

**Esame di stato per l'abilitazione all'esercizio delle professioni di Ingegnere
presso l'Università degli Studi di Modena e Reggio Emilia**

Sez. A anno 2025 Seconda Sessione

Quarta prova – 13 gennaio 2026

Durata: 6 ore

Settore Civile e Ambientale

Il candidato deve scegliere fra uno dei tre temi proposti; si informa che le procedure di risoluzione, la correttezza dei risultati, la capacità di sintesi, l'ordine e la chiarezza espositiva costituiranno elementi di valutazione.

Tema 1 Civile e Ambientale

Si deve progettare l'intervento mostrato nelle Figure 1 e 2, che consiste nella realizzazione di un ampliamento di un edificio esistente mediante una struttura monopiano, strutturalmente indipendente e separata tramite giunto, destinata a ospitare i servizi di supporto. L'ampliamento ha dimensioni in pianta di 5 m x 5.5 m e presenta una copertura piana. La sua struttura è costituita da quattro pilastri e quattro travi come mostrato schematicamente in Figura 3.

Le dimensioni di travi e pilastri nella Figura 3 sono indicative e possono essere modificate dal candidato in base al progetto effettuato, senza però modificare la geometria complessiva della struttura.

I valori caratteristici dei carichi permanenti portati e del peso proprio possono essere assunti pari a, rispettivamente, 1.50 kN/m² e 3.0 kN/m². I carichi variabili sono conformi a quanto richiede la norma per le coperture, considerando che la struttura si trova a Modena.

Si richiede di effettuare la progettazione della struttura in ca, in conformità con le norme tecniche vigenti (Norme Tecniche per le Costruzioni, DM 17.01.2018 - NTC2018). In particolare, si chiede di:

- Definire l'azione del sisma di progetto giustificando opportunamente il fattore di comportamento che si intende adottare, in quanto la struttura dovrà essere progettata per avere un comportamento dissipativo.
- Valutare i tre periodi propri della struttura e le relative forme modali, considerando il solaio infinitamente rigido. Per il calcolo dei periodi propri si può far riferimento all'ipotesi di travi rigide.
- Valutare le sollecitazioni sulla struttura in ca dovute all'effetto dei carichi verticali e dell'azione sismica.
- Effettuare le verifiche di resistenza per almeno una travata e un pilastro, in accordo con il metodo degli stati limite, applicando il criterio della gerarchia delle resistenze se opportuno. L'effetto dell'azione sismica deve essere valutato attraverso un'analisi lineare (statica o dinamica).
- Eseguire elaborati grafici schematici che mostrino la posizione delle armature calcolate, specificando i dettagli necessari per rendere il progetto conforme alle NTC2018.
- Valutare gli spostamenti della struttura allo Stato Limite di salvaguardia della Vita umana.
- Calcolare la dimensione del giunto strutturale necessario per evitare fenomeni di martellamento tra la costruzione esistente e l'ampliamento.

- Valutare gli spostamenti della struttura agli Stati Limite di Danno, verificando il rispetto dei limiti previsti dalle NTC201 per tamponamenti “fragili”.

L'edificio si trova nel comune di Modena, il terreno è assimilabile alla tipologia “C” e i parametri per la definizione dell'azione sismica sono riportati in Tabella 1. Si consideri che la quota dell'estradosso delle fondazioni, non rappresentate in Figura 2, è posta a 40 cm al di sotto del piano campagna.

Le quote delle figure sono in cm. Qualunque dato mancante può essere assunto dal candidato previa opportuna giustificazione.

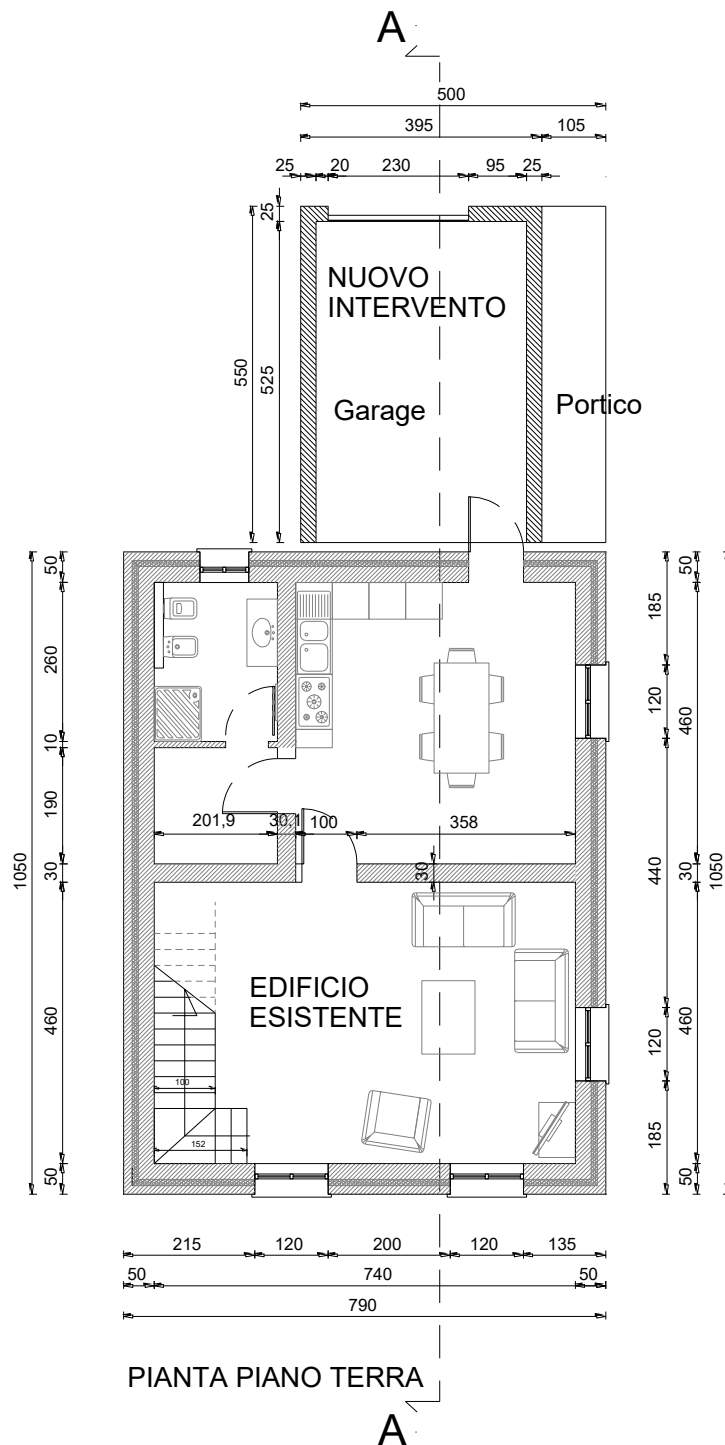
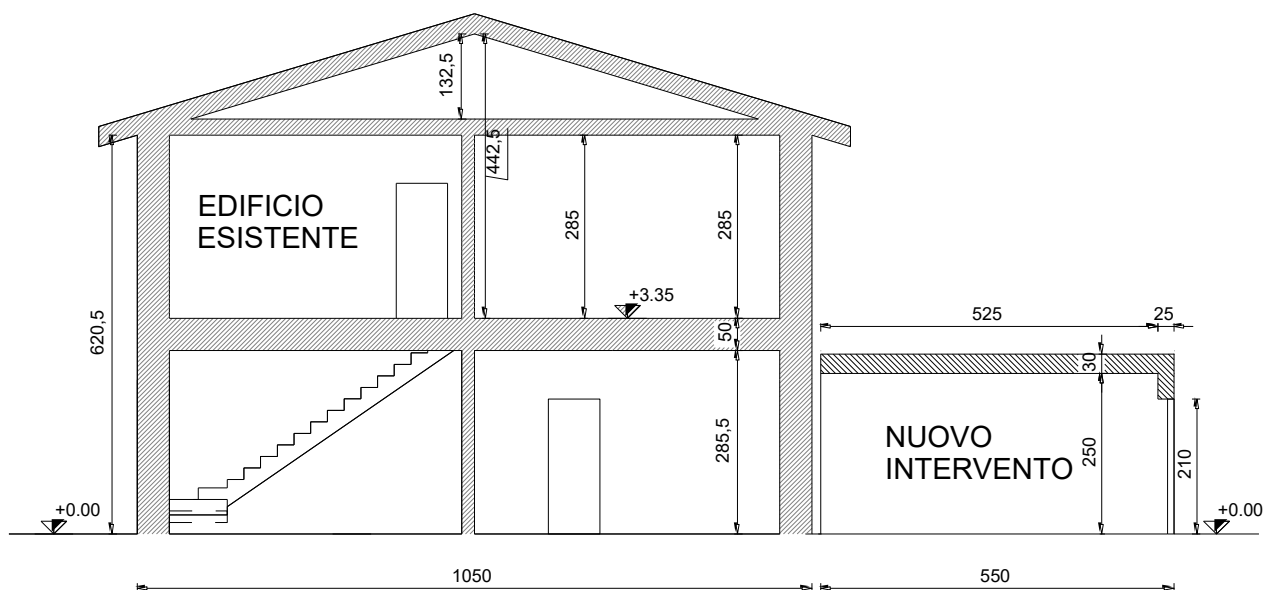


Figura 1. Oggetto dell'intervento: pianta
Settore Civile Ambientale pag. 2



SEZIONE A-A

Figura 2. Oggetto dell'intervento: sezione

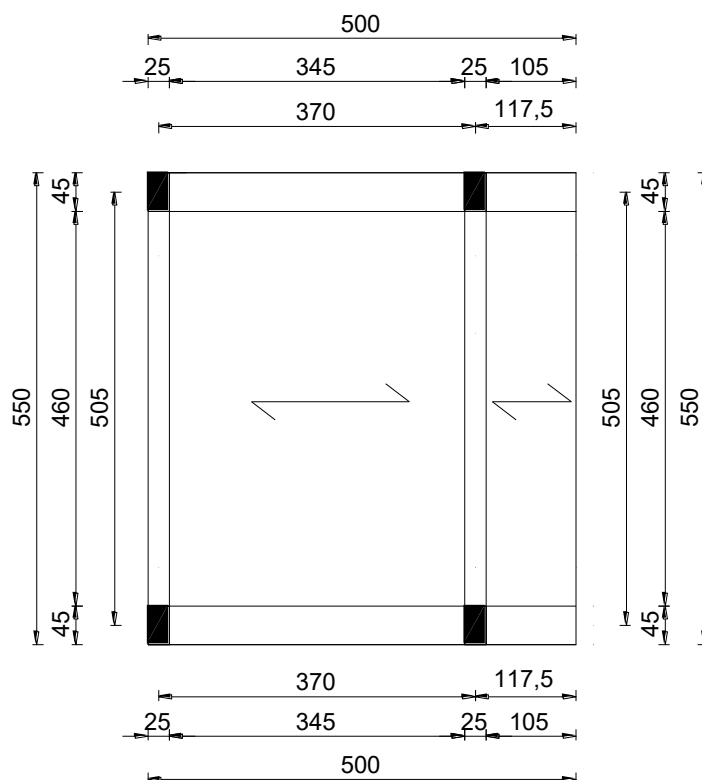


Figura 3. Pianta schematica della struttura oggetto di progettazione

Stato Limite	T_r (anni)	a_g (g)	F_0 (-)	T_c^* (s)
Salvaguardia della Vita	475	0.16	2.50	0.29
Danno	50	0.06	2.50	0.27

Tabella 1. Parametri dell'azione sismica

Tema 2 Civile e Ambientale

La struttura rappresentata in Figura 1 è costituita da un telaio in acciaio ad un solo piano composto da quattro pilastri in acciaio collegati da travi perimetrali. La struttura è adibita ad autorimessa/garage e la copertura è praticabile ed utilizzata come terrazzo.

L'impalcato di copertura è realizzato mediante solaio con lamiera grecata e soletta collaborante in calcestruzzo, la cui orditura è indicata in figura. Il solaio con lamiera grecata ha orditura disposta in

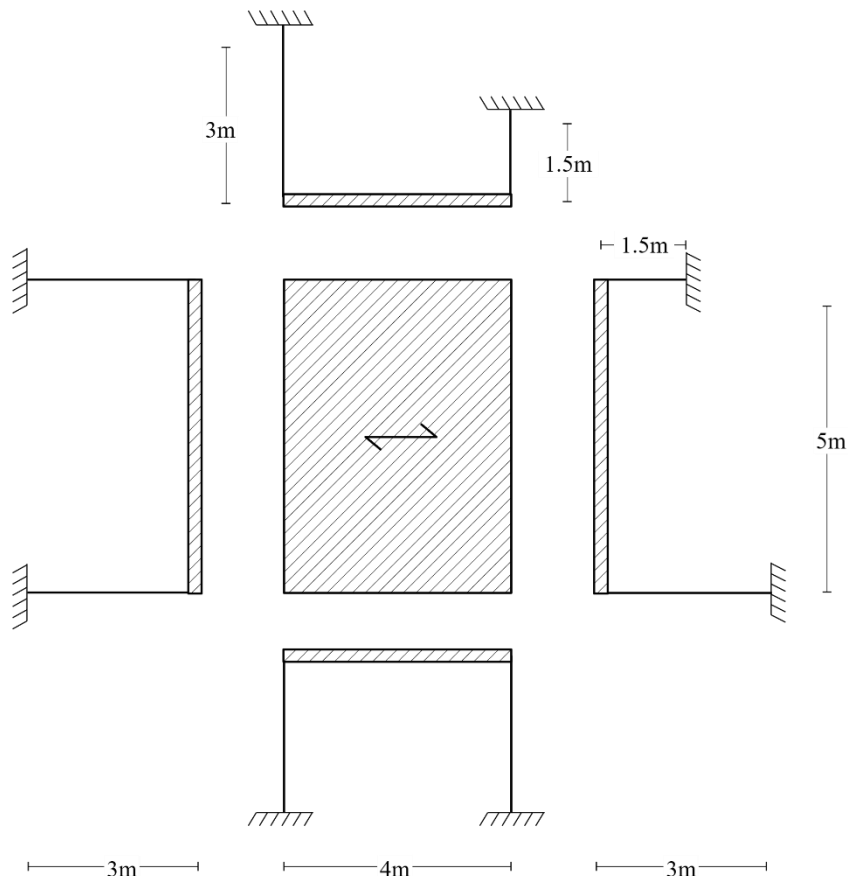


Figura 1

direzione 4 m e scarica sulle travi portanti da 5 m. Le travi lungo il lato da 4 m sono travi secondarie/perimetrali non portanti rispetto all'orditura del solaio.

I pilastri in acciaio hanno altezza pari a 3.0 m, ad eccezione di un pilastro che risulta più corto, con altezza pari a 1.5 m.

Si considerino come materiali di riferimento acciaio strutturale S235JR per profili ($E = 210$ GPa) e calcestruzzo C25/30 per la soletta collaborante, con acciaio per armature B450C. Si assuma che i pilastri siano perfettamente incastrati alla base e che i collegamenti trave-pilastro siano rigidi.

Le sezioni strutturali sono così assunte:

- pilastri in acciaio: HEB 200;
- travi portanti di luce 5 m: IPE 270;
- travi secondarie/perimetrali di luce 4 m: IPE 200.

Il pacchetto di solaio è composto dai seguenti strati:

- 1.5 cm di intonaco all'intradosso;
- lamiera grecata in acciaio zincato di altezza 60 mm e spessore 0.8 mm;

- soletta collaborante in calcestruzzo di spessore totale pari a 12 cm, armata con rete elettrosaldata;
- massetto di pendenza considerabile di spessore uniforme pari a 6 cm;
- guaina bituminosa di spessore 4 mm;
- massetto armato di spessore 5 cm;
- pavimentazione in gres di spessore 1.2 cm.

Si assumano pesi specifici dei materiali secondo valori usuali di normativa e si trascuri la presenza dei tamponamenti.

Per tale struttura, il candidato svolga i seguenti punti nell'ordine indicato:

1. Analisi modale

- Determinare le prime tre frequenze proprie del telaio mediante analisi modale, assemblando la matrice delle rigidezze e la matrice delle masse, considerando l'impalcato quale sistema ad elasticità concentrata caratterizzato da tre gradi di libertà (due traslazionali ed uno rotazionale). Per il calcolo della matrice delle rigidezze si consideri l'ipotesi di telaio shear-type, mentre per la matrice delle masse si concentri la massa degli elementi sull'impalcato, trascurando la presenza di eventuali tamponamenti.
- Ricavare e rappresentare le forme modali corrispondenti, commentandone il significato fisico.

2. Calcolo statico semplificato

Si consideri la struttura sita nel Comune di Modena. Prendendo le opportune approssimazioni semplificative e giustificandole, il candidato svolga i seguenti punti:

- Definire una combinazione di carico allo SLU includente l'azione sismica, a discrezione del candidato, specificando chiaramente le ipotesi e le scelte adottate e commentando le scelte dei parametri impiegati per la definizione dello spettro.
- Per un telaio portante a scelta, determinare le azioni sismiche equivalenti sul telaio mediante un metodo statico semplificato e tracciare le caratteristiche della sollecitazione interna (sforzo normale, taglio e momento flettente).
- Effettuare le verifiche allo SLU per il telaio considerato, limitatamente a:
 - pilastri in acciaio (sforzo normale, flessione, instabilità e taglio);
 - travi in acciaio (flessione e taglio).

Tema 3 Civile e Ambientale

In un sito industriale, sede di un ex stabilimento chimico, si è verificato lo sversamento accidentale di tricloroetilene (TCE) in seguito alle operazioni di rimozione di una vasca di sgrassaggio metalli e di un serbatoio interrato. Il TCE è un solvente organico clorurato e deriva dalla sostituzione di tre atomi di idrogeno, legati all'etilene, con altrettanti atomi di cloro. In seguito allo sversamento, sono state effettuate le analisi finalizzate alla caratterizzazione del sito. In particolare, sono stati eseguiti n. 16 carotaggi continui (P1 – P16) predisposti come riportato in figura 1. Da ciascuna carota di terreno estratta sono stati prelevati 6 campioni compositi di terreno (figura 1, tabella 1). Le celle non interessate dai campionamenti non sono oggetto di contaminazione.

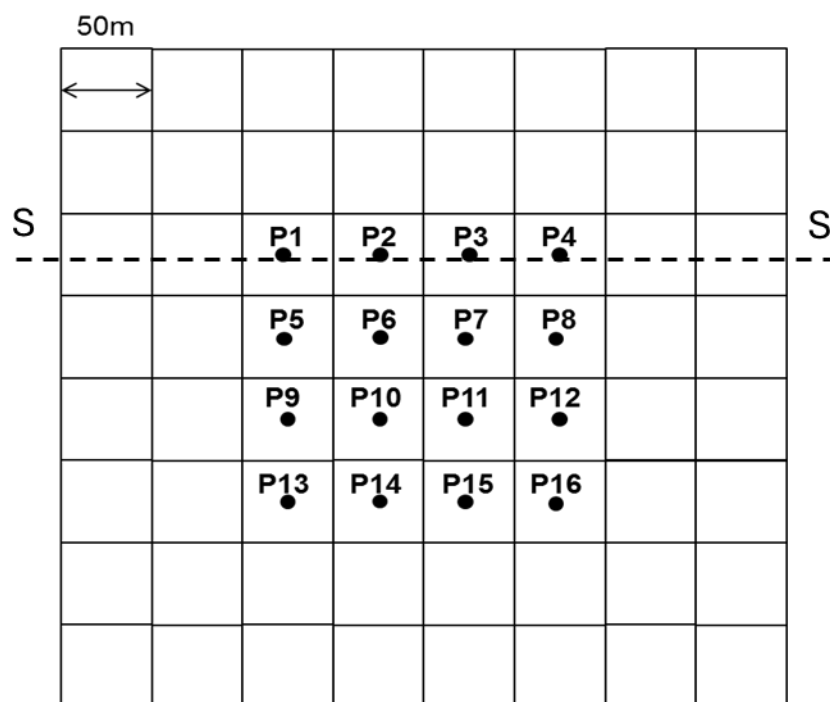


Figura 1: Vista planimetrica dell'area contaminata

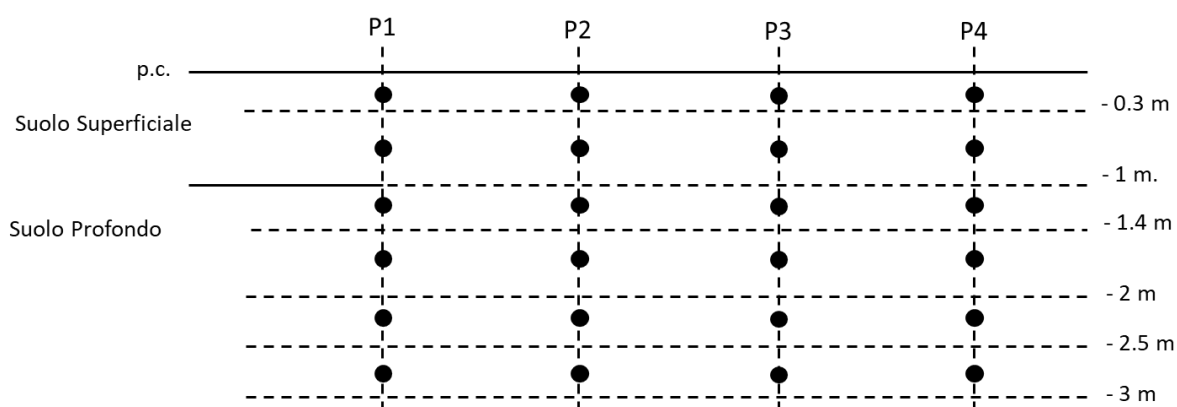


Figura 2: Stratificazione verticale del campionamento lungo la sezione S

Strato (m)		P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16
0	0.3	ND	3	ND	5	ND	ND	8	ND	7	ND	3	ND	ND	ND	ND	ND
0.3	1	30	45	86	120	ND	462	321	6	5	270	178	180	8	32	2	80
1	1.4	246	6	550	3	8	87	5	210	6	5	125	58	3	3	112	332
1.4	2	147	8	310	240	2	239	ND	398	8	170	2	89	3	435	49	24
2	2.5	5	7	2	130	5	216	2	7	6	38	5	2	2	240	62	8
2.5	3	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND

Tabella 1: Concentrazioni di TCE (mg/kg riferiti al suolo secco) dei campioni prelevati. ND indica che il valore è al di sotto del limite di rilevabilità strumentale.

Tricloroetilene (TCE)			
Parametro	Simbolo	udm	Valore
Idrosolubilità	Sol	mg/L	1.28E+03
Costante di Henry	H	-	4.03E-01
Coeff. Di ripartizione del carbonio organico	Koc	L/kg	6.07E+01
Diffusività in aria	Dair	cm ² /s	6.87E-02
Diffusività in acqua	Dwat	cm ² /s	1.02E-05
Densità	ρ	kg/L	1.46
Slope Factor per ingestione	SFing	(mg/kg/d) ⁻¹	4.60E-02
Slope Factor per Inalazione	SFinal	(mg/kg/d) ⁻¹	1.44E-03
Inalation Unit Risk	IUR	(μg/m ³) ⁻¹	4.10E-06
Reference Dose per ingestione	RfDing	(mg/kg/d)	5.00E-04
Reference Dose per Inalazione	RfDinal	(mg/kg/d)	5.70E-04
Reference Concentration	RfC	(mg/m ³)	2.00E-03
Valore di riferimento da d.lgs. 152/2006	CSC Residenziale	mg/kg	1.00E+00
Valore di riferimento da d.lgs. 152/2006	CSC Industriale	mg/kg	1.00E+01
Valore di riferimento da d.lgs. 152/2006	CSC falda	mg/L	1.50E-03

Tabella 2: Caratteristiche del tricloroetilene

Si ipotizzi che:

- Il sito abbia destinazione industriale e che non ci siano altri insediamenti residenziali, commerciali o industriali in prossimità del sito;
- La sola esposizione significativa risulti essere quella dovuta alla volatilizzazione della sostanza, dato che il top soil (ovvero i primi decimetri di suolo) non è interessato da contaminazione;
- Il suolo sia insaturo di tipo limoso;
- Lo sversamento sia appena avvenuto e che, a partire da 3 m di profondità, ci sia uno strato argilloso impermeabile. Dunque, la lisciviazione in falda è da considerarsi trascurabile, essendo ben isolata dal suolo sovrastante.

Il candidato stabilisca:

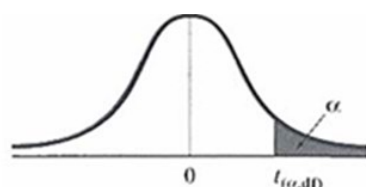
1. Le caratteristiche del contaminante;
2. La geometria della sorgente ed il volume di terreno contaminato;
3. La concentrazione rappresentativa nel suolo superficiale e nel suolo profondo;
4. La concentrazione del contaminante in corrispondenza del punto di esposizione;
5. L'esposizione al recettore;
6. Il rischio associato e, eventualmente, gli obiettivi di bonifica da raggiungere;

Infine, il candidato:

7. Ipotizzi un trattamento idoneo al tipo di contaminazione per la bonifica del suolo superficiale e del suolo profondo motivandone la scelta.

Per i punti sopra descritti il candidato utilizzi anche le informazioni nelle figure e nelle tabelle allegate, per dati o informazioni mancanti il candidato effettui le scelte e le ipotesi ritenute più opportune, giustificandole.

Tavola della distribuzione T di Student



Gradi di libertà	Area nella coda di destra					
	0,25	0,1	0,05	0,025	0,01	0,005
1	1,0000	3,0777	6,3138	12,7062	31,8205	63,6567
2	0,8165	1,8856	2,9200	4,3027	6,9646	9,9248
3	0,7649	1,6377	2,3534	3,1824	4,5407	5,8409
4	0,7407	1,5332	2,1318	2,7764	3,7469	4,6041
5	0,7267	1,4759	2,0150	2,5706	3,3649	4,0321
6	0,7176	1,4398	1,9432	2,4469	3,1427	3,7074
7	0,7111	1,4149	1,8946	2,3646	2,9980	3,4995
8	0,7064	1,3968	1,8595	2,3060	2,8965	3,3554
9	0,7027	1,3830	1,8331	2,2622	2,8214	3,2498
10	0,6998	1,3722	1,8125	2,2281	2,7638	3,1693
11	0,6974	1,3634	1,7959	2,2010	2,7181	3,1058
12	0,6955	1,3562	1,7823	2,1788	2,6810	3,0545
13	0,6938	1,3502	1,7709	2,1604	2,6503	3,0123
14	0,6924	1,3450	1,7613	2,1448	2,6245	2,9768
15	0,6912	1,3406	1,7531	2,1314	2,6025	2,9467
16	0,6901	1,3368	1,7459	2,1199	2,5835	2,9208
17	0,6892	1,3334	1,7396	2,1098	2,5669	2,8982
18	0,6884	1,3304	1,7341	2,1009	2,5524	2,8784
19	0,6876	1,3277	1,7291	2,0930	2,5395	2,8609
20	0,6870	1,3253	1,7247	2,0860	2,5280	2,8453
21	0,6864	1,3232	1,7207	2,0796	2,5176	2,8314
22	0,6858	1,3212	1,7171	2,0739	2,5083	2,8188
23	0,6853	1,3195	1,7139	2,0687	2,4999	2,8073
24	0,6848	1,3178	1,7109	2,0639	2,4922	2,7969
25	0,6844	1,3163	1,7081	2,0595	2,4851	2,7874
26	0,6840	1,3150	1,7056	2,0555	2,4786	2,7787
27	0,6837	1,3137	1,7033	2,0518	2,4727	2,7707
28	0,6834	1,3125	1,7011	2,0484	2,4671	2,7633
29	0,6830	1,3114	1,6991	2,0452	2,4620	2,7564
30	0,6828	1,3104	1,6973	2,0423	2,4573	2,7500
31	0,6825	1,3095	1,6955	2,0395	2,4528	2,7440
32	0,6822	1,3086	1,6939	2,0369	2,4487	2,7385
33	0,6820	1,3077	1,6924	2,0345	2,4448	2,7333
34	0,6818	1,3070	1,6909	2,0322	2,4411	2,7284
35	0,6816	1,3062	1,6896	2,0301	2,4377	2,7238
36	0,6814	1,3055	1,6883	2,0281	2,4345	2,7195
37	0,6812	1,3049	1,6871	2,0262	2,4314	2,7154
38	0,6810	1,3042	1,6860	2,0244	2,4286	2,7116
39	0,6808	1,3036	1,6849	2,0227	2,4258	2,7079
40	0,6807	1,3031	1,6839	2,0211	2,4233	2,7045
50	0,6794	1,2987	1,6759	2,0086	2,4033	2,6778
60	0,6786	1,2958	1,6706	2,0003	2,3901	2,6603
70	0,6780	1,2938	1,6669	1,9944	2,3808	2,6479
80	0,6776	1,2922	1,6641	1,9901	2,3739	2,6387
90	0,6772	1,2910	1,6620	1,9867	2,3685	2,6316
100	0,6770	1,2901	1,6602	1,9840	2,3642	2,6259
120	0,6765	1,2886	1,6577	1,9799	2,3578	2,6174
∞	0,6745	1,2816	1,6450	1,9602	2,3267	2,5763

**Esame di stato per l'abilitazione all'esercizio delle professioni di Ingegnere
presso l'Università degli Studi di Modena e Reggio Emilia**

Sez. A anno 2025 Seconda Sessione

Quarta prova – 13 gennaio 2026

Durata: 6 ore

Settore Industriale

Il candidato deve scegliere fra uno dei quattro temi proposti; si informa che le procedure di risoluzione, la correttezza dei risultati, la capacità di sintesi, l'ordine e la chiarezza espositiva costituiranno elementi di valutazione.

Tema 1 Industriale

Si deve realizzare un contenitore sferico con raggio interno 1.0 m, in grado di lavorare con pressione interna di 20.0 bar in sicurezza e senza subire deformazioni plastiche.

1. Indicare in una tabella quali siano funzione, vincoli, obiettivi e variabili libere del problema.
2. Selezionare, con l'ausilio dei diagrammi e tabella forniti, almeno 3 materiali possibili per realizzare il recipiente.
3. Nell'ipotesi di dover minimizzare lo spessore di parete quale indice dovrebbe essere preso in considerazione? Che valore avrebbe tale indice per i candidati emersi dal precedente processo di selezione?
4. Nell'ipotesi di dover minimizzare la massa del recipiente quale altro indice dovrebbe essere preso in considerazione? Che valore avrebbe tale indice per i candidati emersi dal precedente processo di selezione?
5. Calcolare, per ciascuno dei tre materiali selezionati, lo spessore di parete necessario a soddisfare i vincoli imposti.
6. Se al posto del recipiente indicato si dovesse realizzare un recipiente in pressione di *piccole dimensioni* quale sarebbe il criterio di progettazione da prendere in considerazione? Motivare la risposta.
7. Indicare quali possibili controlli periodici sarebbero indicati per garantire la sicurezza del recipiente in pressione nel tempo, contestualizzando la risposta in base ai materiali emersi dalla selezione.
8. Nel caso il recipiente fosse utilizzato a contatto con sostanze che possono portare a condensa di acqua (sia all'interno che all'esterno), generando le condizioni per un degrado da corrosione umida del materiale, quale dei candidati emersi dalla selezione sarebbe il più indicato per massimizzare la resistenza a corrosione del sistema? (considerare come condensa una soluzione acquosa a pH 6).

Damage-tolerant design

Function and constraints	Maximize
Ties (tensile member)	
Maximum flaw tolerance and strength, load-controlled design	K_{IC} and σ_f
Maximum flaw tolerance and strength, displacement-control	K_{IC}/E and σ_f
Maximum flaw tolerance and strength, energy-control	K_{IC}^2/E and σ_f
Shafts (loaded in torsion)	
Maximum flaw tolerance and strength, load-controlled design	K_{IC} and σ_f
Maximum flaw tolerance and strength, displacement-control	K_{IC}/E and σ_f
Maximum flaw tolerance and strength, energy-control	K_{IC}^2/E and σ_f
Beams (loaded in bending)	
Maximum flaw tolerance and strength, load-controlled design	K_{IC} and σ_f
Maximum flaw tolerance and strength, displacement-control	K_{IC}/E and σ_f
Maximum flaw tolerance and strength, energy-control	K_{IC}^2/E and σ_f
Pressure vessel	
Yield-before-break	K_{IC}/σ_f
Leak-before-break	K_{IC}^2/σ_f

Tema 2 Industriale

Si consideri un'automobile a due ruote motrici con trazione anteriore e propulsione elettrica, i cui parametri sono riportati in *Tabella 1*. L'albero del motore elettrico è collegato a un cambio di velocità a due rapporti, connesso in serie alla coppia conica del differenziale, avente rapporto di riduzione pari a 4.

La caratteristica stazionaria del motore elettrico è composta da un tratto a coppia costante pari a 300 Nm fino alla velocità nominale di 3000 rpm, seguito da un tratto a potenza costante fino alla velocità di rotazione massima di 9000 rpm, come riportato in Fig. 1.

Per il calcolo della forza resistente all'avanzamento del veicolo su strada piana, si consideri la seguente espressione $F_{res} = F_0 + F_v v^2$; dove v è la velocità del veicolo, $F_0 = 123 \text{ N}$, e

$$F_v = 0.039 \text{ N} \left(\frac{\text{km}}{\text{h}} \right)^{-2}.$$

Si determinino i rapporti di trasmissione del cambio di velocità in modo da soddisfare le seguenti specifiche tecniche del veicolo:

- Massima pendenza superabile pari al 70% a bassissima velocità.
- Raggiungimento della velocità massima in seconda marcia, compatibilmente con la disponibilità di potenza del motore.

Inoltre, si richiede di:

- Fornire uno schema dell'architettura della trasmissione del veicolo.
- Valutare il coefficiente di aderenza necessario per consentire l'avanzamento del veicolo sulla pendenza indicata senza slittamento delle ruote motrici.
 - Rappresentare la caratteristica del carico resistente e le caratteristiche della forza di trazione totale disponibile alle ruote, in prima e seconda marcia, in funzione della velocità del veicolo.
 - Esprimere la velocità massima del veicolo raggiungibile in prima e in seconda marcia.

La condizione di utilizzo tipica del veicolo è schematizzabile come una successione di tratti di guida in rettilineo e tratti in curva a raggio costante (R_c), secondo i dati riportati in *Tabella 2*. Si supponga costante la velocità del motore e la marcia innestata per ciascuna manovra. Si trascurino

la pendenza longitudinale e trasversale della strada. Scegliere e verificare il cuscinetto del mozzo ruota. In dettaglio si richiede di:

- Calcolare l'accelerazione centripeta associata al moto in curva e valutare il trasferimento di carico laterale, ipotizzando di ripartirlo equamente tra assale anteriore e assale posteriore.
- Individuare la ruota motrice maggiormente caricata e calcolare i carichi agenti sul cuscinetto.
- Scegliere la tipologia e la classe del cuscinetto, compatibilmente con gli ingombri dell'applicazione e i carichi da sopportare.
- Calcolare il coefficiente di sicurezza statico.
- Calcolare la durata del cuscinetto, espressa in chilometri percorsi dall'automobile, sulla base del ciclo di manovre assegnato.

Il candidato scelga opportunamente i dati mancanti, giustificando le scelte effettuate.

Tabella 1. Parametri del veicolo.

m massa veicolo	2000	kg
c carreggiata	1500	mm
h altezza del baricentro da terra	500	mm
R raggio della ruota	300	mm
a semipasso anteriore	1,1	m
b semipasso posteriore	1,5	m

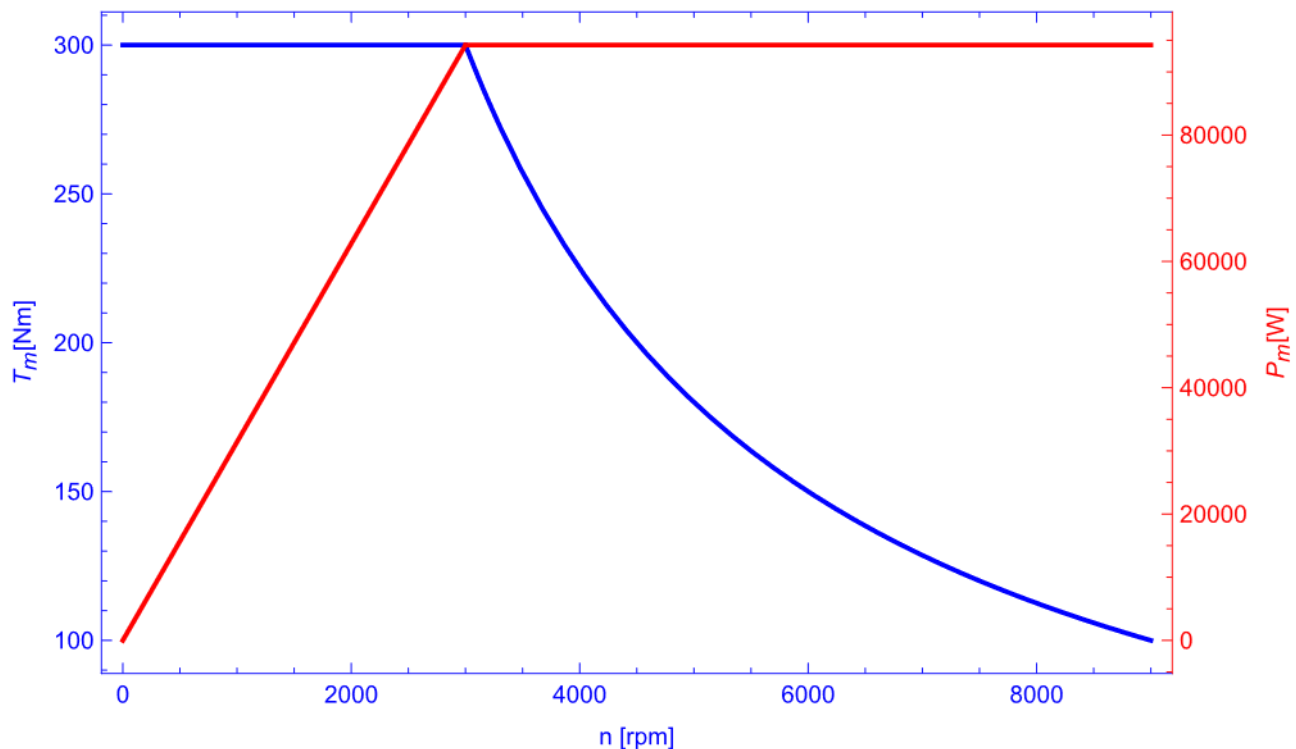


Fig. 1. Caratteristica del motore elettrico.

Tabella 2. Dati delle manovre.

R_c [m]	n motore [rpm]	Marcia	tempo [%]
39	3731	1	5
210	4050	2	10
330	5850	2	5
Inf	3150	2	80

Tema 3 Industriale

Un'azienda deve realizzare un magazzino all'interno di un edificio in grado di gestire unità pallettizzate nel formato EUR. Nel magazzino non vengono eseguite attività di *picking*, quindi, sia i flussi in ingresso che quelli in uscita sono costituiti da palette intere.

Nel magazzino saranno gestite 6 famiglie di prodotti, delle quali si conoscono gli andamenti delle giacenze rilevate in quattro momenti nel corso dell'anno passato (si veda la tabella seguente). La giacenza delle 6 famiglie è prevista stazionaria per la vita utile del magazzino, quindi, i dati storici possono essere utilizzati come dati di riferimento per il nuovo progetto.

	Giacenze rilevate (pallet)			
	1	2	3	4
F1	541	480	440	473
F2	295	298	263	301
F3	869	1026	985	1101
F4	518	554	489	463
F5	365	356	400	405
F6	814	902	887	911

I dati di progetto da considerare sono i seguenti:

- Dimensioni UdC: EUR di altezza massima 1300 mm.
- Nessun debordo del carico.
- Peso massimo delle UdC: 500 kg.
- Altezza massima sottotrave dell'edificio: 9 m.
- Costo del personale addetto ai carrelli: 18,5 €/h.
- Spessore montati 100 mm e spessore correnti 100 mm.

Richieste progettuali:

- Pianta del magazzino: rettangolare.
- Scaffalature di tipo bifronte, selettività unitaria.
- *Layout* di tipo longitudinale, con punto di I/O all'estremità.
- Necessità di installare l'impianto di riscaldamento e di illuminazione sottotrave.
- Allocazione dei codici a magazzino di tipo *shared*, con equiprobabilità di accesso ai vani.
- Carrelli a montante retrattile: altezza massima presa forche 7,5 m, larghezza minima corridoio 2,9 m, velocità orizzontale 1,8 m/s, velocità salita/discesa gruppo forche 0,5 m/s e tempi fissi 0,6 min/ciclo.
- Franco di manovra richiesto per il sollevamento del pallet: 100 mm.
- Considerare che i carrelli operino esclusivamente con cicli semplici.

Al candidato è richiesto di:

1. Determinare il numero di livelli di stoccaggio in altezza.
2. Determinare la potenzialità ricettiva del magazzino richiesta per stoccare le 6 famiglie di prodotti.
3. Definire e schematizzare il modulo unitario della scaffalatura, scegliendo il tipo di inforamento che ne ottimizza l'utilizzo superficiale.
4. Determinare il *layout* ottimale dell'area di stoccaggio.
5. Determinare il costo medio dell'operatore per ciclo.
6. Determinare il *layout* finale del magazzino e valutarne la ricettività effettiva (si trascuri la posizione dei pilastri di sostegno della struttura).

Inoltre, sulla base della progettazione del magazzino eseguita in accordo alle precedenti richieste e assumendo che il magazzino sia un'area di rischio di Livello 2, al Candidato è richiesto di progettare un impianto antincendio ad idranti.

Il Candidato effettui tutte le ulteriori assunzioni necessarie in merito a parametri e scelte progettuali, dando opportuna giustificazione scritta.

Tabella 15.3 – Lunghezza del getto (in m) di lance idriche al variare del diametro del bocchello e della pressione

Δp (bar) (*)	UNI 45			UNI 70		
	diametro	bocchelli	(mm)	diametro	bocchelli	(mm)
	10	12	14	16	18	20
3	22	23	24	26	27	28
4	24	25	26	28	29	31
5	26	27	28	30	32	34
6	28	29	30	32	43	37
7	30	32	33	35	37	40
8	31	33	34	38	40	43
9	30	34	35	40	42	45
10	30	34	36	41	43	47
11	29	33	35	42	44	48
12	28	33	35	42	45	49

(*) pressione effettiva alla bocca delle lance

Tabella 15.4 – Altezza del getto (in m) di lance idriche al variare del diametro del bocchello e della pressione

Δp (bar) (*)	UNI 45			UNI 70		
	diametro	bocchelli	(mm)	diametro	bocchelli	(mm)
	10	12	14	16	18	20
3	16	17	18	19	20	21
4	18	19	20	21	22	23
5	19	20	21	22	24	26
6	21	22	23	24	26	28
7	22	23	24	26	28	30
8	23	24	25	28	30	32
9	22	25	26	30	31	34
10	22	25	27	30	32	35
11	21	24	26	31	33	36
12	21	24	26	31	34	37

(*) pressione effettiva alla bocca delle lance

Tabella 15.5 – Valori minimi del coefficiente di portata e della portata per idranti unificati al variare del diametro del bocchello e per $\Delta p = 2 \text{ bar} = 0,2 \text{ MPa}$

Diametro del bocchello (mm)	Coefficiente di portata K_v	Valori della portata Q (l/min) con $\Delta p = 2 \text{ bar} = 0,2 \text{ MPa}$
9	46	66
10	55	78
11	68	93
12	72	100
13	85	120

Più usato

Tabella 15.6 – Valori minimi del coefficiente di portata e della portata per naspi unificati al variare del diametro del bocchello e per $\Delta p = 2 \text{ bar} = 0,2 \text{ MPa}$

Diametro del bocchello (mm)	Coefficiente di portata K_v	Valori della portata Q (l/min) con $\Delta p = 2 \text{ bar} = 0,2 \text{ MPa}$
4	9	12
5	13	18
6	17	24
7	22	31
8	28	39
9	33	46
10	42	59
12	64	90

Più usato

Tabella 15.7 – Portata (in l/min) di lance idriche al variare del diametro del bocchello e della pressione

Δp (bar) (*)	UNI 45			UNI 70		
	diametro	bocchelli	(mm)	diametro	bocchelli	(mm)
	10	12	14	16	18	20
1	66	95	129	169	214	266
2	93	134	183	239	302	373
3	114	165	224	293	370	457
4	132	190	259	338	428	528
5	148	212	289	378	478	590
6	162	233	317	414	524	647
7	175	251	342	447	566	698
8	187	269	366	478	605	747
9	198	285	388	507	641	792
10	209	300	409	534	676	835
11	219	315	429	560	709	875
12	229	329	448	585	741	914

(*) pressione effettiva alla bocca delle lance

Tabella 15.8 - Requisiti di progetto degli impianti a idranti o naspi

Area di rischio	Definizione	Protezione interna	Protezione esterna	Durata intervento
Area di Livello 1	Carico d'incendio limitato, scarsa probabilità d'innescio e ridotta velocità di propagazione di un eventuale incendio	minimo 2 idranti UNI 45 o naspi da 120 l/min a 2 bar residui (*) per un totale di 240 l/min. Ipotesi ridotta: 4 naspi da 35 l/min a 2 bar residui per un totale di 140 l/min	generalmente non prevista	$\geq 30 \text{ min}$
Area di Livello 2	Carico d'incendio moderato, minima presenza di infiammabili, ridotta velocità di propagazione di un eventuale incendio	minimo 3 idranti UNI 45 o naspi da 120 l/min a 2 bar residui (*) per un totale di 360 l/min. Ipotesi ridotta: 4 naspi da 60 l/min a 2 bar residui per un totale di 240 l/min	minimo 4 bocche DN 70 da 300 l/min a 4 bar di pressione residua (*) per un totale di 1200 l/min.	$\geq 60 \text{ min}$
Area di Livello 3	Carico d'incendio elevato, presenza di materiali infiammabili, elevata velocità di propagazione di un eventuale incendio	minimo 4 idranti UNI 45 o naspi da 120 l/min a 2 bar residui (*) per un totale di 480 l/min. Ipotesi ridotta: 6 naspi da 60 l/min a 2 bar residui per un totale di 360 l/min	minimo 6 bocche DN 70 da 300 l/min a 4 bar di pressione residua (*) per un totale di 1800 l/min.	$\geq 120 \text{ min}$

Tema 4 Industriale

È dato lo schema di un cambio di velocità a cinque marce. L'albero primario (**p**) è supportato dai cuscinetti **A** e **B**, ed è collegato al disco di frizione (**f**). L'albero secondario è supportato dai cuscinetti **C** e **D**, e termina con il pignone del differenziale (out).

Le ruote della prima (**I**), seconda (**II**) e retromarcia (**R**) sono realizzate di pezzo con l'albero primario. Mentre le ruote di terza (**III**), quarta (**IV**) e quinta (**V**) marcia sono calettate sull'albero secondario. I rapporti vengono innestati azionando i selettori sull'albero primario (m_{III-IV} e m_V) e

sul secondario (m_{I-II}). Per semplicità è stata omessa la ruota oziosa, la ruota cedente della retromarcia ed il relativo sistema di innesto.

Le ruote dentate dei cinque rapporti sono elicoidali con angolo β dell'elica pari a 18° . Le ruote della retromarcia sono cilindriche a denti dritti. Per tutte le ruote è previsto un angolo di pressione α pari a 20° .

Sono dati i numeri di denti (z) ed i raggi primitivi R_p delle ruote dei vari rapporti. È fornito anche il numero di denti del pignone del differenziale, ed il raggio primitivo per il relativo ingranamento. Si trascuri in questa trattazione la retromarcia.

z	I	II	III	IV	V	out
p	11	18	23	27	30	-
s	43	39	34	30	27	20

R_p [mm]	I	II	III	IV	V	out
p	14,5	22,5	28,75	33,75	37,5	-
s	56,75	48,75	42,5	37,5	33,75	50

Il disco di frizione trasmette un momento massimo di 450 Nm.

Si richiede di:

- Determinare tutte le forze agenti sull'albero secondario;
- Determinare e tracciare i diagrammi di momento flettente e torcente sull'albero secondario, per ciascun rapporto inserito;
- Dimensionare le sezioni dell'albero secondario a vita infinita, scegliendo opportunamente materiale, geometria della sezione e coefficiente di sicurezza.

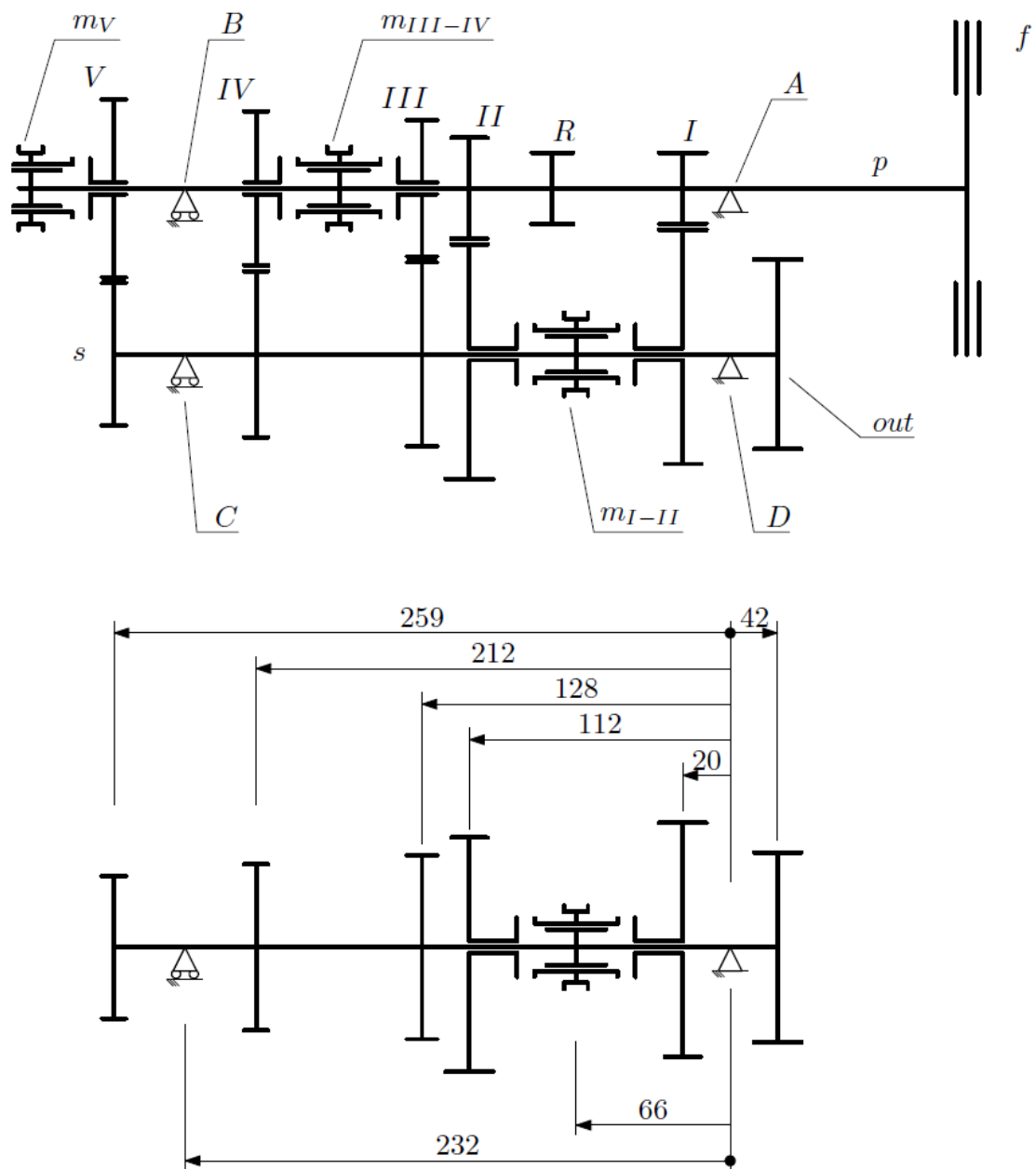


Figura 1: Schema cambio di velocità e dettaglio quotato dell'albero secondario

**Esame di stato per l'abilitazione all'esercizio delle professioni di Ingegnere
presso l'Università degli Studi di Modena e Reggio Emilia**

Sez. A anno 2025 Seconda Sessione

Quarta prova – 13 gennaio 2026

Durata: 6 ore

Settore dell'Informazione

Il candidato deve scegliere fra uno dei quattro temi proposti; si informa che le procedure di risoluzione, la correttezza dei risultati, la capacità di sintesi, l'ordine e la chiarezza espositiva costituiranno elementi di valutazione.

Tema 1 Informazione

Un'azienda operante nel settore della logistica e della distribuzione intende realizzare un sistema informativo a supporto della gestione e del controllo dei flussi di trasporto delle merci su scala internazionale.

Il sistema dovrà consentire:

- (a) il tracciamento delle spedizioni e dei mezzi di trasporto in tempo quasi reale;
- (b) la gestione dei magazzini e delle scorte distribuite sul territorio;
- (c) l'analisi dei dati operativi al fine di stimare tempi di consegna e individuare situazioni anomale;
- (d) l'integrazione con sistemi informativi esterni di soggetti terzi (operatori logistici, sistemi amministrativi);
- (e) la produzione di reportistica e strumenti di supporto alle decisioni.

Il candidato delinei un progetto di massima del sistema informativo descritto e discuta:

- (a) il volume dei dati da trattare e il carico applicativo atteso;
- (b) l'organizzazione e la gestione dei dati a supporto dell'applicazione, con particolare riferimento a problemi di consistenza, affidabilità e scalabilità;
- (c) la struttura del software a supporto dei servizi identificati, motivando le scelte architetturali e le modalità di integrazione tra i componenti;
- (d) le ipotesi relative all'infrastruttura di calcolo e di rete da utilizzare, in relazione ai requisiti di disponibilità, continuità del servizio e tempi di risposta.

Tema 2 Informazione

Un ente sanitario pubblico intende realizzare una piattaforma informativa integrata per la gestione dei servizi sanitari digitali e dei dati clinici dei cittadini.

Il sistema dovrà supportare le seguenti funzionalità:

- (a) gestione e consultazione dei fascicoli sanitari elettronici;
- (b) prenotazione ed erogazione di servizi di telemedicina;
- (c) raccolta e monitoraggio di dati sanitari provenienti da dispositivi di rilevazione remota;
- (d) analisi dei dati a supporto delle attività di prevenzione e diagnosi;
- (e) conformità alle normative vigenti in materia di protezione dei dati personali e sicurezza delle informazioni.

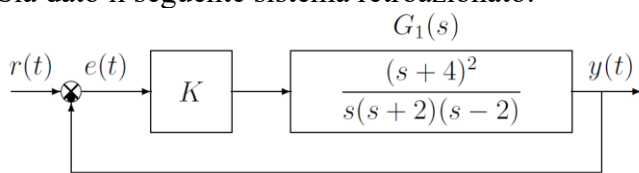
Il candidato delinei un progetto di massima del sistema informativo descritto e discuta:

- (a) il volume e la tipologia dei dati da trattare, nonché il carico applicativo atteso;
- (b) l'organizzazione dei dati a supporto dell'applicazione, con particolare attenzione agli aspetti di sicurezza, riservatezza e resilienza;
- (c) la struttura del software a supporto dei servizi identificati, evidenziando le modalità di separazione dei domini funzionali e di integrazione dei servizi;
- (d) le ipotesi relative all'infrastruttura di calcolo e di rete da utilizzare, considerando i requisiti di affidabilità, continuità operativa e qualità del servizio.

Tema 3 Informazione

Punto 1

Sia dato il seguente sistema retroazionato:



Tracciare qualitativamente il luogo delle radici del sistema retroazionato al variare del parametro $K > 0$. Determinare la posizione degli asintoti. Determinare la posizione dei punti di diramazione solo in modo qualitativo. Utilizzando il Criterio di Routh, determinare le intersezioni ω^* con l'asse immaginario, ed i corrispondenti valori del guadagno K^* .

Punto 2

Utilizzando il metodo della trasformazione bilineare, discretizzare il seguente sistema tempo-continuo:

$$D(s) = \frac{M(s)}{E(s)} = \frac{(s+3)}{s}$$

giungendo anche alla determinazione della corrispondente equazione alle differenze. Si utilizzi il periodo di campionamento $T = 0.1$.

Punto 3

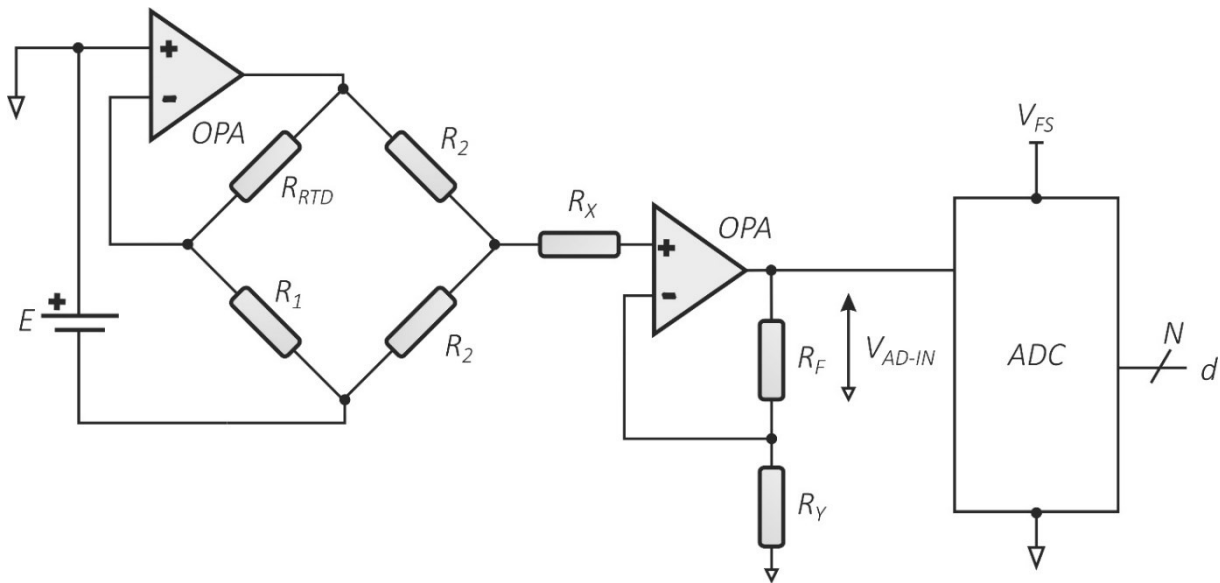
Scrivere, in funzione dei segnali $F(t)$ ed $y(t)$, l'equazione differenziale corrispondente alla seguente funzione di trasferimento $G(s)$:

$$G(s) = \frac{Y(s)}{F(s)} = \frac{100}{Ms^2 + Bs + K}$$

- 3.1. Disegnare l'andamento qualitativo $y(t)$ della risposta al gradino unitario supponendo che i poli del sistema $G(s)$ siano complessi coniugati.
- 3.2. Posto $M = 2$, $B = 4$ e $K = 200$, calcolare il valore a regime $y(\infty)$, il tempo di assestamento T_a e il periodo di oscillazione T_ω della risposta al gradino $y(t)$.

Tema 4 Informazione

Il circuito di figura rappresenta un sistema per la misurazione della temperatura. Il sensore utilizzato, R_{RTD} , è un RTD avente resistenza $R_0 = 100\ \Omega$ a $T_0 = 0\ ^\circ\text{C}$. Il TCR del sensore è $\alpha = 0.00385\ ^\circ\text{C}^{-1}$. L'uscita del sistema di misura è la parola digitale, d , generata dal convertitore AD. La tensione di fondo scala dell'ADC è $V_{FS} = 3\ \text{V}$ ed il numero di bit è $N = 10$ bits. Tutti i component possono essere considerati ideali; i loro valori sono riportati di seguito: $R_1 = 100\ \Omega$, $R_2 = 10\ \text{k}\Omega$, $R_y = 10\ \text{k}\Omega$, $R_f = 50\ \text{k}\Omega$ and, $E = 5\ \text{V}$.



- (punteggio circa 25/100) Limitando l'analisi alla tensione V_{AD-IN} e trascurando l'effetto dell'autoriscaldamento, si calcoli la "funzione d'uscita" - $V_{AD-IN} = f(\dots)$ (la funzione deve essere calcolata in forma letteraria e non è necessario ridurla ai minimi termini).
- (punteggio circa 30/100) Sempre negando l'effetto dell'autoriscaldamento, si calcoli l'equazione d'uscita considerando la parola digitale, d . Quindi, si determini la funzione di taratura dell'intero sistema di misura - $T = g(d, \dots)$ (entrambe le funzioni devono essere calcolate in forma letteraria e non è necessario ridurle ai minimi termini).
- (punteggio circa 25/100) Supponendo che tutti i componenti siano ideali e trascurando ancora l'effetto dell'autoriscaldamento, si determini l'intervallo di misura fissato dal solo ADC. In altre parole, si calcoli il range di valori di temperatura descrivibili per mezzo della parola digitale in uscita dall'ADC.
- (punteggio circa 20/100) Si discuta, anche solo qualitativamente, l'impatto che le non idealità degli amplificatori operazionali utilizzati possono avere sulle performance del sistema di misura. In tale ambito, si discuta brevemente il possibile utilizzo del resistore R_x discutendo brevemente anche il suo dimensionamento.