ESAMI DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALL'ESERCIZIO DELLA PROFESSIONE DI INGEGNERE – SEZ. A

Settore Civile e Ambientale

I tornata 2026 - I Prova scritta

Traccia 1
Il candidato descriva le diverse possibili metodologie per effettuare un'analisi di Risposta Sismica Locale.

Traccia 2
Il candidato descriva i principi fondamentali della progettazione sismica delle strutture in cemento armato in accordo con le vigenti Norme Tecniche per le Costruzioni. Si approfondiscano in particolare i concetti di regolarità strutturale, duttilità, fattore di comportamento e il principio della gerarchia delle resistenze.

Traccia 3
Il candidato descriva il ruolo delle tecniche ingegneristiche ai fini della salvaguardia della risorsa idrica, facendo esplicito riferimento alla normativa vigente.

Traccia 4
Progettazione e gestione della sicurezza nei cantieri edili: il candidato illustri i ruoli tecnici previsti dal quadro normativo vigente, esplicitandone i compiti ed i profili di responsabilità.

Traccia 5
Nell'ambito della sistemazione di un tratto di un corso d'acqua in territorio di pianura il candidato indichi almeno qualche tipologia di opere idrauliche realizzabili per la difesa dei territori da piene ed inondazioni.

Traccia 6
Il candidato descriva i tipi di interventi edilizi previsti nel Testo Unico dell'Edilizia e di essi faccia esempi applicativi pratici. Individui, inoltre, i titoli abilitativi edilizi necessari alla loro esecuzione e descriva le procedure per l'ottenimento dell'agibilità.

N.B. Il candidato svolga una sola traccia

ESAMI DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALL'ESERCIZIO DELLA PROFESSIONE DI INGEGNERE – SEZ. A

Settore Industriale

I tornata 2026 - I Prova scritta

Traccia 1
Si descriva il funzionamento di un sistema di conversione dell'energia a partire dal relativo ciclo termodinamico ideale, evidenziando le differenze tra il ciclo ideale e quello reale e le ragioni teoriche e tecniche che le determinano. Si illustrino inoltre le eventuali soluzioni progettuali e impiantistiche adottabili per incrementarne il rendimento di conversione.

Traccia 2
Il candidato descriva i principali sistemi di trasmissione della potenza meccanica finalizzata alla moltiplicazione di forza/coppia o di spostamento/velocità, che sono basati sull'utilizzo di rotismi ordinari e/o epicicloidali, ruote di frizione, sistemi articolati e meccanismi con flessibili. Si scelga uno o più esempi di interesse industriale descrivendone le principali caratteristiche tecnico-funzionali anche con l'ausilio di schemi qualitativi.

Traccia 3
Il candidato illustri le caratteristiche costruttive e funzionali delle principali apparecchiature presenti nei sistemi elettrici per l'energia.

Traccia 4
Il candidato definisca il concetto di integrazione verticale e analizzi le principali decisioni strategiche ad esso correlate, con particolare riferimento alla determinazione dei confini dell'impresa, alle scelte di internalizzazione o esternalizzazione delle attività lungo la filiera del valore, all'attribuzione di attività e competenze ai diversi soggetti coinvolti e alle differenti forme di governo e di regolazione contrattuale dei rapporti con le controparti esterne.

Traccia 5
Il candidato descriva ed analizzi la configurazione circuitale ed il funzionamento degli ups online a doppia conversione.

Traccia 6
Criteri di valutazione e ottimizzazione delle tecnologie produttive. Il candidato descriva, argomentandoli e portando esempi a supporto, quelli che a suo giudizio dovrebbero essere considerati i principali fattori chiave di valutazione delle prestazioni delle tecnologie produttive. Si descriva inoltre in quali fasi il candidato articolerebbe un problema di

ottimizzazione dei parametri di processo, facendo specifico riferimento ad una tecnologia a sua scelta.

Traccia 7
Motori a combustione interna. I motori a combustione interna trovano impiego in molteplici applicazioni, spaziando in un range di potenza estremamente ampio. Si illustrino quali sono queste applicazioni, e per ciascuna di esse le soluzioni tecniche tipicamente adottate con riferimento sia alle scelte progettuali, che all'impiego dei combustibili. Si metta inoltre, in evidenza in che modo ed in quali settori le problematiche ambientali influenzano le scelte progettuali dei motori.

N.B. Il candidato svolga una sola traccia

ESAMI DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALL'ESERCIZIO DELLA PROFESSIONE DI INGEGNERE – SEZ. A

Settore dell'Informazione

I tornata 2026 - I Prova scritta

Traccia 1

La trasformazione digitale ha reso possibile la diffusione di sistemi cyber-fisici nei settori industriale, sanitario, energetico e dei trasporti.
Il candidato illustri le principali caratteristiche di tali sistemi, descrivendo come sensori, attuatori, reti di comunicazione ed elaborazione dei dati cooperino per realizzare applicazioni intelligenti. La trattazione potrà includere:

- il ruolo dell'Internet of Things (IoT) e dell'Edge Computing nella raccolta e nell'elaborazione dei dati;
- i vantaggi derivanti dall'integrazione con tecniche di Intelligenza Artificiale;
- le principali problematiche legate alla sicurezza informatica, all'affidabilità e alla protezione dei dati.

Traccia 2

La crescente disponibilità di grandi quantità di dati ha favorito lo sviluppo di sistemi di analisi e supporto alle decisioni basati su tecniche di Data Science e Machine Learning.
Il candidato descriva il processo di sviluppo di un sistema di analisi dei dati, dalla raccolta delle informazioni fino alla produzione dei risultati. La trattazione potrà includere:

- le principali fasi di preparazione dei dati (raccolta, pulizia, trasformazione e integrazione);
- le differenze tra apprendimento supervisionato, non supervisionato e per rinforzo, evidenziandone i principali ambiti applicativi;
- i criteri per la valutazione delle prestazioni dei modelli e le problematiche legate alla qualità dei dati, alla generalizzazione e ai possibili bias.

Traccia 3

Le infrastrutture digitali moderne sono sempre più basate su servizi distribuiti, virtualizzazione e containerizzazione delle applicazioni.
Il candidato illustri come tali tecnologie consentano di sviluppare sistemi scalabili, affidabili e facilmente manutenibili. In particolare, si descriva:

- il ruolo della virtualizzazione e dei container nello sviluppo e nella distribuzione del software;
- le architetture a microservizi e i vantaggi rispetto alle architetture monolitiche;
- le problematiche relative alla disponibilità del servizio, alla sicurezza, al monitoraggio delle applicazioni e alla continuità operativa.

Traccia 4
Il Candidato descriva i principi di funzionamento delle sorgenti laser, con particolare attenzione ai ruoli della cavità risonante e dell'emissione stimolata, evidenziando le principali differenze tra laser a stato solido e a semiconduttore.
Il Candidato illustri inoltre le principali tipologie di laser a semiconduttore impiegate nell'ambito delle telecomunicazioni, con particolare attenzione ai laser DFB e DBR.

Traccia 5
Schemi di controllo digitali. E' ben noto come l'implementazione pratica di un moderno sistema di controllo sia basata sull'impiego di microcontrollori, DSP (Digital Signal Processor) e più in generale sistemi di controllo digitale. Dopo aver illustrato la struttura di tali schemi di controllo da un punto di vista tecnologico mettendo in evidenza le problematiche in essi presenti, il candidato discuta il problema della discretizzazione dei regolatori a tempo continuo e della scelta del periodo di campionamento.

Traccia 6
Smart cities. Il fenomeno delle smart cities si delinea su tre fronti principali:
1) disponibilità di dispositivi in grado di monitorare le infrastrutture urbane;
2) disponibilità di connettività per tali dispositivi con banda e latenza adeguate alle applicazioni;
3) disponibilità di infrastrutture per memorizzare, analizzare e generare modelli a partire dal dato raccolto.
Sulla base delle proprie conoscenze il candidato:
1) inquadri lo scenario di riferimento descrivendone esempi di servizi;
2) definisca le principali sfide che caratterizzano - uno - dei tre fronti e ne descriva eventuali soluzioni;
3) identifichi elementi di innovazione che possono essere oggetto di interesse per creare startup innovative nel settore.

N.B. Il candidato svolga una sola traccia

ESAMI DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALL'ESERCIZIO DELLA PROFESSIONE DI INGEGNERE – SEZ. A

Settore Civile e Ambientale

I tornata 2026 - II Prova scritta

Traccia 1
Il candidato illustri i principali metodi di analisi sismica degli edifici, con particolare riferimento all'analisi statica e dinamica, secondo le vigenti Norme Tecniche per le Costruzioni. Si descrivano inoltre le combinazioni delle azioni, con specifico riferimento alla combinazione sismica.

Traccia 2
Il candidato illustri le diverse tipologie di opere di sostegno dei terreni, descrivendone i campi di applicazione per ciascuna di esse. Per un'opera a sua scelta, ne illustri la metodologia di dimensionamento e verifica.

Traccia 3
Il Candidato descriva le condizioni di funzionamento di una rete di distribuzione idropotabile a servizio di un centro abitato, facendo riferimento in particolare ai valori di pressione necessari in rete e alle relative metodologie di verifica e analisi, oltre alle tecniche di gestione della stessa.

Traccia 4
Il candidato rediga una relazíone tecnico-illustrativa relativa alla costruzione di una palazzina per civile abitazione in zona B di completamento di P.R.G, dotata di un parcheggio interrato. La relazione dovrà contenere una descrizione dei seguenti aspetti:
a) riferimenti urbanistici ed edilizi (destinazione, distacchi, volumi, ecc.);
b) caratteristiche costruttive e dotazioni;
c) barriere architettoniche e sicurezza antincendio.

Traccia 5
Il candidato rediga una relazíone tecnico-illustrativa di un impianto di prima pioggia per un piazzale di circa 1000 m² da adibirsi ad isola ecologica. Secondo quanto previsto dalla normativa vigente, descriva:
a) Accesso;
b) Spazi di manovra;
c) Settori dei rifiuti;
d) Spazio cassoni;
e) Impianto di intercettazioni acque (pendenze, accumulo, trattamento, smaltimento).

N.B. Il candidato svolga una sola traccia

ESAMI DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALL'ESERCIZIO DELLA PROFESSIONE DI INGEGNERE – SEZ. A

Settore Industriale

I tornata 2026 - II Prova scritta

Traccia 1

Il candidato esponga le problematiche relative alla circolazione delle correnti di cortocircuito ed i sistemi per il loro contenimento.

Traccia 2

La sostenibilità economica di lungo periodo di un'impresa dipende in larga misura dalla sua capacità di rinnovare l'offerta senza disperdere il valore costruito nel tempo attorno ai propri prodotti. Il candidato analizzi gli elementi costitutivi di una strategia di riposizionamento di mercato pensata per un prodotto che ha superato la fase di crescita e si trova ormai in un mercato saturo. Dopo aver discusso le leve disponibili (prodotto, prezzo, comunicazione, distribuzione), si sviluppi un'applicazione pratica riferita a un caso concreto (ad esempio, le biciclette da città).

Traccia 3

Il candidato illustri e discuta la normativa vigente in materia di Cogenerazione ad Alto Rendimento (CAR), evidenziandone i principali criteri e gli aspetti di maggiore interesse. A supporto della trattazione, il candidato faccia riferimento a una tipica utenza, descrivendone i principali fabbisogni elettrici e termici.

Traccia 4

Nell’accoppiamento motore-carico presente nelle macchine destinate a qualsiasi applicazione, anche di tipo non industriale, elencare e descrivere con adeguato dettaglio tecnico i punti fondamentali che devono essere considerati in fase di progettazione e/o di scelta dei singoli componenti, al fine di rispettare le specifiche funzionali e di prestazioni richieste. Analizzare dettagliatamente almeno un esempio significativo.

Traccia 5

Il candidato sviluppi un elaborato che approfondisca le metodologie per la misura delle principali grandezze elettriche nei sistemi di potenza. L'elaborato dovrà focalizzarsi sulla

misura di tensione, corrente, potenza ed energia, sui trasformatori di misura, sulle principali sorgenti di errore e sui criteri di scelta della strumentazione. A supporto della trattazione, se ritenuto opportuno, è possibile considerare schemi ed esempi numerici.

Traccia 6

Il candidato rediga una relazione tecnica descrittiva nella quale si illustrino i sistemi di protezione contro i contatti indiretti mediante interruzione automatica dell'alimentazione nei diversi sistemi: TT, TN, IT
Descriva altresì i vantaggi e problematiche degli stessi sistemi.

Traccia 7

In molti processi dell'industria chimica e alimentare è prevista una fase di rimozione dell'acqua da intermedi o prodotti finiti. Il candidato, a partire da un processo a scelta, illustri i principi fisici alla base dell'operazione, le apparecchiature impiegate e i criteri di progettazione e dimensionamento. Evidenzi le principali problematiche legate alla corretta esecuzione del processo e anaitzzi le soluzioni volte all'ottimizzazione dell'efficienza energetica.

N.B. Il candidato svolga una sola traccia

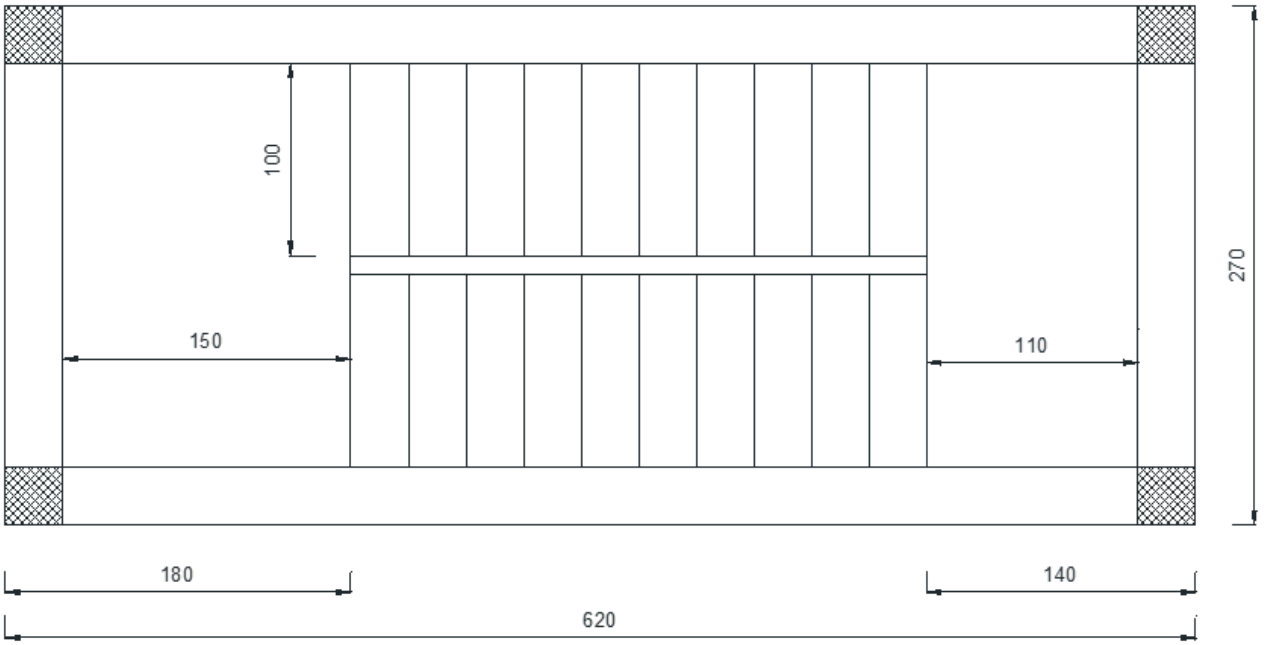
ESAMI DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALL'ESERCIZIO DELLA PROFESSIONE DI INGEGNERE – SEZ. A

Settore Civile e Ambientale

I tornata 2026 - IV Prova pratica

Traccia 1

Con riferimento alla pianta riportata in figura (le quote riportate nella pianta sono in cm), il candidato effettui, in accordo con la normativa tecnica vigente, la progettazione di una scala con struttura in c.a. di collegamento tra due piani aventi altezza di interpiano pari a 3,00 m, scegliendo tra la tipologia a trave a ginocchio e quella a soletta rampante.
Il candidato esegua l'analisi dei carichi, il calcolo delle sollecitazioni, motivando le scelte adottate in merito agli schemi di calcolo, il dimensionamento degli elementi strutturali e delle relative armature. Completi la progettazione mediante opportuni schemi grafici, anche qualitativi, degli elementi strutturali, con indicazione della disposizione delle armature e dei principali dettagli costruttivi.
Per quanto non espressamente specificato nella traccia, il candidato assuma liberamente i dati e le ipotesi progettuali ritenuti necessari, motivando adeguatamente le scelte effettuate.



Traccia 2

Si progetti, ai sensi delle vigenti NTC 2018, la fondazione isolata per un particolare pilastro di un edificio intelaiato in cemento armato.

Le azioni di progetto (già amplificate per mezzo dei coefficienti A1 della Tabella 6.2.I di normativa) trasmesse dal pilastro sulla fondazione sono riportate di seguito in Tabella 1.

Tabella 1: carichi di servizio trasmessi dal pilastro alla fondazione.

Carichi verticali		Carichi orizzontali			Momenti		
$F_{v,d}$ (kN)	300	agente in direzione x	$F_{x,d}$ (kN)	30	agente attorno all'asse x	$M_{x,d}$ (kN m)	74
		agente in direzione y	$F_{y,d}$ (kN)	45	agente attorno all'asse y	$M_{y,d}$ (kN m)	60

Si consideri il sottosuolo caratterizzato da una formazione argillosa che si estende fino a elevata profondità investigato per mezzo di una perforazione a carotaggio continuo durante la quale, dalla profondità di 2.50m dal piano campagna è stato prelevato un campione indisturbato. Da tale campione sono state misurate le proprietà fisiche riportate in Tabella 2 e sono stati confezionati provini poi sottoposti a prove triassiali di tipo Consolidate Drenate (CD, in Figura 1) e Non Consolidate non Drenate (UU, Figura 2).

Tabella 2. Parametri fisici dell'argilla.

Gs	γ_{sat} (kN/m^3)
2.70	18.2

con Gs: gravità specifica; γ_{sat}: peso dell'unità di volume satura.

La compressibilità della formazione è stata investigata per mezzo di una prova edometrica eseguita su di un provino confezionato dal medesimo campione indisturbato precedentemente descritto. Il risultato di tale prova è riportato in Figura 3 in termini di indice dei vuoti in funzione della tensione verticale applicata.

Nel calcolo:

- Si consideri la falda coincidente con il piano campagna.
- Per la verifica SLE, si considerino i carichi di progetto scalati per un coefficiente pari a 1.35.
- si consideri il carico di preconsolidazione dell'argilla costante con la profondità.

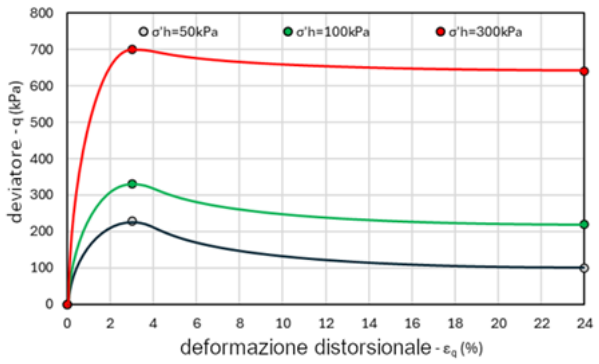


Figura 1: Risultati delle prove triassiali consolidate drenate (CD).

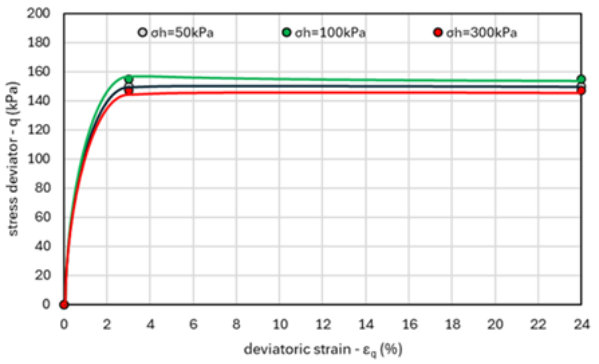


Figura 2: Risultati delle prove triassiali non consolidate non drenate (UU).

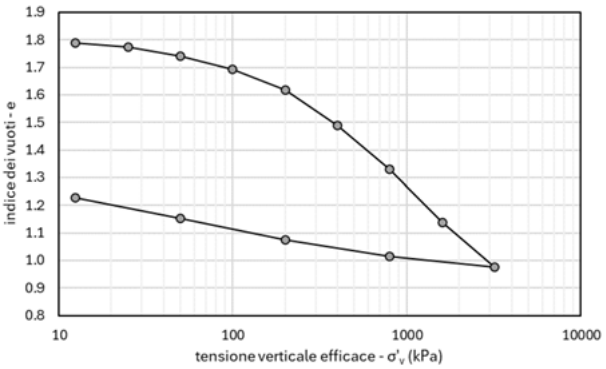
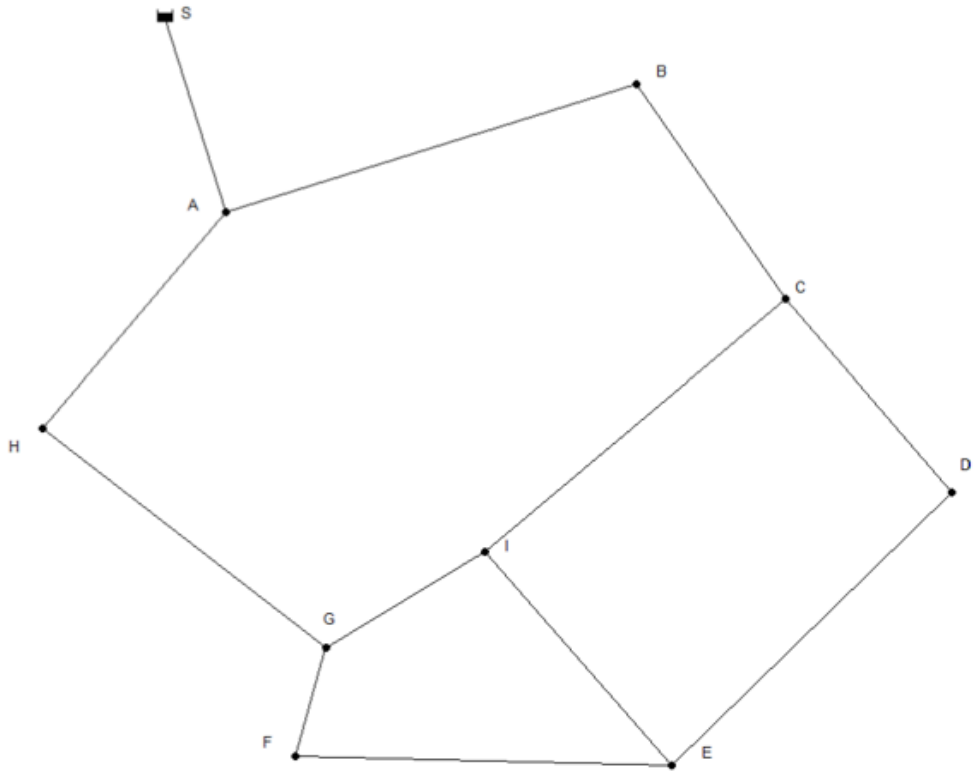


Figura 3. Risultato della prova edometrica.

Traccia 3

Il Candidato deve garantire un corretto funzionamento idraulico della rete di distribuzione idrica riportata in figura, schema magliato a servizio di un centro urbano residenziale con densità abitativa costante. In condizioni di massima richiesta idrica la portata richiesta in rete è di 80 l/s e il livello nel serbatoio S è di 165m. Inoltre, al nodo B si deve considerare in aggiunta una portata concentrata di 5l/s a seguito di direttive urbanistiche. Le condotte in esercizio sono in ghisa sferoidale. Le caratteristiche della rete sono riportate in tabella. La rete in esame presenta tuttavia delle deficienze strutturali che non permettono un corretto funzionamento del sistema in quanto non è assicurata una quota piezometrica minima in ogni nodo di 20m. Il Candidato:

1. Individui i nodi critici del sistema idrico che non soddisfano le condizioni idrauliche di funzionamento;
2. Progetti gli interventi tecnico-strutturali necessari per un corretto funzionamento del sistema, giustificandone opportunamente la scelta;
3. Verifichi il corretto funzionamento del sistema di distribuzione idrico con le opportune modifiche strutturali apportate.



TRATTO	L [m]	DN	D esterno [mm]	Spessore [mm]
SA	1000	300	326	4.6
AB	180	200	222	3.1
BC	210	200	222	3.1
CD	175	150	170	3.0
DE	160	100	118	3.0
EF	140	100	118	3.0
GF	175	100	118	3.0
HG	210	150	170	3.0
AH	120	150	170	3.0
GI	140	100	118	3.0
CI	160	150	170	3.0
IE	175	100	118	3.0

NODO	Hg [m]
A	130
B	125
C	121
D	118
E	116
F	112
G	114
H	120
I	122

Traccia 4

Il candidato rediga il progetto di un fabbricato per civile abitazione con 4 appartamenti su due piani, ciascuno di circa 100 m2 utili, con un piano garage e/o cantine fuori terra, in zona B di completamento di P.R.G., su un lotto di dimensioni regolari e superficie di 4.000 m2.

Il candidato fornisca:

1) Relazione speditiva illustrativa.
2) Calcolo dei parametri urbanistici: volume, superfici, distanze, ecc.;
3) Predimensionamento di elementi strutturali con metodi semplificati: analisi dei carichi, calcolo delle sollecitazioni di un pilastro e di un solaio;
4) Studio delle sistemazioni esterne;
3) Planimetria ubicativa, piante, prospetti e sezioni.

La scelta del materiale da utilizzarsi e di ogni altro dato necessario alla redazione del progetto viene lasciata al candidato.

Traccia 5

Si propone il progetto di una residenza collettiva per studenti universitari da realizzare in un'area del centro urbano di Cassino con edifici residenziali di bassa altezza (2-3 piani). Il lotto ha forma rettangolare, di dimensioni 100x80 m con possibilità di costruire fino a tre piani fuori terra; due lati sono delimitati da strade a bassa percorrenza; gli altri due confinano con due lotti già edificati.

Il numero di studenti previsto è 40. La residenza dovrà prevedere:

• Spazi abitativi: camere singole con bagno privato; camere doppie con bagno privato. • Spazi comuni: ingresso/foyer con area di accoglienza; sala studio di uso collettivo; cucina comune attrezzata e sala da pranzo; spazi di soggiorno collettivi; locale lavanderia; area tecnica e locali di servizio, ecc.…

• Spazi esterni: area verde fruibile dagli studenti, aree di sosta e incontro, spazio parcheggi, deposito bici (interno o esterno coperto), ecc...

Il candidato fornisca:

1) Relazione speditiva illustrativa.
2) Calcolo dei parametri urbanistici: volume, superfici, distanze, ecc.;
4) Studio delle sistemazioni esterne;

3) Planimetria ubicativa, piante, prospetti e sezioni.
La scelta del materiale da utilizzarsi e di ogni altro dato necessario alla redazione del progetto viene lasciata al candidato.

Traccia 6
Dimensionare, verificare funzionalmente secondo la procedura HCM 2000 e rappresentare schematicamente un'intersezione extraurbana a raso a 4 braccia tra una strada principale (direzione 1-2) ed una secondaria (direzione 3-4) che si intersecano con un angolo di 90° assumendo i seguenti dati:

ramo	1	2	3	4
TGM (bidirezionale)	7521	7971	4629	3407
Frazione entrante	0,4701	0,4919	0,4861	0,6038
Frazione veic. pesanti flusso entrante	0,17	0,19	0,15	0,16
Frazione uscente	0,5299	0,5081	0,5139	0,3962
Pendenza Longitudinale [%]	2,3	1,7	1,1	1,4

e la seguente matrice di ripartizione:

	destinazione			
origine	1	2	3	4
1	0	0,563636	0,290909	0,145455
2	0,672131	0	0,245902	0,081967
3	0,257143	0,514286	0	0,228571
4	0,375	0,4375	0,1875	0

Si ipotizzi un fattore K per la valutazione del volume orario di progetto pari a 0.14 ed un fattore dell'ora di punta (PHF) pari a 0.9.

Infine, sulla scorta dei dati di ingresso già riportati, si provveda a dimensionare la pavimentazione flessibile del ramo di ingresso maggiormente sollecitato dal traffico pesante con il metodo semi-probabilistico AASHTO Guide 1986, assumendo una vita utile di 20 anni, un tasso di crescita annuo del traffico pari all' 1,4 %, un valore del Modulo Resiliente del sottofondo pari a 75 MPa, un valore di affidabilità pari all'85% , un valore del PSI finale pari a 2.5 ed uno spettro di traffico dei veicoli pesanti riportato nella tabella seguente:

(N.B. gli assi ravvicinati sono da intendersi Tandem)		**% sul traffico**
Tipo di veicolo	**Peso degli assi** [kN]	**Commerciale totale**
Autocarri medi e pesanti	40 80	23
Autocarri pesanti	60 100 100	27
Autotreni	60 100 100 100	30

Autoarticolati	40 80	80 80	80	15
Autobus	50	80		5

N.B. Il candidato svolga una sola traccia

ESAMI DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALL'ESERCIZIO DELLA PROFESSIONE DI INGEGNERE – SEZ. A

Settore Industriale

I tornata 2026 - IV Prova pratica

Traccia 1

Progetto di un sistema di misura per il monitoraggio della corrente di un carico industriale

Un'utenza industriale monofase assorbe una corrente alternata ($50\ Hz$) con valore efficace massimo $I_{max} = 50\ A_{RMS}$. Si richiede al candidato di progettare la catena di misura digitale per il monitoraggio continuo del valore efficace della corrente di linea.

Dati di progetto:

- Corrente massima da misurare: $50\ A_{RMS}$
- Frequenza nominale: $50\ Hz$
- Scheda di acquisizione dati (DAQ): ingressi analogici con dinamica $0 \div 5\ V$, convertitore A/D a 12 bit
- Incertezza massima ammessa sul canale di misura: 1.5%

Sulla base di opportune ed idonee assunzioni, il candidato sviluppi i seguenti punti:

1. Schema della Catena di Misura:
   - Disegnare e descrivere lo schema a blocchi funzionale della catena (sensore di corrente, circuito di condizionamento/adattamento del segnale, filtro anti-aliasing, convertitore A/D).
2. Scelta del Trasduttore e Condizionamento:
   - Selezionare il trasduttore di corrente per misura indiretta (es. Trasformatore di Corrente TA o Sensore ad effetto Hall) e determinarne la sensibilità/rapporto di trasformazione per adattare il segnale all'ingresso $0 \div 5\ V$ della scheda DAQ.
3. Campionamento e Risoluzione:
   - Stabilire la frequenza di campionamento f_s minima da adottare (ipotizzando la presenza di armoniche fino al decimo ordine) e motivare la scelta del filtro anti-aliasing.
   - Calcolare la risoluzione in tensione dell'ADC (mV/LSB) e la corrispondente risoluzione in corrente (A/LSB).
4. Incertezza di Misura:
   - Elencare le principali sorgenti di errore lungo la catena di misura e indicare sinteticamente come valutare l'incertezza globale sulla misura della corrente.

Il candidato integri le informazioni fornite con ogni eventuale dato che ritenga opportuno, motivandone brevemente la scelta.

Traccia 2

Il candidato individui, tra i motori a gas riportati in Tabella 1, una soluzione cogenerativa idonea a soddisfare simultaneamente il fabbisogno elettrico e termico, quest'ultimo richiesto a 90 °C, di un'utenza industriale ubicata a Cassino e connessa alla rete elettrica nazionale in media tensione, i cui profili di carico sono riportati in Figura 1. Il candidato valuti la convenienza tecnico-economica della soluzione proposta rispetto a un sistema tradizionale, verificandone la rispondenza ai requisiti previsti dalla normativa "Cogenerazione ad Alto Rendimento" CAR2011. Ai fini dell'analisi, si utilizzino i dati riportati nelle tabelle seguenti relativi ai costi dei vettori energetici, assumendo opportunamente gli eventuali ulteriori parametri necessari e non esplicitamente forniti.

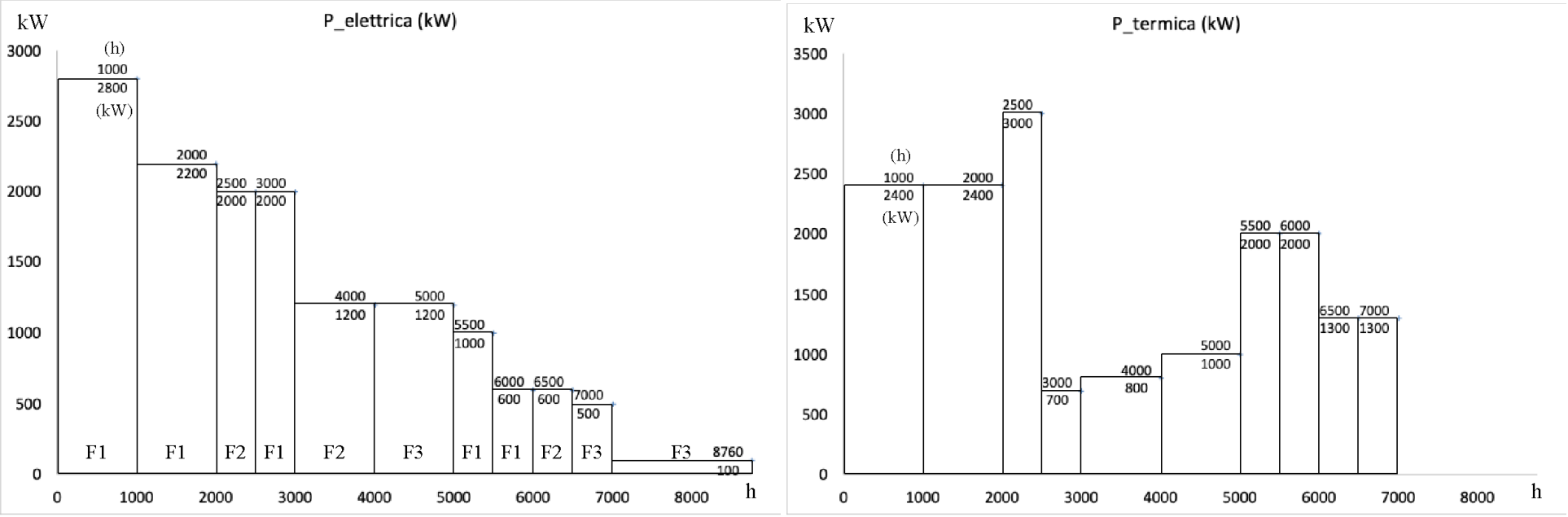


Figura 1 – Curve di carico elettriche e termiche dell'utenza in esame

Tabella 1 - Caratteristiche dei motori

Modello	Potenza elettrica P_e (kW_e)	Rendimento elettrico η_e	Potenza termica $P_{t,tot}$ (kW_t)	Rendimento termico η_t	Potenza immessa P_i (kW_i)	Costo unitario macchina (€/kW_e)
M1	312	0,365	380	0,444	855	1 138,99
M2	512	0,375	658	0,482	1364	1 098,59
M3	601	0,386	743	0,478	1556	1 080,61
M4	802	0,387	1000	0,482	2074	1 040,00
M5	1003	0,387	1251	0,482	2593	999,81
M6	1464	0,415	1536	0,435	3529	971,00
M7	1942	0,413	2048	0,435	4706	941,13
M8	2717	0,419	2776	0,428	6481	892,69

Tabella 2 – Costo dell'energia elettrica

Tariffa	- Costo fisso (per punto di prelievo): 1869 €/pdp/anno; - Costo fisso (quota potenza): 26 €/kW/anno; - Costo energia: F1=0,199 €/kWh_e; F2=0,199 €/kWh_e; F3=0,182 €/kWh_e
Accisa	- 0,0125 €/kWhe
Prezzo di cessione alla rete	- F1=0,054 €/kWh_e; F2=0,045 €/kWh_e; F3=0,042 €/kWh_e

Tabella 3 – Costo del metano

Tariffa per scaglioni di consumo			
scaglioni di consumo		quota fissa	quota variabile
da *N*m^3	a *N*m^3	(€/anno)	(€/*N*m^3)
0	120	1171	0.31
121	480		0.51
481	1560		0.48
1561	5000		0.47
5001	80000		0.43
80001	200000		0.37
200001	1000000		0.32
>	1000000		0.30
Accisa per scaglioni di consumo			
scaglioni di consumo		quota fissa	quota variabile
da *N*m^3	a *N*m^3	(€/anno)	(€/*N*m^3)
0	1200000	-	0,020
>	1200000		0,011

Tabella 4 – Altri parametri

Parametri per la conversione dell'energia	- PCI_{CH4} = 9,59 kWh/*N*$m^3_{(CH4)}$; - $\eta_{el,naz}$=0,46; - η_{cald}=0,9

Traccia 3

Delta S.r.l. è una PMI con 60 dipendenti e circa 12 milioni di euro di fatturato. Da oltre quindici anni produce quadri elettrici e componenti per impianti su commessa di installatori e aziende di impiantistica, che li montano nei propri impianti con il proprio nome. Per ampliare il proprio mercato, Delta valuta di lanciare in Italia un prodotto con il proprio marchio per le famiglie: il kit S, un piccolo impianto fotovoltaico da installare sulla ringhiera del balcone. Il kit comprende due pannelli da 400W (800W in totale), un microinverter che converte l'energia prodotta per l'impianto di casa, un cavo con spina da collegare a una normale presa e le staffe per il fissaggio alla ringhiera. In Italia produce circa 900–1.200 kWh all'anno, a seconda della zona e dell'esposizione. Il kit non ha batteria. L'energia usata subito in casa riduce la bolletta, quella non consumata finisce in rete senza essere pagata. Il montaggio richiede 1–2 ore e due persone, oppure può essere affidato a un elettricista. Il kit è conforme alla normativa vigente e richiede solo una comunicazione semplificata al distributore di energia. Rispetto ai concorrenti, il kit S ha staffe progettate da Delta più robuste e facili da montare, e un'assistenza tecnica in Italia. I pannelli e il microinverter sono però acquistati da fornitori asiatici, come fanno quasi tutti i concorrenti. Delta le chiede una bozza di piano di marketing e una valutazione economica preliminare, su cui la direzione deciderà se proseguire. Si richiede di:

1. Analizzare l'ambiente competitivo con gli strumenti più opportuni (per esempio 5 Forze di Porter e SWOT), tenendo conto sia dei kit concorrenti sia delle soluzioni alternative per ridurre la bolletta.
2. Calcolare il tempo di ritorno dell'investimento per una famiglia tipo che acquista il kit S e usarlo come argomento di vendita.
3. Definire il marketing mix: prezzo, combinazione di canali, servizi accessori, comunicazione e promozione.
4. Proporre un piano di marketing triennale con un budget annuo a scelta, non superiore a 100.000€, giustificandone il dimensionamento.
5. Stimare il mercato disponibile e il numero di clienti acquisiti da ciascuna iniziativa, esplicitando il percorso che porta dal contatto all'acquisto (visualizzazione, click, visita, acquisto).
6. Calcolare per ogni anno il risultato economico come margine di contribuzione meno costi di marketing e costi fissi, e il VAN del progetto considerando l'investimento iniziale. Si trascurino imposte e capitale circolante.
7. Calcolare il volume di pareggio annuo e confrontarlo con le vendite stimate.
8. Condurre un'analisi di sensibilità su tre variabili a scelta.
9. Formulare una raccomandazione motivata alla direzione: proseguire con approfondimenti (specificando quali) oppure abbandonare il progetto.

Tutti i prezzi al pubblico sono IVA inclusa (22%). I seguenti dati sono stati raccolti da un collaboratore. In assenza di dati, formulare e dichiarare ipotesi realistiche.

Mercato:

- Circa 12 milioni di famiglie italiane vivono in un appartamento con balcone o terrazzo. Di queste, circa il 30% ha un balcone esposto a sud, sud-est o sud-ovest senza ombre rilevanti, e circa il 70% è proprietaria dell'abitazione.
- Alcuni regolamenti condominiali limitano l'installazione di elementi visibili sulla facciata.
- I kit concorrenti da 800 W si collocano in quattro fasce di prezzo: X1 = 450€ (produttori asiatici, senza assistenza in Italia, venduti su marketplace), X2 = 650€, X3 = 850€, X4 = 1.100€ (marchio tedesco leader, con app di monitoraggio e batteria opzionale). Il collaboratore ritiene che il prezzo del kit S si collochi tra X2 e X3.

- Soluzioni alternative per ridurre la bolletta: impianto fotovoltaico sul tetto (spesso difficile in condominio), offerte di energia a prezzo fisso, adesione a una comunità energetica.
- Il prezzo dell'energia elettrica per le famiglie è di circa 0,25–0,30€/kWh. Senza batteria, una famiglia usa direttamente il 50–70% dell'energia prodotta dal kit.
- In alcuni casi l'acquisto può rientrare nelle detrazioni fiscali per interventi sulla casa, ma le regole cambiano spesso.
- Costo di prodotto e struttura per Delta S.r.l.:
- Costo variabile unitario: 390€. Di questo, 270€ sono pannelli e microinverter pagati in dollari: una variazione del cambio del ±10% sposta questa parte del costo in proporzione.
- Investimento iniziale all'anno 0: 70.000€ tra certificazioni, attrezzature per l'assemblaggio delle staffe e sito e-commerce.
- Costi fissi aggiuntivi: 60.000€ all'anno, per un tecnico dedicato all'assistenza clienti, lo spazio di magazzino e la gestione del sito.
- Garanzia: 10 anni sui pannelli e 5 anni sul microinverter, gestite dai fornitori. Si stima che il 3% dei kit richieda comunque un intervento di Delta, con un costo medio di 80€.
- Circa il 50% delle vendite si concentra tra aprile e luglio.
- Canali di distribuzione:
- E-commerce proprio: spedizione 60€ a kit (merce voluminosa su bancale); costo dei pagamenti pari al 2% del prezzo. Il 5% degli acquirenti esercita il diritto di recesso: il kit rientra e va rivenduto come ricondizionato al 70% del prezzo.
- Marketplace: commissione dell'8–12% sul prezzo al pubblico, più 60€ di spedizione.
- Elettricisti installatori: trattengono un margine del 25% sul prezzo al netto dell'IVA e fanno pagare al cliente il montaggio (150–250€). Ogni installatore va attivato con un kit dimostrativo (costo per Delta: il costo variabile del kit) e mezza giornata di formazione (circa 250€). Si stima che un installatore attivo venda 10–20 kit all'anno, dopo un primo anno di avviamento a metà regime.
- Catene di bricolage: trattengono un margine del 40% sul prezzo al netto dell'IVA e chiedono 5.000€ di contributo iniziale per l'inserimento a catalogo. Si stima che una catena nazionale possa vendere 300–600 kit all'anno.
- Costi e rendimenti tipici delle attività di marketing
- Google Ads: costo per click tra 1,00€ e 2,00€ sulle parole chiave principali. Per prodotti di questa fascia di prezzo, la quota di visite che si trasforma in acquisto è tipicamente tra lo 0,8% e l'1,5%.
- Pubblicità video su YouTube: 0,02–0,05€ per visualizzazione; clicca e visita il sito lo 0,5–1% degli spettatori.
- Pubblicità su Instagram e Facebook: 6–9€ ogni 1.000 visualizzazioni; clicca circa lo 0,8–1,2% di chi vede l'annuncio.
- Influencer su risparmio energetico e casa: 400–900€ per un video di un micro-influencer (10.000–50.000 follower); 4.000–8.000€ per uno con più di 200.000 follower.
- Stand a una fiera (per esempio una fiera dell'energia o della casa): 10.000–18.000€ tutto incluso. Le vendite dirette sono limitate; il valore principale sta nei contatti con clienti, installatori e catene.
- Accordo con un'associazione di consumatori (spazio sulla rivista e sulla newsletter per un anno): circa 3.000€.
- Recensione su una rivista o un sito specializzato: gratuita, ma bisogna inviare un kit in prova (il costo variabile del kit).
- Altri parametri economico-finanziari
- Tasso minimo di rendimento accettabile (Minimum acceptable rate of return)) di Delta: 8%.

Traccia 4

Lo schema di Fig. 1 mostra un sistema di trasmissione della potenza meccanica costituito dal motore elettrico 1, caratterizzato da un numero di giri n_1 = 1500 giri/min, dalla trasmissione a cinghie costituita dalle pulegge 2 (motrice) e 4 (condotta) con rapporto dei diametri $d_4 = 2*d_2$, dove 3 è la cinghia, e dal riduttore angolare 5, il cui pignone di uscita 6 con numero di denti z_6 = 15 ingrana con la ruota dentata 7 con z_7 = 140 dell'albero di uscita verso l'utilizzatore. La potenza richiesta all'albero 7 è W_7 = 1 kW con un numero di giri n_7 = 6 giri/min, mentre i rispettivi rendimenti della trasmissione a cinghia, del riduttore 5 e della coppia dentata 6/7 sono: η_c = 0.98, η_R = 0.75 e η_D = 0.97. Inoltre, si conosce l'interasse i = 500 mm tra le ruote 6 e 7.

Determinare:

1. La potenza W_1 richiesta dal motore elettrico 1;
2. Il rapporto di trasmissione del riduttore 5;
3. La coppia motrice agente sul pignone 6;

Assumendo eventuali ulteriori dati mancanti, calcolare:

1. il carico agente sul cuscinetto del tipo a rotolamento radiale rigido a sfere del motore elettrico, che risulta più sollecitato e, pertanto, sceglierlo con il supporto del manuale;
2. proporzionare i denti dritti della coppia 6/7;
3. verificare l'interferenza e la continuità del moto.

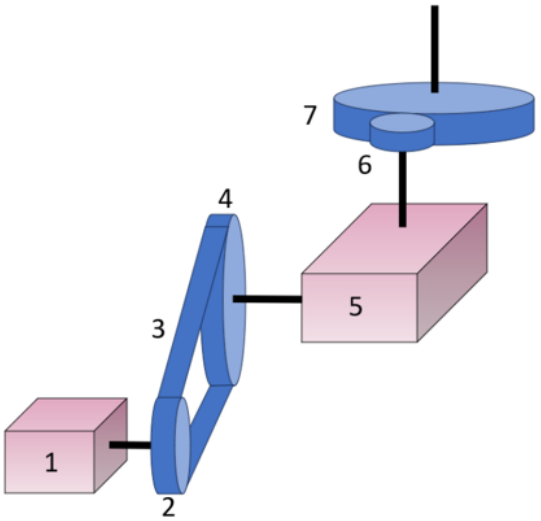


Fig. 1: Sistema di trasmissione della potenza meccanica

Traccia 5

Dato un complesso residenziale di 20 piani con 8 appartamenti per piano e 3 KW di potenza impegnata per ogni unità abitativa, la cabina di ricezione della media tensione è posta all'interno dell'edificio e ha le seguenti caratteristiche:

- Tensione nominale 20 KV
- Potenza di corto circuito 350 MVA
- Corrente di guasto a terra Ig=180 A
- Tempo di eliminazione del guasto tg=0,60 s

Inoltre sono presenti 6 motori di potenza nominale 20 KW con fattore di potenza 0,80 per il funzionamento degli ascensori installati.
Il candidato potrà integrare con le proprie ipotesi, giustificandole, i dati non forniti dal testo.
Viene richiesto di:

- Dimensionare le apparecchiature della cabina di trasformazione indicandone le caratteristiche principali;
- Disegnare lo schema circuitale della cabina di trasformazione;
- Dimensionare l'impianto di rifasamento;
- Dimensionare la linea di cavo che alimenta tutti i motori degli ascensori tenendo presente che sono posti in cima all'edificio ad una distanza di 250 m dalla cabina di trasformazione.

Dimensionare gli impianti di terra della cabina di trasformazione tenendo presente che la resistività del suolo è di 150 Ωm

Traccia 6

Si predimensioni un impianto di climatizzazione per un ufficio open-space da 30 persone, situato nel Comune di Cassino, con pianta quadrata di 10x10 m ed un'altezza d'interpiano di 3,30 m. L'ufficio si trova ad un piano intermedio confinante superiormente ed inferiormente con locali climatizzati.

Inoltre:

• a Nord la parete è totalmente vetrata e presenta una trasmittanza di Ufacade=1.4 W m^{-2} K^{-1} con un fattore solare ggl = 0.62;

• a Sud la parete è completamente opaca; • ad Est e ad Ovest le pareti hanno un rapporto fra superfice finestrata e superfice della parete (WWR) pari al 20%;

• le pareti opache sono in laterizio con isolamento a cappotto esterno caratterizzate da una trasmittanza Uwall=0.5 W m^{-2} K^{-1} ;

• i serramenti hanno una trasmittanza complessiva di Uwin=1.2 W m^{-2} K^{-1} ed una trasmittanza solare ggl =0.5. Si trascurino nei calcoli le presenze di eventuali ostruzioni esterne e l'effetto di accumulo di calore nelle componenti opache d'involucro. Si assuma che i carichi interni, sensibili e latenti, siano dovuti esclusivamente alla presenza delle

persone e di 30 Personal Computer. Nella fascia oraria (8 ÷ 18), è richiesto di mantenere nell'ufficio le condizioni di temperatura e umidità relativa pari a:

• tA = 20°C e URA= 50%, nella stagione invernale;

• tA = 24°C e URA= 50%,nella stagione estiva. Il locale viene climatizzato attraverso un impianto a tutt'aria che, in aggiunta alla climatizzazione, fornisce la quantità d'aria primaria per la ventilazione.

Utilizzando i dati climatici di progetto, si richiede di:

• valutare il carico sensibile ed il carico latente da asportare/fornire al locale per mantenerlo nelle condizioni interne di progetto;

• progettare e schematizzare l'impianto a tutt'aria con ricircolo, ipotizzando un'efficienza: o dell'80% per il saturatore adiabatico; o del 90% per lo scambio termico nelle batterie alettate; o del 60% per l'eventuale recuperatore di calore; • tracciare sui diagrammi ASHRAE allegati le trasformazioni termodinamiche dell'aria umida eseguite nell'Unità di Trattamento Aria (UTA) per portare l'aria dalle condizioni esterne a quelle di immissione;

• schematizzare l'impianto progettato, e disegno planimetrico.

N.B. Il candidato svolga una sola traccia