

ESAME DI STATO ARCHITETTURA E ARCHITETTURA TECNICA (senior sez. A)

In un Comune della pianura emiliana, si chiede di ipotizzare una proposta progettuale di un semplice edificio residenziale di nuova costruzione, rispettando le dimensioni indicate nella planimetria rappresentata in Figura 1. E' possibile, a discrezione del candidato, l'inserimento di eventuali balconi eccedenti la sagoma.

Si richiede al candidato di elaborare, sulla base delle informazioni fornite, una relazione tecnico-descrittiva che, tramite testi, schemi grafici e diagrammi, includa i seguenti contenuti:

1. la caratterizzazione del tipo edilizio assegnato, specificando gli aspetti morfologici e funzionali, e indicando i caratteri distributivi degli spazi interni atti ad ospitare due nuclei famigliari composti da quattro componenti ciascuno, anche in funzione dell'orientamento geografico. E' ammessa la presenza di garage e altre superfici accessorie;
2. le scelte tecnologiche più appropriate per l'intervento, sulla base della struttura portante e dei requisiti prestazionali dell'involucro in conformità con la normativa edilizia;
3. il calcolo delle quantità dei materiali e dei componenti presenti nei seguenti subsistemi edilizi: strutture portanti; involucro edilizio opaco e trasparente; partizioni interne. Rimangono quindi esclusi impianti tecnici e finiture. Si produca il computo metrico analitico con l'esplicitazione dei relativi calcoli.

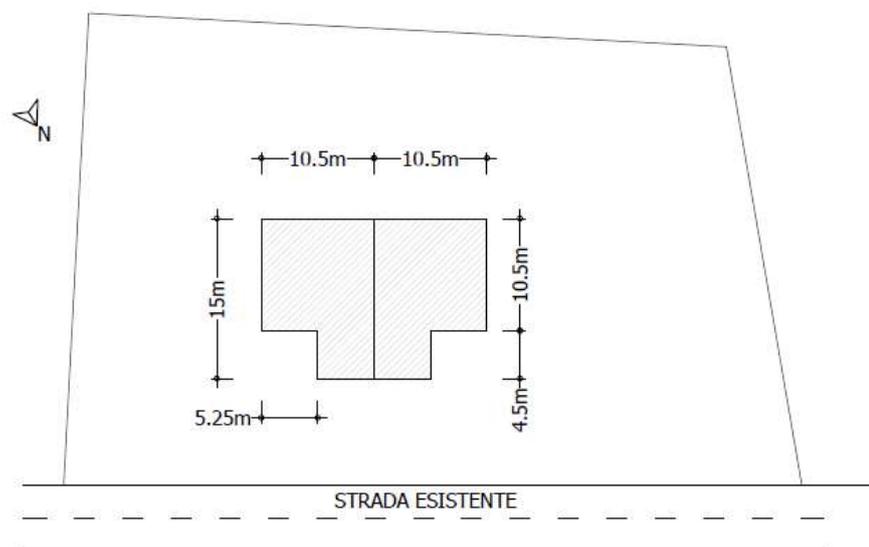


Figura 1: Planimetria lotto intervento.

Esame di Stato per l'abilitazione all'esercizio della professione di INGEGNERE - SETTORE CIVILE AMBIENTALE

Sessione I - Anno 2024 - Sezione A

Prova scritta di Strutture

Si consideri un telaio interno di un edificio in calcestruzzo armato avente le caratteristiche geometriche indicate in figura, da realizzarsi nella città di Bologna. L'edificio è ad uso residenziale e la copertura non è praticabile. Si consideri la struttura regolare in pianta e in altezza.

Geometria

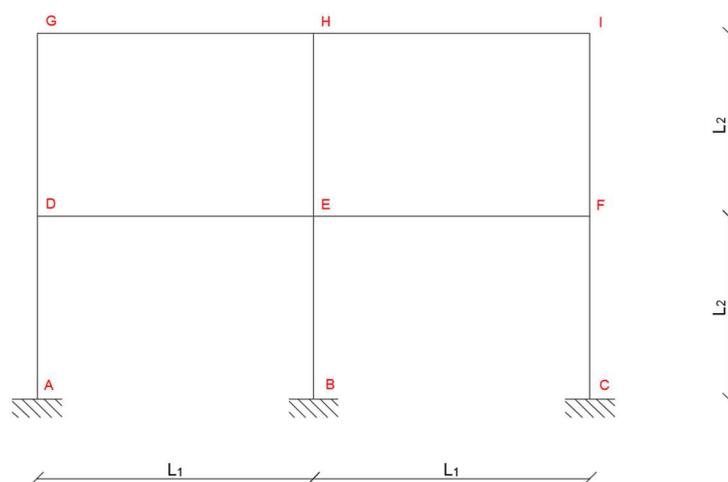
$L_1=4.5$ m

$L_2=3.3$ m

Interasse tra telai = 5.0 m

Sezione della trave $40 \times 55 \text{ cm}^2$

Sezione del pilastro $40 \times 40 \text{ cm}^2$



Ai candidati si richiede di:

- Svolgere il dimensionamento di massima (stabilendo cioè la sola geometria e non le armature), definire la stratigrafia e condurre l'analisi dei carichi per il solaio di interpiano e di copertura, considerando quest'ultima non praticabile.
- Determinare il diagramma del momento flettente sul telaio, con riferimento allo Stato Limite Ultimo, considerando che il carico applicato sulla trave di copertura e di interpiano sia uniformemente distribuito. Si trascurino gli effetti dei carichi da vento.
- Definire lo spettro di progetto per lo stato limite di salvaguardia della vita, adottando una classe di duttilità media CD "B", e determinare le forze orizzontali agenti ai piani della struttura secondo il metodo dell'*analisi lineare statica*. A questo scopo si considerino un sottosuolo di categoria C, categoria topografica T1 e i seguenti parametri per la definizione dell'azione sismica: $a_g = 0.166$ g, $F_0 = 2.404$, $T_c^* = 0.310$ s.
- Calcolare il diagramma del momento flettente allo stato limite di salvaguardia della vita ipotizzando un comportamento strutturale tipo shear-type (cioè con travi infinitamente rigide a flessione)
- Determinare l'armatura a flessione per la travata di interpiano (D-E-F), con riferimento agli effetti delle azioni di cui ai punti b) e d), e descrivere i criteri per la disposizione delle armature.
- Discutere il principio della gerarchia delle resistenze nell'ambito della progettazione sismica.

Le quote e i dati non indicati devono essere ragionevolmente assunti dai candidati.

Tab. 2.5.I – Valori dei coefficienti di combinazione

Categoria/Azione variabile	Ψ_{0j}	Ψ_{1j}	Ψ_{2j}
Categoria A - Ambienti ad uso residenziale	0,7	0,5	0,3
Categoria B - Uffici	0,7	0,5	0,3
Categoria C - Ambienti suscettibili di affollamento	0,7	0,7	0,6
Categoria D - Ambienti ad uso commerciale	0,7	0,7	0,6
Categoria E – Aree per immagazzinamento, uso commerciale e uso industriale Biblioteche, archivi, magazzini e ambienti ad uso industriale	1,0	0,9	0,8
Categoria F - Rimesse , parcheggi ed aree per il traffico di veicoli (per autoveicoli di peso ≤ 30 kN)	0,7	0,7	0,6
Categoria G – Rimesse, parcheggi ed aree per il traffico di veicoli (per autoveicoli di peso > 30 kN)	0,7	0,5	0,3
Categoria H - Coperture accessibili per sola manutenzione	0,0	0,0	0,0
Categoria I – Coperture praticabili	da valutarsi caso per caso		
Categoria K – Coperture per usi speciali (impianti, eliporti, ...)			
Vento	0,6	0,2	0,0
Neve (a quota ≤ 1000 m s.l.m.)	0,5	0,2	0,0
Neve (a quota > 1000 m s.l.m.)	0,7	0,5	0,2
Variazioni termiche	0,6	0,5	0,0

2.5.3. COMBINAZIONI DELLE AZIONI

Ai fini delle verifiche degli stati limite, si definiscono le seguenti combinazioni delle azioni.

– Combinazione fondamentale, generalmente impiegata per gli stati limite ultimi (SLU):

$$\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \gamma_{Q2} \cdot \Psi_{02} \cdot Q_{k2} + \gamma_{Q3} \cdot \Psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots \quad [2.5.1]$$

– Combinazione caratteristica, cosiddetta rara, generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) irreversibili:

$$G_1 + G_2 + P + Q_{k1} + \Psi_{02} \cdot Q_{k2} + \Psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots \quad [2.5.2]$$

– Combinazione frequente, generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) reversibili:

$$G_1 + G_2 + P + \Psi_{11} \cdot Q_{k1} + \Psi_{22} \cdot Q_{k2} + \Psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots \quad [2.5.3]$$

– Combinazione quasi permanente (SLE), generalmente impiegata per gli effetti a lungo termine:

$$G_1 + G_2 + P + \Psi_{21} \cdot Q_{k1} + \Psi_{22} \cdot Q_{k2} + \Psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots \quad [2.5.4]$$

– Combinazione sismica, impiegata per gli stati limite ultimi e di esercizio connessi all'azione sismica E:

$$E + G_1 + G_2 + P + \Psi_{21} \cdot Q_{k1} + \Psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots \quad [2.5.5]$$

– Combinazione eccezionale, impiegata per gli stati limite ultimi connessi alle azioni eccezionali A:

$$G_1 + G_2 + P + A_d + \Psi_{21} \cdot Q_{k1} + \Psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots \quad [2.5.6]$$

Gli effetti dell'azione sismica saranno valutati tenendo conto delle masse associate ai seguenti carichi gravitazionali:

$$G_1 + G_2 + \sum_j \Psi_{2j} Q_{kj} \quad [2.5.7]$$

Nelle combinazioni si intende che vengano omessi i carichi Q_{kj} che danno un contributo favorevole ai fini delle verifiche e, se del caso, i carichi G_2 .

Altre combinazioni sono da considerare in funzione di specifici aspetti (p. es. fatica, ecc.).

Nelle formule sopra riportate il simbolo "+" vuol dire "combinato con".

I valori dei coefficienti Ψ_{0j} , Ψ_{1j} e Ψ_{2j} sono dati nella Tab. 2.5.I oppure nella Tab. 5.1.VI per i ponti stradali e nella Tab. 5.2.VII per i ponti ferroviari. I valori dei coefficienti parziali di sicurezza γ_{Gi} e γ_{Qj} sono dati nel § 2.6.1.

Tab. 2.6.I – Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni nelle verifiche SLU

		Coefficiente	EQU	A1	A2
		γ_F			
Carichi permanenti G_1	Favorevoli	γ_{G1}	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevoli		1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti non strutturali $G_2^{(1)}$	Favorevoli	γ_{G2}	0,8	0,8	0,8
	Sfavorevoli		1,5	1,5	1,3
Azioni variabili Q	Favorevoli	γ_{Qi}	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevoli		1,5	1,5	1,3

⁽¹⁾ Nel caso in cui l'intensità dei carichi permanenti non strutturali o di una parte di essi (ad es. carichi permanenti portati) sia ben definita in fase di progetto, per detti carichi o per la parte di essi nota si potranno adottare gli stessi coefficienti parziali validi per le azioni permanenti.

CAP. 3

Per gli orizzontamenti degli edifici per abitazioni e per uffici, il peso proprio di elementi divisorii interni potrà essere ragguagliato ad un carico permanente uniformemente distribuito g_2 , purché vengano adottate le misure costruttive atte ad assicurare una adeguata ripartizione del carico. Il carico uniformemente distribuito g_2 potrà essere correlato al peso proprio per unità di lunghezza G_2 delle partizioni nel modo seguente:

- per elementi divisorii con $G_2 \leq 1,00$ kN/m : $g_2 = 0,40$ kN/m²;
- per elementi divisorii con $1,00 < G_2 \leq 2,00$ kN/m : $g_2 = 0,80$ kN/m²;
- per elementi divisorii con $2,00 < G_2 \leq 3,00$ kN/m : $g_2 = 1,20$ kN/m²;
- per elementi divisorii con $3,00 < G_2 \leq 4,00$ kN/m : $g_2 = 1,60$ kN/m²;
- per elementi divisorii con $4,00 < G_2 \leq 5,00$ kN/m : $g_2 = 2,00$ kN/m².

Gli elementi divisorii interni con peso proprio maggiore di 5,00 kN/m devono essere considerati in fase di progettazione, tenendo conto del loro effettivo posizionamento sul solaio.

Tab. 3.1.I - Pesì dell'unità di volume dei principali materiali

MATERIALI	PESO UNITÀ DI VOLUME [kN/m ³]
Calcestruzzi cementizi e malte	
Calcestruzzo ordinario	24,0
Calcestruzzo armato (e/o precompresso)	25,0
Calcestruzzi "leggeri": da determinarsi caso per caso	14,0 ÷ 20,0
Calcestruzzi "pesanti": da determinarsi caso per caso	28,0 ÷ 50,0
Malta di calce	18,0
Malta di cemento	21,0
Calce in polvere	10,0
Cemento in polvere	14,0
Sabbia	17,0
Metalli e leghe	
Acciaio	78,5
Ghisa	72,5
Alluminio	27,0

Tab. 3.1.II - Valori dei sovraccarichi per le diverse categorie d'uso delle costruzioni

Cat.	Ambienti	q _k [kN/m ²]	Q _k [kN]	H _k [kN/m]
A	Ambienti ad uso residenziale			
	Aree per attività domestiche e residenziali; sono compresi in questa categoria i locali di abitazione e relativi servizi, gli alberghi (ad esclusione delle aree soggette ad affollamento), camere di degenza di ospedali	2,00	2,00	1,00
	Scale comuni, balconi, ballatoi	4,00	4,00	2,00
B	Uffici			
	Cat. B1 Uffici non aperti al pubblico	2,00	2,00	1,00
	Cat. B2 Uffici aperti al pubblico	3,00	2,00	1,00
	Scale comuni, balconi e ballatoi	4,00	4,00	2,00
C	Ambienti suscettibili di affollamento			
	Cat. C1 Aree con tavoli, quali scuole, caffè, ristoranti, sale per banchetti, lettura e ricevimento	3,00	3,00	1,00
	Cat. C2 Aree con posti a sedere fissi, quali chiese, teatri, cinema, sale per conferenze e attesa, aule universitarie e aule magne	4,00	4,00	2,00
	Cat. C3 Ambienti privi di ostacoli al movimento delle persone, quali musei, sale per esposizioni, aree d'accesso a uffici, ad alberghi e ospedali, ad atrii di stazioni ferroviarie	5,00	5,00	3,00
	Cat. C4. Aree con possibile svolgimento di attività fisiche, quali sale da ballo, palestre, palcoscenici.	5,00	5,00	3,00
	Cat. C5. Aree suscettibili di grandi affollamenti, quali edifici per eventi pubblici, sale da concerto, palazzetti per lo sport e relative tribune, gradinate e piattaforme ferroviarie.	5,00	5,00	3,00
	Scale comuni, balconi e ballatoi	Secondo categoria d'uso servita, con le seguenti limitazioni		
	≥ 4,00	≥ 4,00	≥ 2,00	
D	Ambienti ad uso commerciale			
	Cat. D1 Negozi	4,00	4,00	2,00
	Cat. D2 Centri commerciali, mercati, grandi magazzini	5,00	5,00	2,00
	Scale comuni, balconi e ballatoi	Secondo categoria d'uso servita		
E	Aree per immagazzinamento e uso commerciale ed uso industriale			
	Cat. E1 Aree per accumulo di merci e relative aree d'accesso, quali biblioteche, archivi, magazzini, depositi, laboratori manifatturieri	≥ 6,00	7,00	1,00*
	Cat. E2 Ambienti ad uso industriale	da valutarsi caso per caso		
F-G	Rimesse e aree per traffico di veicoli (esclusi i ponti)			
	Cat. F Rimesse, aree per traffico, parcheggio e sosta di veicoli leggeri (peso a pieno carico fino a 30 kN)	2,50	2 x 10,00	1,00**
	Cat. G Aree per traffico e parcheggio di veicoli medi (peso a pieno carico compreso fra 30 kN e 160 kN), quali rampe d'accesso, zone di carico e scarico merci.	5,00	2 x 50,00	1,00**
H-I-K	Coperture			
	Cat. H Coperture accessibili per sola manutenzione e riparazione	0,50	1,20	1,00
	Cat. I Coperture praticabili di ambienti di categoria d'uso compresa fra A e D	secondo categorie di appartenenza		
	Cat. K Coperture per usi speciali, quali impianti, eliporti.	da valutarsi caso per caso		

* non comprende le azioni orizzontali eventualmente esercitate dai materiali immagazzinati.

** per i soli parapetti o partizioni nelle zone pedonali. Le azioni sulle barriere esercitate dagli automezzi dovranno essere valutate caso per caso.

3.4.1. CARICO DELLA NEVE SULLE COPERTURE

Il carico provocato dalla neve sulle coperture sarà valutato mediante la seguente espressione:

$$q_s = q_{sk} \cdot \mu_i \cdot C_E \cdot C_t \quad [3.4.1]$$

dove:

q_{sk} è il valore di riferimento del carico della neve al suolo, di cui al § 3.4.2;

μ_i è il coefficiente di forma della copertura, di cui al § 3.4.3;

C_E è il coefficiente di esposizione di cui al § 3.4.4;

C_t è il coefficiente termico di cui al § 3.4.5.

Si assume che il carico della neve agisca in direzione verticale e lo si riferisce alla proiezione orizzontale della superficie della copertura.

3.4.2. VALORE DI RIFERIMENTO DEL CARICO DELLA NEVE AL SUOLO

Il carico della neve al suolo dipende dalle condizioni locali di clima e di esposizione, considerata la variabilità delle precipitazioni nevose da zona a zona.

In mancanza di adeguate indagini statistiche e specifici studi locali, che tengano conto sia dell'altezza del manto nevoso che della sua densità, il carico di riferimento della neve al suolo, per località poste a quota inferiore a 1500 m sul livello del mare, non dovrà essere assunto minore di quello calcolato in base alle espressioni riportate nel seguito, cui corrispondono valori associati ad un periodo di ritorno pari a 50 anni per le varie zone indicate nella Fig. 3.4.1. Tale zonazione non tiene conto di aspetti specifici e locali che, se necessario, devono essere definiti singolarmente.

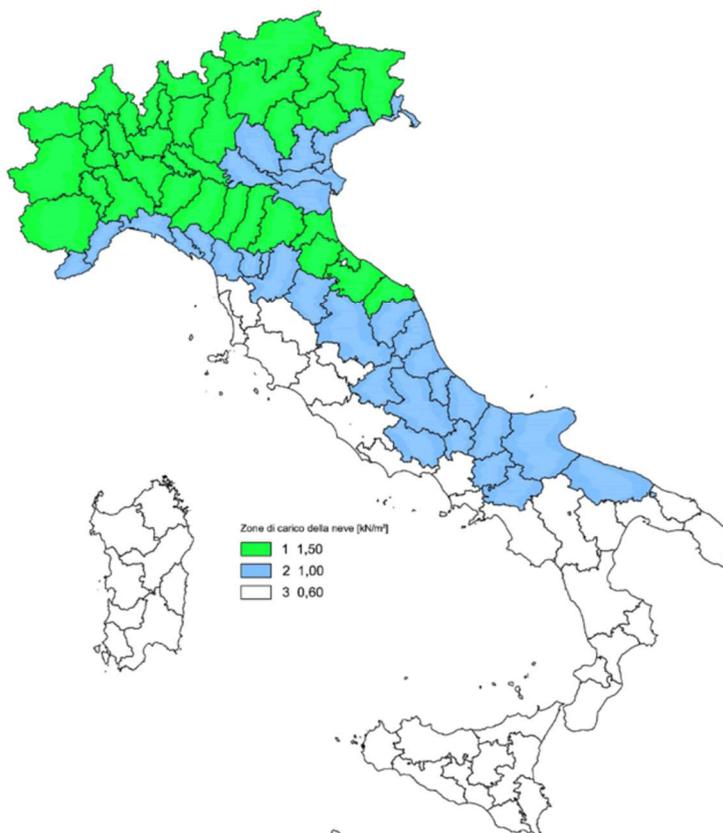


Fig. 3.4.1 – Zone di carico della neve

Nelle espressioni seguenti, l'altitudine di riferimento a_s (espressa in m) è la quota del suolo sul livello del mare nel sito dove è realizzata la costruzione.

Zona I - Alpina

Aosta, Belluno, Bergamo, Biella, Bolzano, Brescia, Como, Cuneo, Lecco, Pordenone, Sondrio, Torino, Trento, Udine, Verbano-Cusio-Ossola, Vercelli, Vicenza:

$$q_{sk} = 1,50 \text{ kN/m}^2 \quad a_s \leq 200 \text{ m}$$

$$q_{sk} = 1,39 [1 + (a_s/728)^2] \text{ kN/m}^2 \quad a_s > 200 \text{ m}$$

[3.4.2]

Zona I - Mediterranea

Alessandria, Ancona, Asti, Bologna, Cremona, Forlì-Cesena, Lodi, Milano, Modena, Monza Brianza, Novara, Parma, Pavia, Pesaro e Urbino, Piacenza, Ravenna, Reggio Emilia, Rimini, Treviso, Varese:

$$q_{sk} = 1,50 \text{ kN/m}^2 \quad a_s \leq 200 \text{ m}$$

$$q_{sk} = 1,35 [1 + (a_s/602)^2] \text{ kN/m}^2 \quad a_s > 200 \text{ m}$$

[3.4.3]

3.4.3. COEFFICIENTE DI FORMA DELLE COPERTURE

3.4.3.1 GENERALITÀ

I coefficienti di forma delle coperture dipendono dalla forma stessa della copertura e dall'inclinazione sull'orizzontale delle sue parti componenti e dalle condizioni climatiche locali del sito ove sorge la costruzione.

In assenza di dati suffragati da opportuna documentazione, i valori nominali del coefficiente di forma μ_1 delle coperture ad una o a due falde possono essere ricavati dalla Tab. 3.4.II, essendo α , espresso in gradi sessagesimali, l'angolo formato dalla falda con l'orizzontale.

Tab. 3.4.II – Valori del coefficiente di forma

Coefficiente di forma	$0^\circ \leq \alpha \leq 30^\circ$	$30^\circ < \alpha < 60^\circ$	$\alpha \geq 60^\circ$
μ_1	0,8	$0,8 \cdot \frac{(60 - \alpha)}{30}$	0,0

Si assume che alla neve non sia impedito di scivolare. Se l'estremità più bassa della falda termina con un parapetto, una barriera od altre ostruzioni, allora il coefficiente di forma non potrà essere assunto inferiore a 0,8 indipendentemente dall'angolo α .

Per coperture a più falde, per coperture con forme diverse, così come per coperture contigue a edifici più alti o per accumulo di neve contro parapetti o più in generale per altre situazioni ritenute significative dal progettista si deve fare riferimento a normative o documenti di comprovata validità.

3.4.3.2 COPERTURA AD UNA FALDA

Nel caso delle coperture ad una falda, si deve considerare la condizione di carico riportata in Fig. 3.4.2.

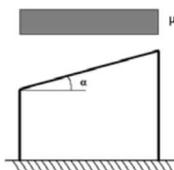


Fig. 3.4.2 - Condizioni di carico per coperture ad una falda

3.4.4. COEFFICIENTE DI ESPOSIZIONE

Il coefficiente di esposizione C_E tiene conto delle caratteristiche specifiche dell'area in cui sorge l'opera. Valori consigliati di questo coefficiente sono forniti in Tab. 3.4.I per diverse classi di esposizione. Se non diversamente indicato, si assumerà $C_E = 1$.

Tab. 3.4.I – Valori di C_E per diverse classi di esposizione

Topografia	Descrizione	C_E
Battuta dai venti	Aree pianeggianti non ostruite esposte su tutti i lati, senza costruzioni o alberi più alti	0,9
Normale	Aree in cui non è presente una significativa rimozione di neve sulla costruzione prodotta dal vento, a causa del terreno, altre costruzioni o alberi	1,0
Riparata	Aree in cui la costruzione considerata è sensibilmente più bassa del circostante terreno o circondata da costruzioni o alberi più alti	1,1

3.4.5. COEFFICIENTE TERMICO

Il coefficiente termico tiene conto della riduzione del carico della neve, a causa dello scioglimento della stessa, causata dalla perdita di calore della costruzione. Tale coefficiente dipende dalle proprietà di isolamento termico del materiale utilizzato in copertura. In assenza di uno specifico e documentato studio, deve essere posto $C_t = 1$.

3.2.3.2.1 Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali

Lo spettro di risposta elastico in accelerazione della componente orizzontale del moto sismico, S_e , è definito dalle espressioni seguenti:

$$0 \leq T < T_B \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_o} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right] \quad [3.2.2]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left(\frac{T_C \cdot T_D}{T^2} \right)$$

nelle quali:

T è il periodo proprio di vibrazione;

S è il coefficiente che tiene conto della categoria di sottosuolo e delle condizioni topografiche mediante la relazione seguente

$$S = S_S \cdot S_T \quad [3.2.3]$$

essendo S_S il coefficiente di amplificazione stratigrafica (vedi Tab. 3.2.IV) e S_T il coefficiente di amplificazione topografica (vedi Tab. 3.2.V);

η è il fattore che altera lo spettro elastico per coefficienti di smorzamento viscosi convenzionali ξ diversi dal 5%, mediante la relazione

$$\eta = \sqrt{10 / (5 + \xi)} \geq 0,55, \quad [3.2.4]$$

dove ξ (espresso in percentuale) è valutato sulla base dei materiali, della tipologia strutturale e del terreno di fondazione;

F_o è il fattore che quantifica l'amplificazione spettrale massima, su sito di riferimento rigido orizzontale, ed ha valore minimo pari a 2,2;

T_C è il periodo corrispondente all'inizio del tratto a velocità costante dello spettro, dato dalla relazione

$$T_C = C_C \cdot T_C^*, \quad [3.2.5]$$

dove: T_C^* è definito al § 3.2 e C_C è un coefficiente funzione della categoria di sottosuolo (vedi Tab. 3.2.IV);

T_B è il periodo corrispondente all'inizio del tratto dello spettro ad accelerazione costante, dato dalla relazione

$$T_B = T_C / 3 \quad [3.2.6]$$

T_D è il periodo corrispondente all'inizio del tratto a spostamento costante dello spettro, espresso in secondi mediante la relazione:

$$T_D = 4,0 \cdot \frac{a_g}{g} + 1,6. \quad [3.2.7]$$

Per categorie speciali di sottosuolo, per determinati sistemi geotecnici o se si intenda aumentare il grado di accuratezza nella previsione dei fenomeni di amplificazione, le azioni sismiche da considerare nella progettazione possono essere determinate

mediante più rigorose analisi di risposta sismica locale. Queste analisi presuppongono un'adeguata conoscenza delle proprietà geotecniche dei terreni e, in particolare, delle relazioni sforzi-deformazioni in campo ciclico, da determinare mediante specifiche indagini e prove.

In mancanza di tali determinazioni, per le componenti orizzontali del moto e per le categorie di sottosuolo di fondazione definite nel § 3.2.2, la forma spettrale su sottosuolo di categoria **A** è modificata attraverso il coefficiente stratigrafico S_S , il coefficiente topografico S_T e il coefficiente C_C che modifica il valore del periodo T_C .

Amplificazione stratigrafica

Per sottosuolo di categoria **A** i coefficienti S_S e C_C valgono 1.

Per le categorie di sottosuolo **B**, **C**, **D** ed **E** i coefficienti S_S e C_C possono essere calcolati, in funzione dei valori di F_0 e T_C^* relativi al sottosuolo di categoria **A**, mediante le espressioni fornite nella Tab. 3.2.IV, nelle quali $g = 9,81 \text{ m/s}^2$ è l'accelerazione di gravità e T_C^* è espresso in secondi.

Tab. 3.2.IV – Espressioni di S_S e di C_C

Categoria sottosuolo	S_S	C_C
A	1,00	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,20$	$1,10 \cdot (T_C^*)^{-0,20}$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,50$	$1,05 \cdot (T_C^*)^{-0,33}$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,80$	$1,25 \cdot (T_C^*)^{-0,50}$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,60$	$1,15 \cdot (T_C^*)^{-0,40}$

Amplificazione topografica

Per tener conto delle condizioni topografiche e in assenza di specifiche analisi di risposta sismica locale, si utilizzano i valori del coefficiente topografico S_T riportati nella Tab. 3.2.V, in funzione delle categorie topografiche definite nel § 3.2.2 e dell'ubicazione dell'opera o dell'intervento.

Tab. 3.2.V – Valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica S_T

Categoria topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	S_T
T1	-	1,0
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1,2
T3	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media minore o uguale a 30°	1,2
T4	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media maggiore di 30°	1,4

La variazione spaziale del coefficiente di amplificazione topografica è definita da un decremento lineare con l'altezza del pendio o del rilievo, dalla sommità o dalla cresta, dove S_T assume il valore massimo riportato nella Tab. 3.2.V, fino alla base, dove S_T assume valore unitario.

3.2.3.5 SPETTRI DI RISPOSTA DI PROGETTO PER GLI STATI LIMITE DI DANNO (SLD), DI SALVAGUARDIA DELLA VITA (SLV) E DI PREVENZIONE DEL COLLASSO (SLC)

Qualora le verifiche agli stati limite di danno, di salvaguardia della vita e di prevenzione al collasso non vengano effettuate tramite l'uso di opportune storie temporali del moto del terreno ed analisi non lineari dinamiche al passo, ai fini del progetto o della verifica delle costruzioni le capacità dissipative delle strutture possono essere considerate attraverso una riduzione delle forze elastiche, che tenga conto in modo semplificato della capacità dissipativa anelastica della struttura, della sua sovrarigidità, dell'incremento del suo periodo proprio di vibrazione a seguito delle plasticizzazioni. In tal caso, lo spettro di risposta di progetto $S_d(T)$ da utilizzare, sia per le componenti orizzontali, sia per la componente verticale, è lo spettro di risposta elastico corrispondente riferito alla probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_{V_R} considerata (v. §§ 2.4 e 3.2.1). Per valutare la domanda verrà utilizzato tale spettro, nel caso di analisi non lineare statica ponendo $\eta = 1$, nel caso di analisi lineare, statica o dinamica con le ordinate ridotte sostituendo nelle formule [3.2.2] (per le componenti orizzontali) e nelle formule [3.2.8] (per le componenti verticali) η con $1/q$, dove q è il fattore di comportamento definito nel Capitolo 7 (Tabella 7.3.I).

Si assumerà comunque $S_d(T) \geq 0,2a_g$.

CAP. 7

Valori del fattore di comportamento q

Nel caso di comportamento strutturale dissipativo (§ 7.2.2), il valore del fattore di comportamento q , da utilizzare per lo stato limite considerato e nella direzione considerata per l'azione sismica, dipende dalla tipologia strutturale, dal suo grado di iperstaticità e dai criteri di progettazione adottati e tiene conto, convenzionalmente, delle capacità dissipative del materiale. Le strutture possono essere classificate come appartenenti ad una tipologia in una direzione orizzontale e ad un'altra tipologia nella direzione orizzontale ortogonale alla precedente, utilizzando per ciascuna direzione il fattore di comportamento corrispondente.

Il limite superiore q_{lim} del fattore di comportamento relativo allo *SLV* è calcolato tramite la seguente espressione:

$$q_{lim} = q_0 \cdot K_R \quad [7.3.1]$$

dove:

q_0 è il valore base del fattore di comportamento allo *SLV*, i cui massimi valori sono riportati in tabella 7.3.II in dipendenza della Classe di Duttilità, della tipologia strutturale, del coefficiente λ di cui al § 7.9.2.1 e del rapporto α_w/α_1 tra il valore dell'azione sismica per il quale si verifica la plasticizzazione in un numero di zone dissipative tale da rendere la struttura un meccanismo e quello per il quale il primo elemento strutturale raggiunge la plasticizzazione a flessione; la scelta di q_0 deve essere esplicitamente giustificata;

K_R è un fattore che dipende dalle caratteristiche di regolarità in altezza della costruzione, con valore pari ad 1 per costruzioni regolari in altezza e pari a 0,8 per costruzioni non regolari in altezza.

Tab. 7.3.II – Valori massimi del valore di base q_0 del fattore di comportamento allo *SLV* per diverse tecniche costruttive ed in funzione della tipologia strutturale e della classe di duttilità *CD*

Tipologia strutturale	q_0	
	CD''A''	CD''B''
Costruzioni di calcestruzzo (§ 7.4.3.2)		
Strutture a telaio, a pareti accoppiate, miste (v. § 7.4.3.1)	4,5 α_w/α_1	3,0 α_w/α_1
Strutture a pareti non accoppiate (v. § 7.4.3.1)	4,0 α_w/α_1	3,0
Strutture deformabili torsionalmente (v. § 7.4.3.1)	3,0	2,0
Strutture a pendolo inverso (v. § 7.4.3.1)	2,0	1,5
Strutture a pendolo inverso intelaiate monopiano (v. § 7.4.3.1)	3,5	2,5

a) Strutture a telaio o miste equivalenti a telai

- strutture a telaio di un piano $\alpha_w/\alpha_1 = 1,1$
- strutture a telaio con più piani ed una sola campata $\alpha_w/\alpha_1 = 1,2$
- strutture a telaio con più piani e più campate $\alpha_w/\alpha_1 = 1,3$

ESAME DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI INGEGNERE

I Sessione 2024 PROVA SCRITTA – SEZIONE A

TEMA DI **TRASPORTI**

In seguito alla realizzazione di un centro commerciale che si stima attrarrà rilevanti flussi di domanda di trasporto viene richiesta la valutazione del livello di servizio di alcuni elementi della rete di trasporto stradale ritenuti di particolare importanza ai fini dell'accessibilità mediante trasporto individuale all'area in oggetto.

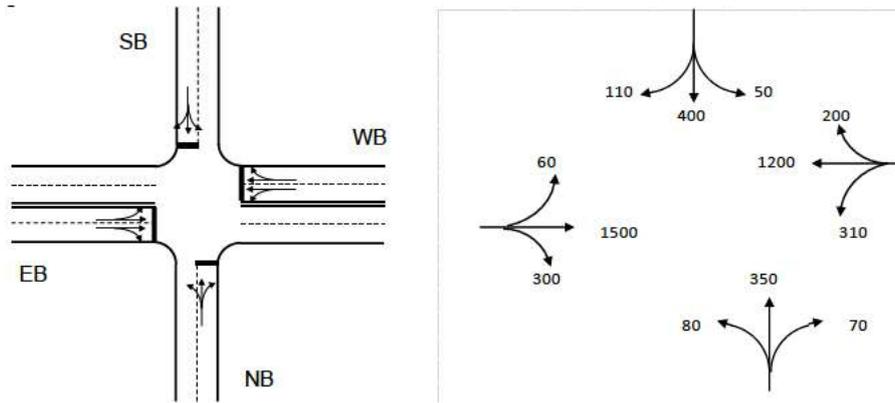
In particolare, l'attenzione si concentra su due elementi della rete: un **arco autostradale** e un'**intersezione a controllo semaforico**.

Per quanto riguarda l'**arco autostradale**, supponendo che sia noto il valore atteso del Traffico Giornaliero Medio (TGM), pari a 26.500 veicoli/giorno per direzione e che siano note le seguenti caratteristiche infrastrutturali e di traffico:

- 2 corsie per senso di marcia, larghezza pari a 3,6 metri;
- 20% di veicoli pesanti;
- tratto di strada pianeggiante con BFFS = 130 km/h;
- distanza tra margine corsia e ostacoli laterali pari a 0,6 metri; frequenza degli svincoli inferiore a 0,3 per chilometro;
- PHF = 0,85

Assunto un valore per il flusso di picco (dedotto opportunamente a partire dal TGM), si determini il Livello di Servizio (LoS) per il tratto in esame. I coefficienti da utilizzare e l'abaco per l'individuazione delle condizioni operative sono riportati in calce. Ogni dato non specificato è da assumere a cura del candidato / della candidata.

Per quanto riguarda l'**intersezione a controllo semaforico**, viene richiesto il dimensionamento di massima del ciclo semaforico e la conseguente fasatura, nell'ipotesi di flussi veicolari stazionari costanti nel periodo di analisi considerato (ora di punta). L'intersezione presenta il seguente layout con identificazione dei gruppi di corsie e dei valori del flusso veicolare (in veicoli-equivalenti/h):



Prestando attenzione alla composizione dei gruppi di corsie, supponendo che il flusso di saturazione S sia noto e pari a 1300 veic/h per ogni corsia per gli accessi SB e NB e pari a 1400 veic/h per ogni corsia per gli accessi EB e WB:

- scegliere il piano di fasatura più opportuno e indicare le manovre coinvolte per ogni fase;
- calcolare il ciclo minimo;
- calcolare il ciclo ottimo utilizzando il metodo di Webster;
- basandosi sul ciclo ottimo determinare i corrispondenti tempi di verde efficace per ogni fase, individuando i gruppi di corsia critici e utilizzando il criterio di equisaturazione.

Ogni dato non espressamente indicato (come ad esempio il tempo perso per ogni cambio di fase) venga assunto opportunamente dal candidato / dalla candidata.

Tabelle per valutazione LOS autostrada:

EXHIBIT 23-4. ADJUSTMENTS FOR LANE WIDTH

Lane Width (m)	Reduction in Free-Flow Speed, f_{LW} (km/h)
3.8	0.0
3.5	1.0
3.4	2.1
3.3	3.1
3.2	5.6
3.1	8.1
3.0	10.6

Factor	Type of Terrain		
	Level	Rolling	Mountainous
E_T (trucks and buses)	1.5	2.5	4.5
E_R (RVs)	1.2	2.0	4.0

EXHIBIT 23-5. ADJUSTMENTS FOR RIGHT-SHOULDER LATERAL CLEARANCE

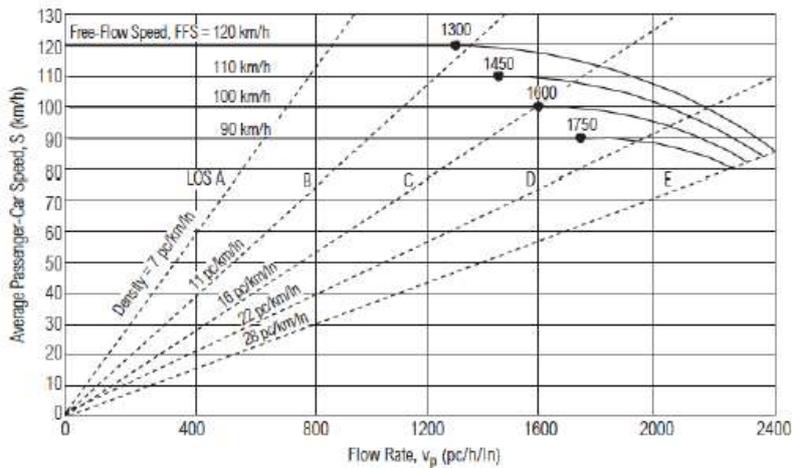
Right-Shoulder Lateral Clearance (m)	Reduction in Free-Flow Speed, f_{LC} (km/h)			
	Lanes in One Direction			
	2	3	4	≥ 5
≥ 1.8	0.0	0.0	0.0	0.0
1.5	1.0	0.7	0.3	0.2
1.2	1.9	1.3	0.7	0.4
0.9	2.9	1.9	1.0	0.6
0.6	3.9	2.6	1.3	0.8
0.3	4.8	3.2	1.6	1.1
0.0	5.8	3.9	1.9	1.3

EXHIBIT 23-6. ADJUSTMENTS FOR NUMBER OF LANES

Number of Lanes (One Direction)	Reduction in Free-Flow Speed, f_N (km/h)
≥ 5	0.0
4	2.4
3	4.8
2	7.3

EXHIBIT 23-7. ADJUSTMENTS FOR INTERCHANGE DENSITY

Interchanges per Kilometer	Reduction in Free-Flow Speed, f_D (km/h)
≤ 0.3	0.0
0.4	1.1
0.5	2.1
0.6	3.9
0.7	5.0
0.8	6.0
0.9	8.1
1.0	9.2
1.1	10.2
1.2	12.1



For $90 \leq \text{FFS} \leq 120$ and for flow rate (v_p) $(3100 - 15\text{FFS}) < v_p \leq (1800 + 5\text{FFS})$,

$$S = \text{FFS} - \left[\frac{1}{28} (23\text{FFS} - 1800) \left(\frac{v_p + 15\text{FFS} - 3100}{20\text{FFS} - 1300} \right)^{2.6} \right]$$

For $90 \leq \text{FFS} \leq 120$ and $v_p \leq (3100 - 15\text{FFS})$, $S = \text{FFS}$

TEMA: **STRADE**

Nella figura 1 allegata è rappresentata una sezione in rilevato di una strada di nuova costruzione di tipo A “Autostrada Urbana” ai sensi del DM 5/11/2001 “Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade”. La strada è caratterizzata da due carreggiate separate, ciascuna con due corsie da 3,75 m per senso di marcia, banchine laterali di emergenza di 3,00 m e spartitraffico centrale da 3,60 m. Il TGM previsto per questo nuovo asse viario è superiore a 10.000 veicoli/giorno, con una presenza di veicoli di massa superiore a 3000 kg pari al 20% del totale.

Al candidato viene richiesto quanto segue:

1. Descrizione delle fasi costruttive del rilevato, specificando le prove da eseguire in sito durante la realizzazione;
2. Definizione delle più opportune barriere di sicurezza per bordo laterale, ai sensi del DM/21/06/2004, e degli eventuali sistemi di ancoraggio e/o fondazione.

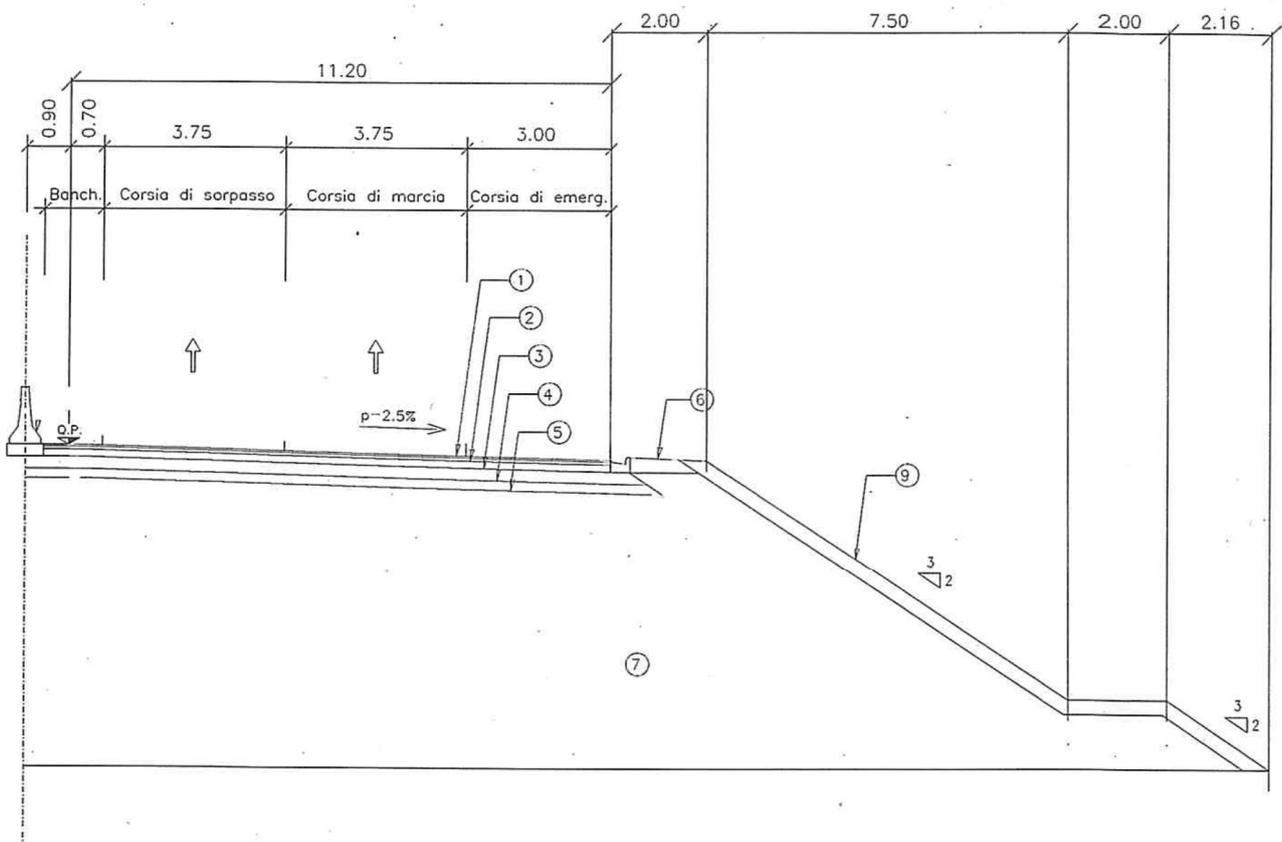


Figura 1: sezione in rilevato

A causa della presenza di una serie di fabbricati si rende necessario la realizzazione di un muro sottoscarpa sul lato destro del rilevato. Il candidato progetti il muro di sostegno, considerando che il terreno presente in quella determinata sezione del tracciato è caratterizzato dai parametri geotecnici riportati in Tabella 1.

Sono richieste le verifiche a SCHIACCIAMENTO, SCORRIMENTO e RIBALTAMENTO dell'opera di sostegno in Figura 2 (profondità unitaria), utilizzando l'approccio 2 - Combinazione Unica previsto dalle NTC 2018.

In particolare:

1. Calcolare i pesi propri e le forze agenti sul muro;
1. Eseguire la verifica a SCORRIMENTO, tenendo conto della spinta passiva (S_p) sull'intera altezza di rinterro (H_{tv})
2. Eseguire la verifica a SCHIACCIAMENTO;
3. Eseguire la verifica al RIBALTAMENTO.

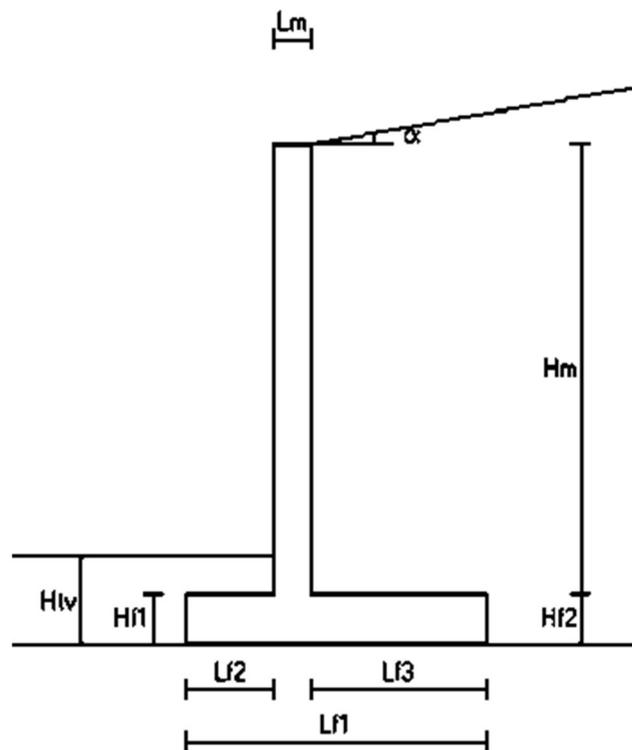


Figura 2: muro sottoscarpa

Tabella 1. Caratteristiche generali

Caratteristiche geometriche	Altezza mensola a valle	Hf1	0.40 m
	Altezza mensola a monte	Hf2	0.40 m
	Altezza rinterro a valle	Htv	0.90 m
	Altezza paramento	Hm	4.20 m
	Lunghezza fondazione	Lf1	2.80 m
	Lunghezza mensola a valle	Lf2	0.80 m
	Inclinazione dell'estradosso del terreno a monte	α	15°
	Spessore paramento	Lm	0.50 m
Caratteristiche del terreno	Angolo attrito terreno	ϕ_t	33°
	Angolo di attrito fondazione- terreno	δ	$\frac{3}{4} \phi_t$
	Pressione limite del terreno di fondazione	q_u	300 kN/m ²

	Coesione drenata	c'	0
Pesi di volume dei materiali	Peso specifico del muro	γ_{cls}	25 kN/m ³
	Peso specifico del terreno	γ_t	20 kN/m ³

Tabella 2: Formule coefficienti di spinta

$K_a = \frac{\cos\beta - \sqrt{\cos^2\beta - \cos^2\varphi_t}}{\cos\beta + \sqrt{\cos^2\beta - \cos^2\varphi_t}}$	$K_p = \frac{1 + \sin\varphi_t}{1 - \sin\varphi_t}$
---	---

Tabella 3: Coefficienti parziali per le azioni (NTC 2018)

	Effetto	Coefficiente Parziale γ_F (o γ_E)	EQU	(A1)	(A2)
Carichi permanenti G_1	Favorevole	γ_{G1}	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevole		1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti $G_2^{(1)}$	Favorevole	γ_{G2}	0,8	0,8	0,8
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3
Azioni variabili Q	Favorevole	γ_{Qi}	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3

Tabella 4: Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Parametro	Grandezza alla quale applicare il coefficiente parziale	Coefficiente parziale γ_M	(M1)	(M2)
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan \varphi'_k$	$\gamma_{\varphi'}$	1,0	1,25
Coesione efficace	c'_k	$\gamma_{c'}$	1,0	1,25
Resistenza non drenata	c_{uk}	γ_{cu}	1,0	1,4
Peso dell'unità di volume	γ_γ	γ_γ	1,0	1,0

Tabella 5: Coefficienti parziali per la verifica agli SLU

Verifica	Coefficiente parziale (R3)
Capacità portante della fondazione	$\gamma_R = 1,4$
Scorrimento	$\gamma_R = 1,1$
Ribaltamento	$\gamma_R = 1,15$
Resistenza del terreno a valle	$\gamma_R = 1,4$

I sessione 2024 Sez. A

Prova scritta del 25/07/2024

TEMA: INGEGNERIA SANITARIA AMBIENTALE

Il candidato/la candidata sviluppi la tematica generale del trattamento biologico delle acque reflue mediante biomasse adese. Ne discuta l'applicabilità sia alle grandi portate urbane che agli scarichi provenienti da piccoli agglomerati residenziali. Nel caso di un letto percolatore, con mezzo di riempimento a sua scelta, si stimi il volume del letto per un impianto della potenzialità di 5.000 AE con BOD medio pari a 300 mg/l a servizio di rete fognaria di tipo separato.

TEMA: GEORISORSE

Si vuole progettare un impianto di trattamento di un conglomerato carbonatico, caratterizzato dalla presenza di elementi fini argillosi (pari a circa il 5%), per la produzione di aggregati destinati alla costruzione di strade e massicciate ferroviarie (dimensione massime di 5 cm).

Il materiale da trattare proviene da una cava di monte e si presenta sotto forma di blocchi inferiori ai 50 cm.

Sono richiesti:

1. il layout generale dell'impianto
2. una descrizione accurata delle singole macchine prescelte
3. una descrizione del ciclo delle acque di lavaggio e dell'impianto trattamento fanghi
4. una descrizione degli impatti ambientali e delle relative soluzioni di mitigazione

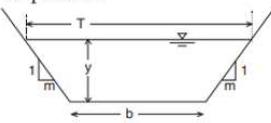
Tema: DIFESA DEL SUOLO

Il candidato/la candidata affronti il tema del dimensionamento di un canale a pelo libero considerando il caso di alveo in materiale erodibile (sia sul fondo che sulle sponde). Si rediga una relazione tecnica in cui si descrivono i possibili criteri dimensionali, le scelte progettuali ed operative per assicurare la stabilità nel tempo della sezione idrica.

Si prenda a riferimento un canale a sezione regolare, compatta, di tipo trapezoidale il cui sbocco avviene in condizioni rigurgitate in un bacino artificiale fissato con tirante al fondo pari a 2 m: si calcoli la distanza dalla foce alla quale le condizioni di moto si possono definire (condizioni di moto uniforme) nel caso della portata in transito Q_{prog} .

Dati e formulazioni utili al calcolo:

Pendenza $i = 0.0012$; coeff. $K_s = 30 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$; $b = 3 \text{ m}$; altezza massima sez. = 3 m ; $m = 1$; $Q_{prog} = 8 \text{ m}^3/\text{s}$

Section types	Area, A	Wetted perimeter, P	Hydraulic radius, R	Top width, T	Hydraulic depth, D
Trapezoidal 	$(b + my)y$	$b + 2y\sqrt{1 + m^2}$	$\frac{(b + my)y}{b + 2y\sqrt{1 + m^2}}$	$b + 2my$	$\frac{(b + my)y}{b + 2my}$

Esame di stato 2024 – sez A – prima sessione

Prova di Urbanistica e Pianificazione Territoriale

Nella prima periferia di una città italiana di medie dimensioni è localizzata un'area pianeggiante di circa 88.000 mq di Superficie Territoriale originariamente adibita a caserma e oggi dismessa.

L'ex caserma si colloca in un tessuto pianificato realizzato nel secondo dopoguerra caratterizzato dalla presenza di ampi spazi verdi, percorsi di mobilità lenta e servizi alla popolazione. Nel dettaglio, il lotto confina a sud con un quartiere di edilizia economica popolare degli anni '70 con altezza massima degli edifici di 5 piani, a est con un polo d'interesse che ospita funzioni pubbliche (casa della salute e uffici comunali), a nord è adiacente alla linea ferroviaria del servizio ferroviario metropolitano al di là della quale è presente un tessuto residenziale. Lotti residenziali sono collocati anche a ovest dell'area di interesse con altezza massima di 4 piani.

L'area di intervento è caratterizzata da alcune preesistenze monopiano originariamente sedi delle diverse camerate delle compagnie in servizio presso la Caserma, che devono essere mantenute, mentre altre strutture sono già state demolite. La superficie lorda esistente è pari a 2550 mq per ciascun corpo di fabbrica.

L'ente proprietario dell'area intende avanzare una proposta di riconversione che dia la possibilità di riorganizzare l'area con un disegno organico, che possa riconnettere l'area di intervento con il resto della città.

In particolare, il progetto di rigenerazione intende prevedere la realizzazione di housing universitario per circa il 50% del volume totale di progetto, di residenza libera, la creazione di dotazioni territoriali appropriate a soddisfare le esigenze del nuovo comparto e dell'intorno e ulteriori funzioni compatibili con la residenza prevista.

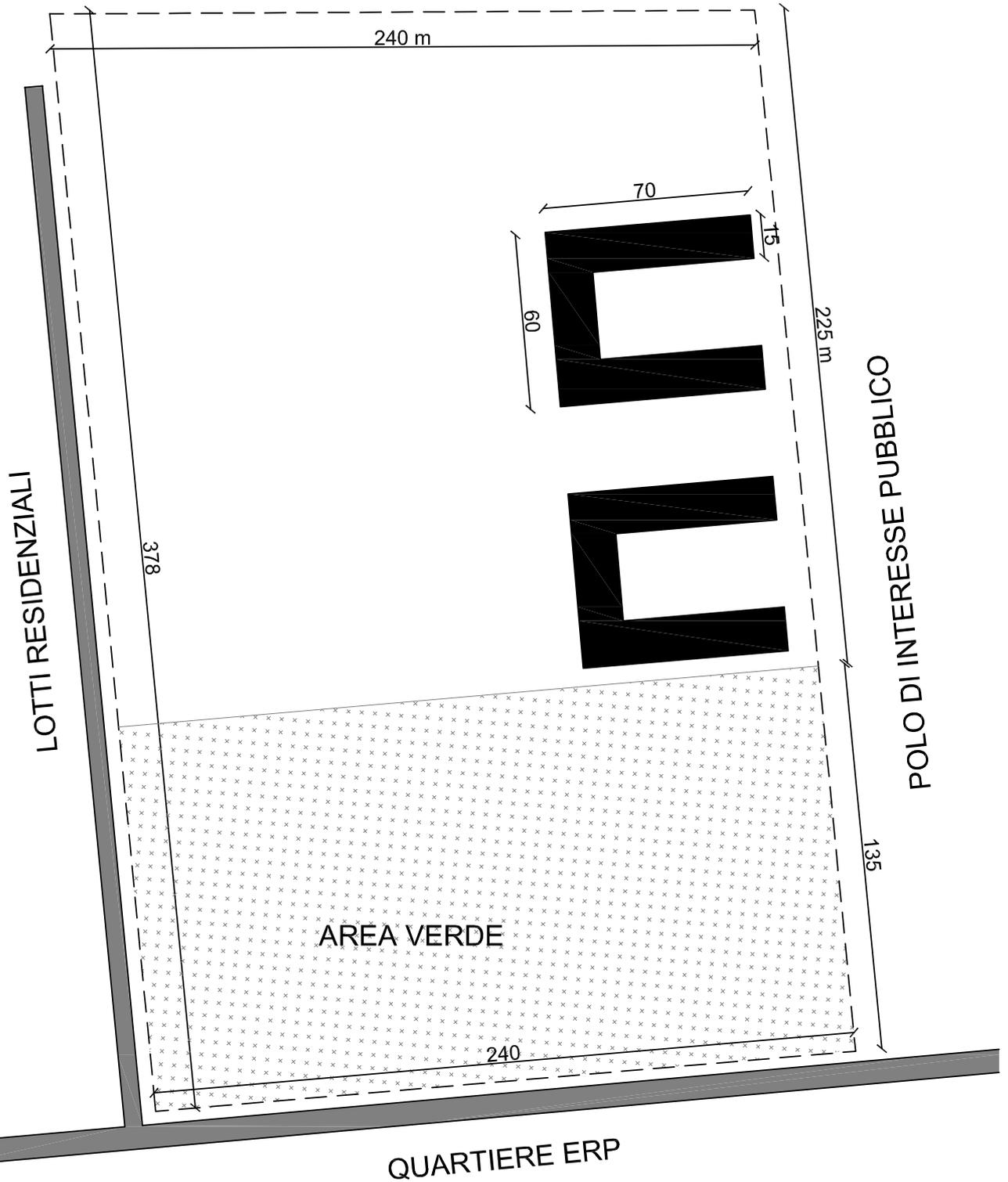
Si richiede al candidato di redigere una relazione tecnica riguardante lo studio di fattibilità dell'intervento dal punto di vista urbanistico:

- descrivendo come si intendono condurre le necessarie verifiche in relazione alla compatibilità dell'intervento proposto con gli strumenti di pianificazione urbanistica e territoriale e i possibili vincoli insistenti sull'area, delineando anche attraverso quale strumento attuativo ci si immagina di dover dar seguito all'intervento
- ipotizzando una definizione e distribuzione delle funzioni da insediare all'interno del comparto, sia negli edifici esistenti che in quelli di nuova costruzione, che andranno anche collocati all'interno del lotto secondo un assetto di massima (metaprogetto), tenendo conto delle condizioni al contorno.



LOTTI RESIDENZIALI

FERROVIA



Scala 1:2000

Esame di Stato per l'abilitazione all'esercizio della professione di Ingegnere
Prima Sessione dell'anno 2024
Sezione A Settore Civile Ambientale

Tema di Costruzioni Idrauliche

Il Candidato predisponga una relazione tecnica finalizzata alla progettazione di una rete fognaria per la raccolta delle acque meteoriche e reflue di una nuova lottizzazione a destinazione residenziale, in una zona di pianura.

L'area sarà caratterizzata dalla presenza di circa 5000 abitanti e da una superficie complessiva di 15 ettari, di cui circa 9 ettari di superfici impermeabili e la rimanente parte costituita da prati e giardini. Le acque reflue generate verranno inviate al depuratore comunale mentre le acque meteoriche saranno veicolate ad un corso d'acqua vicino all'area.

Il Candidato descriva i criteri progettuali per la progettazione del sistema fognario evidenziando le scelte effettuate anche in relazione ai materiali e ai manufatti necessari.

Il Candidato esegua un calcolo di massima per individuare il diametro delle tubazioni necessario, nel tratto terminale delle reti, sia per la raccolta delle acque reflue che meteoriche. Si adotti una pendenza delle tubazioni pari allo 0.5%.

La curva di possibilità pluviometrica da adottarsi è la seguente:

$$h=45.5 t^{0.52} [h \text{ in mm, } t \text{ in ore}]$$

Per valutare il grado di riempimento dei collettori può essere utilizzata la seguente scala di deflusso:

Scala di deflusso per una sezione Circolare					
Q/Qr	h/D	V/Vr	Q/Qr	h/D	V/Vr
0.003	0.025	0.129	0.543	0.525	1.020
0.005	0.050	0.257	0.586	0.550	1.039
0.013	0.075	0.329	0.629	0.575	1.056
0.021	0.100	0.401	0.672	0.600	1.072
0.035	0.125	0.459	0.714	0.625	1.086
0.049	0.150	0.517	0.756	0.650	1.099
0.069	0.175	0.566	0.797	0.675	1.110
0.088	0.200	0.615	0.837	0.700	1.120
0.113	0.225	0.658	0.875	0.725	1.127
0.137	0.250	0.701	0.912	0.750	1.133
0.167	0.275	0.739	0.945	0.775	1.137
0.196	0.300	0.776	0.977	0.800	1.140
0.230	0.325	0.810	1.004	0.825	1.139
0.263	0.350	0.843	1.030	0.850	1.137
0.300	0.375	0.873	1.048	0.875	1.131
0.337	0.400	0.902	1.066	0.900	1.124
0.377	0.425	0.928	1.070	0.925	1.110
0.416	0.450	0.954	1.074	0.950	1.095
0.458	0.475	0.977	1.037	0.975	1.048
0.500	0.500	1.000	1.000	1.000	1.000

Il Candidato esegua inoltre una stima del volume del sistema di laminazione delle portate meteoriche prima dell'immissione nel corpo idrico.

Tutti i dati e parametri non riportati nel testo devono essere ragionevolmente assunti dal Candidato pensando comunque che si tratta di una stima di massima degli elementi da progettare.

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI BOLOGNA

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

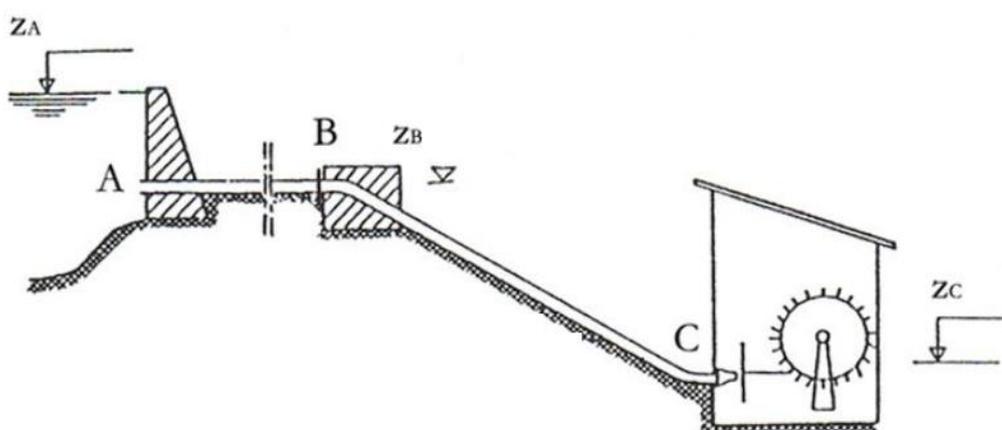
1^a SESSIONE 2024 - 2^a COMMISSIONE
SEZIONE INGEGNERIA CIVILE-EDILE/ARCHITETTURA-AMBIENTALE
SEZIONE A

PRIMA PROVA: IDRAULICA

Si consideri il problema della progettazione di un impianto idroelettrico, prendendo come riferimento lo schema riportato in figura. Si preveda l'utilizzo di cemento ($\epsilon_1=2\text{mm}$) per la realizzazione di una galleria (tratto AB) di lunghezza 11000m che colleghi il lago di alimentazione, la cui superficie è posta alla quota $z_A=700\text{m}$, con l'estremità di imbocco della condotta forzata a quota $z_B=550\text{m}$. La condotta forzata, che deve condurre il flusso verso la centrale di potenza situata alla quota $z_C=90\text{m}$, dovrà essere realizzata in acciaio ($\epsilon_2=0.2\text{mm}$) e sarà lunga 1200m e di diametro pari a 1.5m. È richiesta una portata di funzionamento dell'impianto pari a $Q=3\text{m}^3/\text{s}$.

Si chiede di:

- (1) Dimensionare la galleria in modo tale che le perdite complessive dell'impianto siano inferiori a 40m e che la velocità nella galleria stessa non risulti inferiore a 1.6m/s.
- (2) Calcolare la potenza dell'impianto ipotizzando un rendimento della turbina Pelton pari a $\eta=0.85$.
- (3) Discutere l'eventualità di sviluppo di fenomeni di moto vario nell'impianto ed illustrare possibili soluzioni impiantistiche volte all'attenuazione di essi.



Si ricorda che:

$$\lambda_i = \left[\frac{1}{2 * \log\left(\frac{3.71D_i}{\epsilon_i}\right)} \right]^2$$