (after Bishop²⁷ and Myskowski²⁸) (courtesy of American Foundrymen's Society)

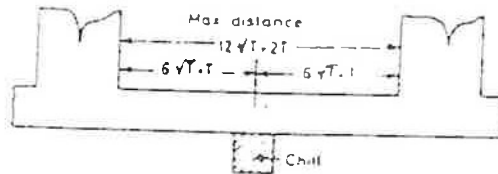
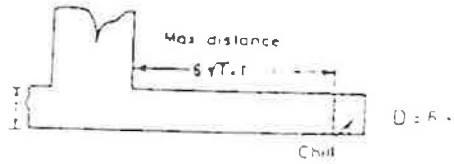


Tabella 9

Td : tempo di permanenza della forma all'irraggiamento prima dell'insorgere di un difetto

Tabella 10

	a verde fine (AFS >100)	a verde grossa (AFS < 100)	sintetico
Td (sec.)	3 - 5	5 - 12	20 - 60

7.2 TEMPO DI COLATA

Per il dimensionamento del sistema occorre valutare con attenzione il tempo di colata. La scheda tecnica ASSOFONDI R 03 definisce una formula per valutare il tempo massimo di colata prima dell'inizio della solidificazione.

$$t \leq \frac{\pi}{4} C \left[\frac{\gamma_1 c_1}{\theta_1} \right]^2 \left[\frac{1}{h^2 \gamma_2 c_2} \right]^2 (\theta_c - \theta_1)^2 \omega^2 \left[\frac{V}{S} \right]^{\frac{1}{2}}$$

In cui:

C = fattore di riduzione = 0,85

γ = peso specifico

c = calore specifico

h = diffusibilità termica

1 = indice metallo

2 = indice forma

θ_c = temperatura di colata (del metallo all'ingresso nella forma) (500 °C)

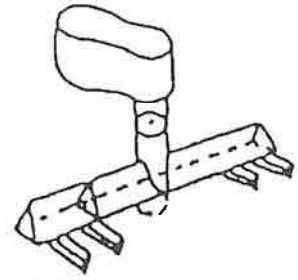
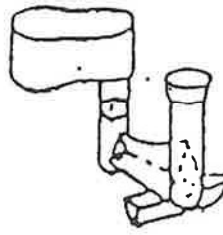
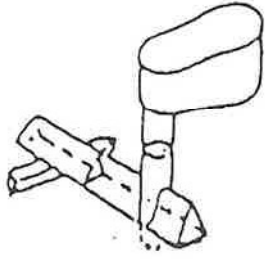
θ_1 = temperatura di liquidus

ω = fattore di forma

V = volume

S = superficie

Calate con trappole triangolari per scorie e attacchi (L)



Canale di colata		Canale alimentare		Attacco semplice	
Ø diametro mm (λ)	Sezione mm ²	Dimensioni (λ × B)	Sezione mm ²	Dimensioni (λ × Ø)	Sezione mm ²
15	177	15 × 18	135	13 × 13	85
18	255	18 × 21	109	14 × 14	128
20	311	20 × 24	240	14 × 18	162
22	380	22 × 26	282	20 × 20	200
25	491	25 × 29	363	22 × 22	242
30	707	30 × 35	525	27 × 27	364
35	962	35 × 41	718	31 × 31	481
40	1257	40 × 47	940	35 × 35	613
45	1590	45 × 53	1193	40 × 40	800
Attacco doppio		Attacco triplo		Attacco quadruplo	
Dimensioni (λ × Ø)	Sezione mm ²	Dimensioni (λ × Ø)	Sezione mm ²	Dimensioni (λ × B)	Sezione mm ²
9 × 9	81	8 × 8	96	7 × 7	98
11 × 11	121	9 × 9	122	8 × 8	120
13 × 13	169	10 × 10	150	9 × 9	162
14 × 14	196	11 × 11	162	10 × 10	200
16 × 16	256	13 × 13	254	11 × 11	242
19 × 19	361	15 × 15	338	13 × 13	338
22 × 22	484	18 × 18	466	16 × 16	512
25 × 25	625	21 × 21	662	18 × 18	648
28 × 28	784	23 × 23	794	20 × 20	800

101 Hettler-Prüfer • Gleisereinfachkunde • Edition J. Hettler-Weinberg an der Bergakademie

Tabella 12

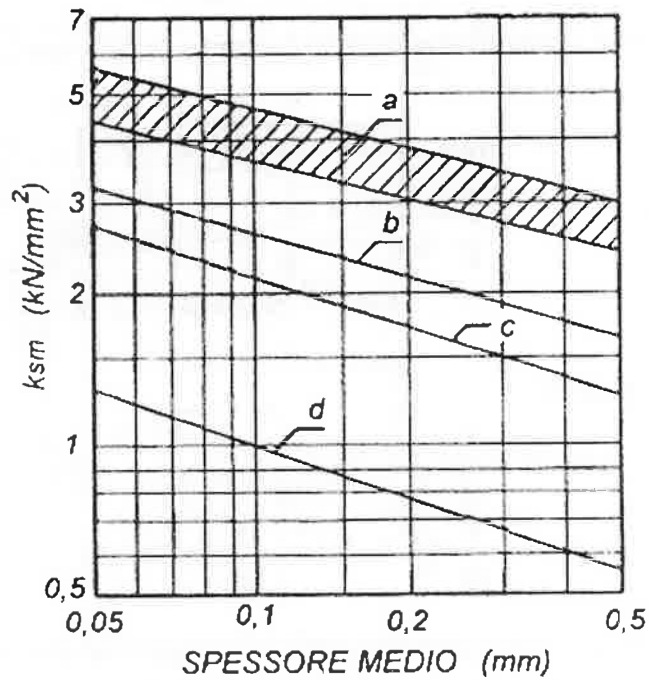
Fresatura

Materiale del pezzo	Materiale dell'inserto	Velocità di taglio (m/min)	Avanzamento per dente (mm)
Acciaio $R_m = 600 + 850$ MPa	P25-P40	120	0,3
Acciaio $R_m = 850 + 1200$ MPa	P20-P30	80	0,2
Ghisa grigia HB < 1800 MPa	K10-K20	100	0,3
Ghisa grigia HB > 1800 MPa	K10-K20	80	0,2
Ottone-bronzo	K10-K30	180	0,5
Leghe leggere	K10-K20	500	0,3

Fig. 9.11

Pressione di taglio media k_{sm} in funzione dello spessore medio h_m .

- a) acciai ($R_m = 500 + 700$ N/mm²),
- b) ghisa sferoidale,
- c) ghisa grigia,
- d) ottone.



Foratura

Materiale	Avanzamento (mm/giro)							Velocità di taglio (m/min)
	Diametro del foro (mm)							
	1-3	3-6	6-12	12-18	18-25	25-35	35-50	
C 15-20	0,025-0,08	0,08-0,16	0,16-0,26	0,26-0,32	0,32-0,42	0,42-0,50	0,55	25 ÷ 30
C 25-30	0,014-0,05	0,05-0,10	0,10-0,16	0,16-0,22	0,22-0,26	0,26-0,32	0,35	18 ÷ 23
Acciaio R _m = 300 - 500(*)	0,015-0,06	0,06-0,12	0,12-0,2	0,20-0,25	0,25-0,30	0,30-0,35	0,40	30 ÷ 45
Acciaio R _m = 500 - 700(*)	0,015-0,04	0,04-0,10	0,10-0,16	0,16-0,22	0,22-0,27	0,27-0,32	0,35	25 ÷ 35
Acciaio R _m = 700 - 900(*)	0,008-0,05	0,03-0,08	0,08-0,12	0,12-0,18	0,18-0,21	0,21-0,25	0,30	18 ÷ 25
Acciaio R _m = 900 - 1100(*)	0,007-0,02	0,02-0,05	0,05-0,10	0,10-0,14	0,14-0,18	0,18-0,22	0,25	10 ÷ 16
Acciaio inox.	0,015-0,04	0,04-0,10	0,10-0,16	0,16-0,20	0,20-0,26	0,26-0,28	0,30	7,5 ÷ 12
Ottone	0,03-0,09	0,09-0,17	0,17-0,30	0,30-0,40	0,40-0,48	0,48-0,50	0,65	fino a 160
Ottoni speciali-Bronzo	0,02-0,05	0,05-0,10	0,10-0,18	0,18-0,25	0,25-0,30	0,30-0,35	0,45	fino a 65
Allunúffio	0,03-0,10	0,10-0,18	0,18-0,32	0,32-0,40	0,40-0,52	0,52-0,60	0,65	fino a 200
Rame	0,02-0,06	0,06-0,12	0,12-0,22	0,22-0,28	0,28-0,32	0,32-0,38	0,45	fino a 70
Materie plastiche	0,03-0,06	0,06-0,08	0,08-0,12	0,12-0,18	0,18-0,25	0,25-0,30	0,40	20-25

(*) MPa

Tabella 9.4 - Valori orientativi della pressione di taglio k_s per foratura con punte elicoidali in acciaio superrapido e profondità del foro pari a $1 \div 2 \cdot D$.

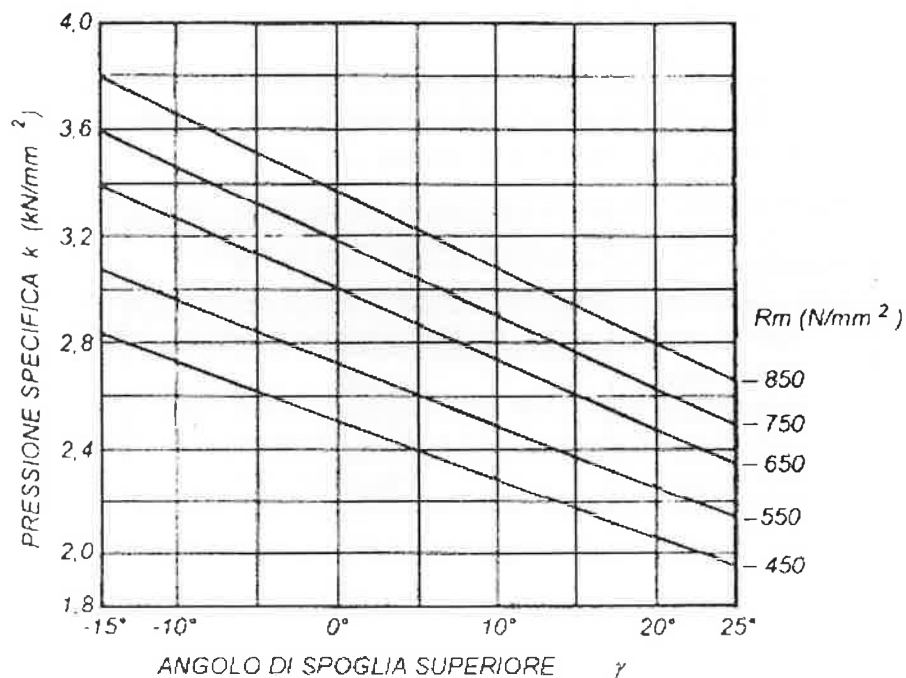
Per profondità maggiori, per punte ad inserti, per lamatura e per alesatura (allargatura) è necessario moltiplicare questi valori per fattori correttivi f_c riportati in fondo alla tabella.

Materiale	R _m (N/mm ²)	Pressione di taglio k_s (N/mm ²)					
		spessore di truciolo h (mm)					
		0,04	0,06	0,10	0,15	0,25	0,40
C 15	370	4750	4150	3650	3200	2800	2450
C 35	500	5200	4450	3850	3300	2850	2450
Fe 50	550	5000	4350	3800	3300	2900	2500
Fe 70	800	5850	5050	4300	3700	3200	2750
9SMnPb28	410	2550	2450	2300	2100	2000	1800
16MnCr5	500	4800	4200	3650	3150	2750	2400
39NiCrMo3	830	4150	3750	3400	3050	2750	2500
50CrV4	670	4900	4300	3800	3350	2950	2600
X205Cr12KU	700	5150	4550	4050	3600	3200	2800
X21Cr13KU	880	3650	3350	3100	2900	2650	2450
X5CrNiMo1712	560	3800	3500	3250	2950	2700	2500
X31Cr13KU	700	4350	3950	3600	3300	3000	2700
Ghise grigie (HBS = 190-210)		4000	3500	3050	2600	2200	1900
Bronzi - Ottoni		2000	1700	1500	1300	1100	680
Leghe leggere		1500	1200	1100	980	750	470
Forature con punte elicoidali di profondità $l = 2D$		$f_c = 1,1 \div 1,25$					
Forature con punte ad inserti di profondità $l = 2D$		$f_c = 0,85$					
Forature con punte ad inserti di profondità $l = 2D$		$f_c = 1,05$					
Alesatura (allargatura) di fori e lamatura		$f_c = 0,75$					

Tornitura

Materiale pezzo	Materiale inserto						
	P01	P10	P20	P30	P40	M10	M40
	Avanzamento mm/giro						
	0.3-0.05	0.7-0.3-0.1	1-0.3-0.1	2-0.4-0.2	2.5-0.4	0.5-0.2	3-0.4
Acciaio al C $R_m = 400-600$ (*)	250-350	200-250-300	100-250-290	70-150-200	40-150		
Acciaio al C $R_m = 600-800$ (*)	200-300	150-200-250	80-150-200	50-100-180	30-100		
Acciaio legato $R_m = 1000-1100$ (*)	120-200	70-100-150	40-80-100	25-60-90	20-60		
Acciaio legato $R_m = 1100-1500$ (*)	100-150	60-90-120	30-70-90	20-50-70	15-50		
Acciaio inox austenitico			100-140-170	90-120-150	80-110		25-90
Leghe resistenti al calore						30-50	
Getti di acciaio a basso tenore di carbonio			55-90-110	30-70-100	20-60		

Materiale	n'
Acciai	0,19
Ghise	0,13
Ottoni	0,25
Leghe leggere	0,06



**Esame di Stato per l'Abilitazione all'Esercizio della Professione di
Ingegnere Magistrale
II Sessione – 14 gennaio 2026**

Settore Industriale

Prova progettuale – Ingegneria Medica

Si richiede al candidato di progettare un sistema basato su tecniche di Computer Vision finalizzato al supporto di un'applicazione biomedica a scelta (ad esempio diagnostica per immagini, monitoraggio del movimento, analisi di immagini microscopiche, supporto alla decisione clinica).

In particolare, il candidato dovrà:

1. Descrivere il contesto applicativo e clinico di riferimento, evidenziandone le esigenze e i vincoli.
2. Definire le modalità di acquisizione dei dati visivi, specificando tipologia di sensori, strumenti di imaging, caratteristiche delle immagini digitali e del loro salvataggio, e principali fonti di disturbo.
3. Progettare la pipeline di elaborazione basata su Computer Vision, indicando le principali fasi (pre-processing, estrazione delle caratteristiche, classificazione/segmentazione). Per tale scopo è possibile scrivere codice MATLAB o usare uno pseudocodice purché questo sia spiegato fino al livello di descrizione minimo affinché se ne possa verificare l'implementabilità. Usare anche schemi a blocchi per facilitare la spiegazione.
4. Discutere l'eventuale integrazione di algoritmi di Intelligenza Artificiale, le motivazioni della loro scelta, le sfide, vantaggi e svantaggi.
5. Definire metriche di valutazione delle prestazioni e modalità di validazione dell'intero sistema.
6. Analizzare i principali aspetti di sicurezza, affidabilità e conformità normativa del sistema proposto.

**Esame di Stato per l'Abilitazione all'Esercizio della Professione di
Ingegnere Magistrale
II Sessione – 14 gennaio 2026**

Settore dell'Informazione

Prova progettuale – Ingegneria Elettronica

Si richiede la progettazione di un sistema di misura ed elaborazione in grado di calcolare il punto di rugiada e di valutare il rischio di condensa a partire dalla misura della temperatura dell'aria e della umidità relativa.

Il sistema utilizza due sensori resistivi, uno per la misura della temperatura e uno per la misura dell'umidità relativa, interfacciati a un microcontrollore tramite due ADC a 12 bit.

Modelli dei sensori

Il sensore di temperatura è descritto dal seguente modello linearizzato al primo ordine:

$$R_T(T) = R_{T0} (1 + A_T T)$$

dove:

- T è la temperatura espressa in °C;
- $R_{T0} = 1 \text{ k}\Omega$;
- $A_T = 3.9 \times 10^{-3} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$.

Il campo di misura della temperatura è:

$$T \in [0, 50] \text{ }^\circ\text{C}$$

Il sensore di umidità relativa è descritto dal seguente modello linearizzato al primo ordine:

$$R_H(RH) = R_{H0} (1 - A_H RH)$$

dove:

- RH è l'umidità relativa espressa in percentuale;
- $R_{H0} = 10 \text{ k}\Omega$;
- $A_H = 5.0 \times 10^{-3} \text{ \%}^{-1}$.

Il campo di misura dell'umidità relativa è:

$$RH \in [20, 90] \text{ \%}$$

Richieste

Il candidato svolga le seguenti attività, motivando sinteticamente le scelte progettuali effettuate.

1. Progettazione di circuiti analogici di interfaccia

Si progettino i circuiti di interfaccia e di condizionamento analogico dei due sensori resistivi (temperatura e umidità relativa) verso gli ingressi ADC del microcontrollore in modo che la dinamica di tensione fornita in uscita dal sistema analogico verso ciascun ADC sia almeno:

$$\Delta V_{ADC} \geq 1.0 V$$

A tal fine si assuma che:

- L'alimentazione del sistema sia:

$$V_{CC} = 3.3 V$$

- Il range di tensione ammissibile agli ingressi ADC sia:

$$V_{IN, ADC} \in [0, 3.3] V$$

- L'interfacciamento dei sensori possa essere realizzato mediante semplici circuiti resistivi (ad esempio partitore resistivo o ponte di Wheatstone), a scelta del candidato;
- Eventuali stadi di amplificazione, filtraggio, adattamento e disaccoppiamento di impedenza possano essere realizzati mediante amplificatori operazionali ideali.

2. Progettazione della parte digitale e del firmware

Il candidato progetti e descriva il firmware per il microcontrollore, avvalendosi di pseudocodice, finalizzato all'elaborazione dei dati acquisiti per il calcolo del punto di rugiada e per la valutazione del rischio di condensa.

In particolare, il firmware deve:

1. Ricavare i valori di temperatura T e umidità relativa RH a partire dai dati digitali forniti dagli ADC memorizzati in due appositi registri REG1 e REG2;
2. Calcolare il punto di rugiada T_d utilizzando le seguenti relazioni:

$$\gamma(T, RH) = \ln(RH/100) + \frac{a T}{b + T}, \quad a = 17.27, \quad b = 237.7 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$T_d = \frac{b \gamma(T, RH)}{a - \gamma(T, RH)}$$

3. Calcolare la differenza:

$$\Delta T = T - T_d$$

4. Determinare lo stato del sistema in funzione del valore di ΔT , secondo i criteri:

$$\begin{aligned}\Delta T \leq 0^\circ\text{C} &\Rightarrow \text{CONDENSA} \\ 0 < \Delta T \leq 2^\circ\text{C} &\Rightarrow \text{RISCHIO CONDENSA} \\ \Delta T > 2^\circ\text{C} &\Rightarrow \text{OK}\end{aligned}$$

5. Fornire in output su display lo stato del sistema (CONDENSA, RISCHIO CONDENSA, OK).

A tal fine si assuma che:

- Il microcontrollore disponga di due ADC indipendenti con:

- Risoluzione pari a 12 bit;
- Tensione di riferimento:

$$V_{REF} = 3.3\text{ V}$$

- Passo di quantizzazione:

$$\Delta V_{LSB} \approx 0.8\text{ mV}$$

- I risultati delle conversioni ADC siano disponibili con periodicità di 1 ms nei seguenti registri:

- REG1: valore ADC temperatura;
- REG2: valore ADC umidità;

Si assuma inoltre che il linguaggio di programmazione renda disponibili le seguenti istruzioni e operazioni di base:

Categoria	Istruzione	Descrizione
Aritmetica	+, -, ×, ÷	Operazioni aritmetiche in virgola mobile
Confronto	<, ≤, >, ≥, =	Confronto tra numeri reali
Controllo	if ... else	Struttura condizionale
Controllo	while / for	Strutture iterative
Funzioni matematiche	ln(x)	Logaritmo naturale
Input	READ(REG1)	Lettura del valore digitale della temperatura
Input	READ(REG2)	Lettura del valore digitale dell'umidità relativa
Output	PRINT(string)	Visualizzazione dello stato del sistema su display

**Esame di Stato per l'Abilitazione all'Esercizio della Professione di
Ingegnere Magistrale
II Sessione – 14 gennaio 2026**

Settore dell'Informazione

Prova progettuale – Ingegneria Informatica

Il candidato produca il documento di specifica per il sistema descritto di seguito, facendo uso del linguaggio UML (Unified Modeling Language), con particolare riferimento al diagramma dei casi d'uso e al relativo diagramma dei componenti.

Il sistema, basato su un'architettura distribuita, integra sensori video, calcolo edge e servizi cloud per la rilevazione, classificazione e gestione del rischio associato ai passeggeri in contesti ad alta densità, e.g., aeroporti.

In particolare, i nodi edge eseguono un algoritmo di matching per verificare se l'immagine è presente all'interno di un DB locale. Sono considerate 5 tipologie di immagini: *poor-quality*, *regular*, *suspect*, *dangerous* e *unknown*.

I casi di immagini *poor-quality* o *regular* non richiedono ulteriori azioni.

I casi di pericolo *suspect* o *dangerous* richiedono azioni molto veloci per sincronizzare gli scanner lungo il cammino seguito dalla persona e richiedono la trasmissione di informazioni alle agenzie di sicurezza per le opportune azioni.

Nei casi di persone "*unknown*", l'immagine viene inviata al cloud dove vengono eseguite analisi più approfondite potendo accedere a molti più dati (DB distribuiti per big data, profili social media, dati biometrici, tracce vocali etc.). I risultati di tale elaborazione su cloud vengono trasmessi ai nodi edge che aggiorneranno i loro DB locali.