



Politecnico  
di Torino

**POLITECNICO DI TORINO**  
**ESAMI DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALL'ESERCIZIO**  
**DELLA PROFESSIONE DI INGEGNERE**  
**SETTORE CIVILE-AMBIENTALE**  
**COMMISSIONE 1**  
**I Sessione 2025 - Sezione A**  
**Prova pratica del 09/10/2025**

**Tema 1.**

La necessità di rispettare il nuovo franco idraulico sul torrente e di agevolare la svolta dei mezzi provenienti dal ponte (sponda sx) sulla “*strada C*” (vedi fig.1), si rende necessaria la demolizione dell’attuale ponte (ortogonale al torrente) e la realizzazione di uno nuovo inclinato rispetto al torrente con conseguenti modifiche plano-altimetriche alla viabilità ad essa collegata.



**Figura 1- Stato di fatto (non in scala)**

In particolare, la nuova sistemazione viaria, dovrà garantire l’allineamento del nuovo ponte con il tracciato esistente della “*strada B*” e in sponda destra con la “*strada A*” mediante un nuovo tracciato (vedi figura 2, linea tratto punto rossa). Inoltre, stante, la necessità di rispettare il franco idraulico, le quote di sbarco del nuovo ponte in corrispondenza delle due sponde risulteranno necessariamente più alte delle quote esistenti, pertanto dovranno essere previsti dei cambi di livelletta delle strade esistenti e dei raccordi altimetrici nei rami confluenti nella nuova tratta in progetto.



**Figura 2- Stato di progetto (in scala): in rosso (linea tratto punto): poligonale d'asse nuovo tracciato; in blu: limite area privata non espropriabile)**

Il nuovo segmento stradale (Strada A- Ponte- Strada B) avrà inizio nella sezione “C0” (rif. Fig.2- punto 1). Relativamente al segmento stradale da progettare (*strada A e nuovo ponte*), facendo rif. al DM 5/11/01, ed operando in contesto urbano, per la piattaforma stradale si assuma una sezione pari a quella prevista per le strade urbane di quartiere, corrispondente alla *categoria E* (larghezza carreggiata 10m).

Quota dei punti:

1 e 2 (*asse stradale, strada A*): +0,00m;

4 e 5 (*asse stradale, strada C*): +1,00m;

6 (*asse stradale, strada B*): +3,5m;

3 (fondo alveo per l'intera larghezza): -5,00m

Franco idraulico da garantire: 6,60m (intradosso impalcato del ponte rispetto al fondo alveo)

Si richiede di progettare in scala opportuna:

- 1) Diagramma delle curvature e diagramma di velocità del nuovo segmento stradale: *Strada A- nuovo Ponte- Strada B* comprensivo delle verifiche previste dal quadro normativo;
- 2) Planimetria di progetto (in scala opportuna) del nuovo segmento stradale: *Strada A- nuovo Ponte- Strada B* con indicazione delle grandezze principali dei tratti che costituiscono l'asse stradale compresi eventuali ingombri di rilevati. Attenzione a non oltrepassare il limite “area di intervento” (linea blu, fig.2);
- 3) Dimensionamento dei raccordi verticali e tracciamento del Profilo altimetrico del nuovo segmento stradale: *Strada A- nuovo Ponte- Strada B*
- 4) Sezioni correnti (in scala opportuna) nei punti: 1 (C0), 2, inizio e fine delle curve circolari e mezzzeria, inizio e fine ponte;
- 5) Planimetria e profilo altimetrico dell'adeguamento della *strada C*

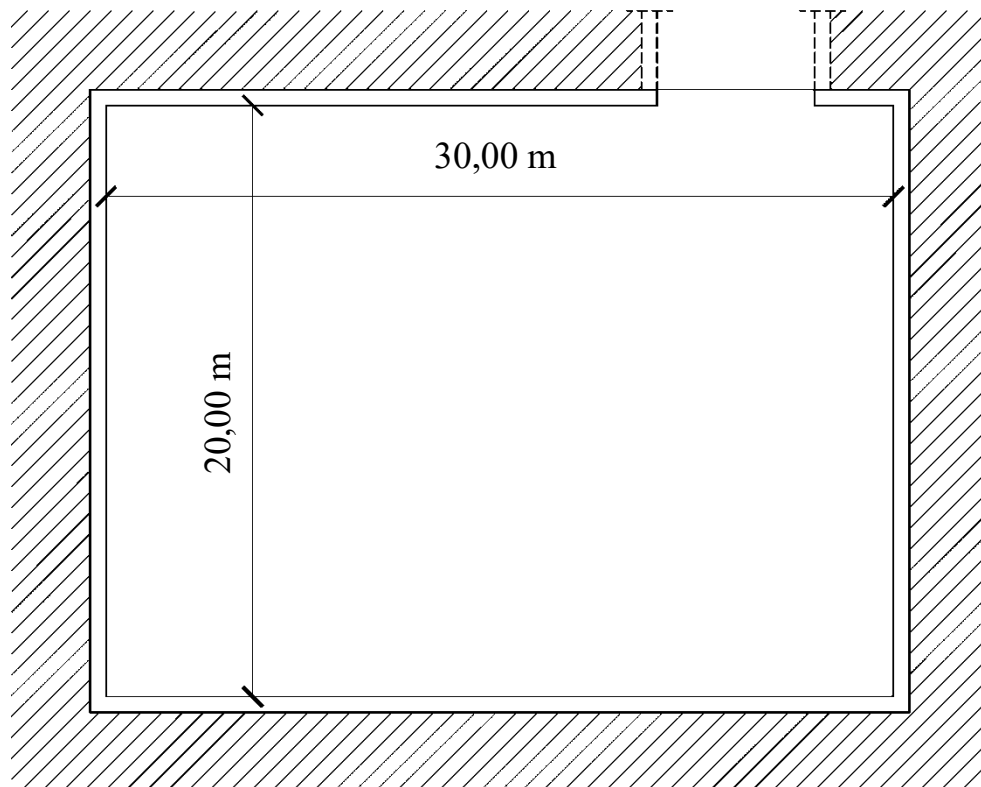
Non è necessario il dimensionamento strutturale dell'impalcato del ponte.

## Tema 2.

Dato lo schema architettonico indicato in figura (quote in metri), relativo a un'autorimessa interrata, con altezza netta interna di 4,50 m e copertura piana destinata al parcheggio di autovetture ( $q_k = 4,00 \text{ kN/m}^2$ ), si richiede di **progettare le strutture di fondazione ed elevazione**, adottando i materiali e le tipologie strutturali che si ritengono idonei, predisponendo:

- i **calcoli di predimensionamento degli elementi strutturali**;
- la **relazione di calcolo delle strutture** comprensiva di **tutti** i seguenti elementi: norme di riferimento; proprietà meccaniche dei materiali (valori caratteristici e di progetto); azioni permanenti, variabili e sismiche (valori caratteristici); combinazioni delle azioni allo stato limite ultimo e di esercizio; schemi statici; disposizioni delle azioni; involucri delle sollecitazioni interne allo stato limite ultimo e di esercizio (momento flettente, taglio, forza assiale); verifiche allo stato limite ultimo e di esercizio, disposizioni costruttive nelle situazioni di progetto considerate;
- gli **elaborati grafici del progetto esecutivo**;
- i **calcoli di progetto delle armature longitudinali e trasversali**;
- il **piano di manutenzione delle strutture**.

Assumere valori appropriati per i parametri di progetto del terreno di fondazione.





### **Tema 3.**

All'interno di un'area destinata a "Servizi pubblici di quartiere" di un comune della provincia di Torino classificato in zona sismica 4, completamente pianeggiante, redigere il progetto edilizio di un centro polifunzionale.

#### **REQUISITI GENERALI E RICHIESTE FUNZIONALI**

Il centro polifunzionale sorgerà in un lotto rettangolare pianeggiante di 80 metri x 60 metri con il lato corto orientato a Sud e confinante con una strada comunale. A Nord e ad Ovest il lotto confina con un'area adibita a parco e ad Est con una area a parcheggio di idonea capacità.

Sono richiesti i seguenti spazi:

- foyer adeguatamente dimensionato con bussola-filtro di ingresso
- biglietteria ed eventuale guardaroba
- servizi igienici per il pubblico adeguatamente dimensionati
- bar
- magazzino bar
- sala da almeno 250 posti con retropalco e servizio igienico per i relatori/attori
- magazzino retropalco
- sala regia
- 3 cabine per la traduzione simultanea
- magazzino pulizie
- ufficio
- archivio
- due unità servizi igienici per il personale
- due unità spogliatoio per il personale, ciascuna dotata di doccia
- due locali tecnici con accesso dall'esterno adeguatamente dimensionati

Altezza massima in gronda 12 m, distanza dai confini 7,5 m (eccetto il confine Est, per il quale è possibile la costruzione in aderenza), distanza dal confine verso strada 5 metri. Distanza minima tra superfici finestate di ambienti con permanenza di persone 10 m. Rapporto di copertura massimo 50%.

**Attenzioni particolari:**

- L'impianto progettuale, prendendo a riferimento criteri di eco-sostenibilità, dovrà proporre un'architettura che non presenti barriere architettoniche, con un buon impatto ambientale e che sia in linea con le normative e gli obiettivi di sicurezza antincendio.

#### **ELABORATI di PROGETTO richiesti:**

- **Planimetria generale in scala 1:500:** completa della sistemazione del lotto, comprensiva di edificio, percorsi, verde attrezzato ed arredo urbano.
- **Pianta in scala 1:100** che dovrà contenere le informazioni necessarie sia in riferimento al processo di autorizzazione edilizia, sia in riferimento all'ottenimento del parere di conformità degli Enti preposti al controllo (ASL, ...) e dovrà essere:
  - quotata in modo essenziale
  - dotata di verifica dei rapporti aero/illuminanti
  - con in evidenza i criteri adottati per il superamento delle "barriere architettoniche"
  - con in evidenza i criteri adottati per la sicurezza antincendio dell'edificio e degli occupanti
  - completa delle indicazioni delle funzioni dei singoli spazi e dei principali arredi funzionali;
  - con l'indicazione dei materiali e finiture impiegate;



- **Almeno una Sezione verticale significativa in scala 1:100** che dovrà contenere le informazioni circa le altezze nette, le quote altimetriche di calpestio, ecc.
- **Schemi strutturali** che evidenzino le scelte progettuali eseguite (definizione e posizione degli elementi portanti verticali, orditura degli orizzontamenti, ecc.)
- **Schemi per la definizione delle stratigrafie dell'involucro:** calcolo della trasmittanza di almeno una stratigrafia dell'involucro (verticale o orizzontale) e dettagli costruttivi in scala adeguata per evidenziare le scelte tecnologiche e architettoniche effettuate anche in relazione al controllo dei "ponti termici";
- **Indicazione delle scelte impiantistiche** sia per la climatizzazione e ventilazione degli ambienti che per la produzione di acqua calda sanitaria, in rispetto all'obbligo di utilizzo di fonte energetiche rinnovabili.



#### **Tema 4.**

Si richiede di eseguire il dimensionamento di massima di un impianto di trattamento delle acque reflue urbane avente un carico organico corrispondente a 125.000 abitanti equivalenti (A.E.). Ai fini della progettazione si assume un fattore di punta delle portate (Peaking Factor) pari a 1,45.

Le caratteristiche medie dell'acqua reflua in ingresso all'impianto sono riportate nella seguente tabella:

| <b>Parametro</b>                  | <b>Concentrazione<br/>(mg/L)</b> |
|-----------------------------------|----------------------------------|
| BOD <sub>5</sub>                  | 220                              |
| sBOD <sub>5</sub>                 | 80                               |
| COD                               | 485                              |
| sCOD                              | 160                              |
| rbCOD                             | 80                               |
| SST                               | 240                              |
| SSV                               | 220                              |
| TKN                               | 35                               |
| NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N   | 35                               |
| PT (fosforo totale)               | 6                                |
| Alcalinità                        | 200 come CaCO <sub>3</sub>       |
| Rapporto<br>bCOD/BOD <sub>5</sub> | 1,6                              |

L'effluente trattato sarà scaricato in un corpo idrico ricettore situato in area sensibile a rischio di eutrofizzazione.

#### **Al candidato è richiesto:**

- Il dimensionamento di massima dell'impianto di depurazione, con esclusione dei pretrattamenti di grigliatura e dissabbiatura/disoleatura.
- la risposta ai seguenti quesiti:
  1. Qual è il consumo giornaliero di energia elettrica per abitante equivalente relativo al trasferimento di ossigeno nei reattori aerati dell'impianto?
  2. Quale linea di trattamento delle acque reflue risulta idonea nel caso in cui lo scarico avvenga in un corpo idrico superficiale situato in un'area non classificata come sensibile?

*Tutte le ipotesi, scelte progettuali e calcoli dovranno essere motivati e giustificati in modo chiaro e coerente con la normativa vigente e con le buone pratiche di progettazione degli impianti di depurazione.*

*\*Definizione di Abitante Equivalente secondo la Normativa Italiana vigente:*

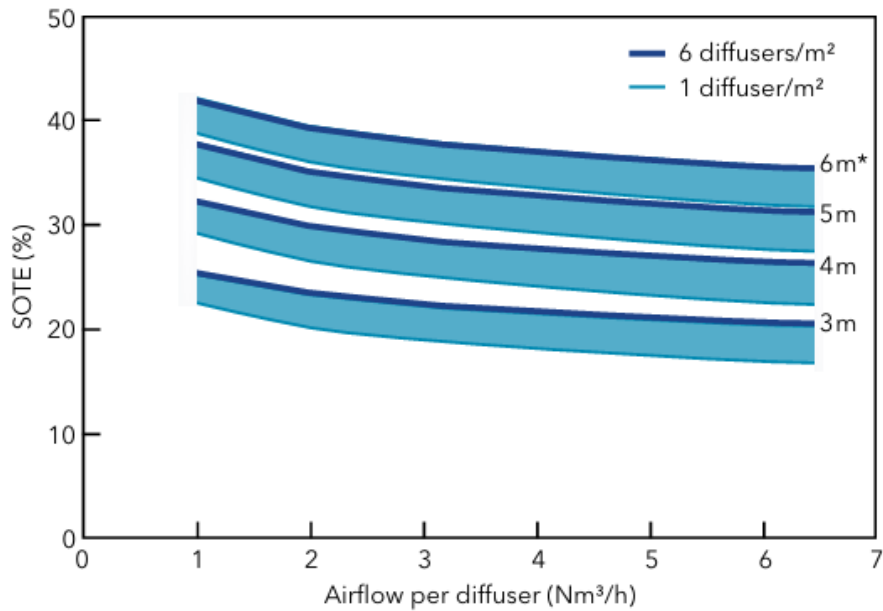
*Abitante Equivalente: il carico organico biodegradabile avente una richiesta biochimica di ossigeno a 5 giorni (BOD<sub>5</sub>) pari a 60 g di O<sub>2</sub> al giorno (D.Lgs. 3 aprile 2006, n. 152 – Art. 74, comma 1, lett. a).*

#### **Allegato 1**

*Scheda tecnica di un diffusore a membrana disponibile in commercio*

## Performance curves

### Silver Series II



### Technical data

| Silver Series II                           |                                                              |
|--------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|
| Disc material                              | Specially blended high-grade EPDM                            |
| Diffuser holder material                   | uPVC, cPVC or Polypropylene                                  |
| Disc diameter                              | 178 or 229 mm (7 or 9 in)                                    |
| Mounting options                           | Saddle or screw-on                                           |
| Effective surface area                     |                                                              |
| 178 mm (7 in)                              | 0.024 m <sup>2</sup> (0.26 ft <sup>2</sup> )                 |
| 229 mm (9 in)                              | 0.038 m <sup>2</sup> (0.41 ft <sup>2</sup> )                 |
| Orifice size                               | 5 mm (13/64 in)                                              |
| Airflow range per disc                     | 0.8-6.8 Nm <sup>3</sup> /h (0.5-4.0 scfm)**                  |
| Standard oxygen transfer efficiency (SOTE) | 6-8% per m submergence (2-2.5% per ft)**                     |
| Standard aeration efficiency (SAE)         | 2.5-6 kg O <sub>2</sub> / kWh (4-10 lb O <sub>2</sub> / hph) |
| Operating mode                             | Continuous / intermittent                                    |

\*\* For 229 mm (9 in) diameter

## Allegato 2 (Allegato 5 alla Parte Terza del D.Lgs. 152/06)

**Tabella 1. Limiti di emissione per gli impianti di acque reflue urbane**

| PARAMETRI<br>(MEDIA<br>GIORNALIERA)           | POTENZIALITÀ IMPIANTO I.A.E.<br>(ABITANTI EQUIVALENTI) |                                       |
|-----------------------------------------------|--------------------------------------------------------|---------------------------------------|
|                                               | 2.000 – 10.000                                         | > 10.000                              |
|                                               | Concentrazione<br>(mg/L)                               | Concentrazione<br>(% di<br>riduzione) |
| BOD <sub>5</sub><br>(senza<br>nitrificazione) | 25                                                     | 80                                    |
| COD (3)                                       | 125                                                    | 75                                    |
| Solidi sospesi (4)                            | 35 (5)                                                 | 90                                    |

**Tabella 2. Limiti di emissione per gli impianti di acque reflue urbane recapitanti in aree sensibili**

| PARAMETRI<br>(MEDIA ANNUA)  | POTENZIALITÀ IMPIANTO IN A.E. |                                       |
|-----------------------------|-------------------------------|---------------------------------------|
|                             | 10.000 – 100.000              | > 100.000                             |
|                             | Concentrazione<br>(mg/L)      | Concentrazione<br>(% di<br>riduzione) |
| Fosforo totale<br>(P) (1)   | 2                             | 80                                    |
| Azoto totale (N)<br>(2) (3) | 15                            | 70-80                                 |

### Tema 5.

Si vuole progettare la quota dell'impalcato di un ponte in una sezione di un corso d'acqua delle Prealpi occidentali che sottende un bacino di circa 520 km<sup>2</sup>. Si considera come portata di progetto la portata di tempo di ritorno 200 anni.

I dati disponibili di portata massima annua al colmo per la sezione in esame sono riportati in Tabella 1.

La sezione del corso d'acqua è schematizzabile con una sezione di forma rettangolare con base 35 m che in corrispondenza del ponte viene ristretta ad una larghezza complessiva di 30 m. Per un ampio

tratto a monte e a valle della sezione in cui è presente il ponte non ci sono discontinuità geometriche né variazioni di portata, la pendenza del fondo dell'alveo è pari a 0,002 e la scabrezza è  $45 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ .

Si chiede di:

- calcolare la portata di progetto e illustrare un test di adattamento della distribuzione considerata (almeno in via teorica), se necessario con la metodologia usata;
- caratterizzare l'alveo verificando se si tratti di un alveo a forte o debole pendenza;
- calcolare l'altezza dell'acqua nella sezione in cui è presente il ponte;
- verificare se per la presenza del restringimento causato dalle pile del ponte dell'impalcato vi sia un innalzamento dei livelli a monte del ponte rispetto alla situazione di moto uniforme e in caso affermativo, quale sia l'innalzamento massimo rispetto al moto uniforme.

Nello svolgimento dell'elaborato, dettagliare i passaggi e i calcoli fatti con una relazione di calcolo.

Tab1: Portate al colmo massime annue ( $\text{m}^3/\text{s}$ )

|       |     |        |       |
|-------|-----|--------|-------|
| 280   | 685 | 274,5  | 600   |
| 73,5  | 143 | 83     | 180   |
| 277   | 245 | 287,2  | 190   |
| 92,5  | 285 | 484,45 | 80    |
| 95    | 216 | 80,25  | 110   |
| 284   | 143 | 285,05 | 280   |
| 435   | 255 | 600    | 522,5 |
| 91,5  | 175 | 415    | 127,5 |
| 160   | 175 | 155    | 310   |
| 257,5 | 180 | 105    | 120   |
| 205   | 223 | 265    | 407,5 |

## **Tema 6.**

In Figura 1 è riportata la sezione di un muro di sostegno, lungo complessivamente 53 m, realizzato nel 1966 in un contesto collinare della provincia di Torino, attualmente in classe simica 3S (DGR n. 65-7656, 21 Maggio 2014). Nel corso degli anni 80 il muro è stato rinforzato con un sistema di ancoraggi in acciaio disposti a interasse variabile tra 2,5 e 3 m, presumibilmente in seguito ad evidenze di spostamenti o instabilità potenziali. Non esiste documentazione per questo intervento; da un'osservazione superficiale si è stimato un diametro delle barre pari a 30 mm e un'inclinazione di circa  $30^\circ$  rispetto all'orizzontale ma non è stato possibile stimare la lunghezza delle barre, che risulta incognita.

Nonostante la presenza dei tiranti, il muro mostra fratture e dislocazioni, che suggeriscono una rotazione verso valle dovuta presumibilmente alla spinta del terreno a tergo e all'azione dell'acqua. Il muro mostra inoltre chiari segni di percolazione d'acqua proveniente dalla zona di monte, che potrebbero indicare un sovraccarico idraulico e/o la scarsa efficienza dei sistemi di drenaggio.

Al fine di valutare le caratteristiche dei terreni in cui l'opera è costruita, in prima approssimazione è possibile far riferimento ad uno studio di natura geologico-tecnica condotto nel 1996. Tale studio ha previsto l'esecuzione di un sondaggio geognostico al piede del muro, una prova SPT condotta nel foro di sondaggio, e una serie di prove penetrometriche dinamiche continue (Prove DPM), effettuate con penetrometro leggero tipo DL30IT (massa battente 30 kg), ubicate in prossimità della zona di interesse.



In Figura 2 si riporta la stratigrafia di sondaggio, con indicazione dei risultati ottenuti dalla prova SPT, e in Figura 3 il risultato di una delle prove DPM. Infine, in Tabella 1 si riporta una stratigrafia semplificata dello stesso sondaggio e in Tabella 2 i dati ottenuti dalla prova DPM. Si ricorda che per mettere in relazione i risultati della prova DPM con quelli della prova SPT è necessario tenere conto della diversa energia specifica per colpo di battuta, utilizzando le relazioni seguenti (le informazioni necessarie per il calcolo sono riportate in Figura 3):

$$NSPT = \beta_t \cdot N$$
$$\beta_t = \frac{Q}{Q_{SPT}}$$

Dove:  $\beta_t$  = rapporto di energia;  $Q$  = energia specifica prova DPM;  $Q_{SPT}$  = energia specifica prova SPT

Non esistono informazioni sulle caratteristiche del terreno a tergo del muro ma in prima approssimazione è possibile assumere una sabbia grossolana addensata.

Sulla base delle informazioni riportate sopra e alla luce della normativa vigente si richiede di:

- 1) definire un modello geotecnico di progetto del deposito (stratigrafia, parametri di resistenza, condizioni di falda).
- 2) Calcolare la spinta attiva agente a tergo dell'opera, considerando due scenari (non contemporanei):
  - a. saturazione del pendio per una profondità di 1,5 m dal piano campagna, per effetto di piogge intense;
  - b. azione sismica, assumendo per la classe 3S:  $0,15g \leq PGA \leq 0,25g$ .
- 3) Per entrambi gli scenari, eseguire le verifiche a scorrimento, ribaltamento e capacità portante del muro in assenza di tiranti.
- 4) Con riferimento alla condizione più gravosa, progettare e verificare un intervento di stabilizzazione scegliendo la soluzione più idonea (motivare la scelta).

Si richiede di impostare l'elaborato in forma di relazione tecnica contenente i principi progettuali, la normativa e le raccomandazioni di riferimento, i materiali impiegati, i procedimenti di calcolo per il dimensionamento e la verifica dell'opera, le raccomandazioni per la sua realizzazione e per eventuali ulteriori indagini.

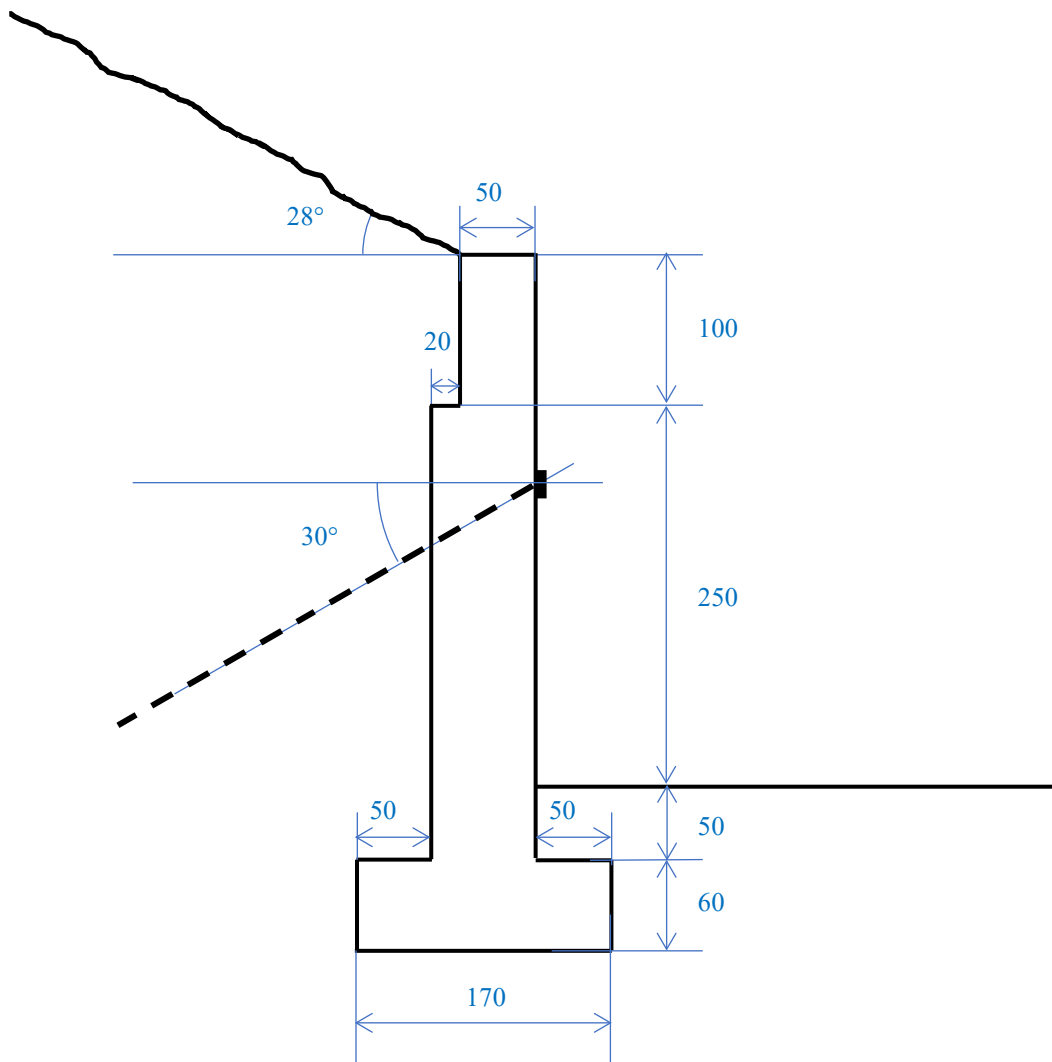
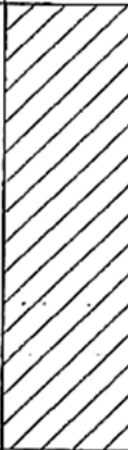


Figura 1. Sezione rappresentativa del muro (misure in cm). L'inclinazione del tirante è presunta.

| profondità<br>dal p.c. (m) | potenza<br>della strato | sezione<br>stratigrafica                                                            | descrizione litologica                                                                                                                                                                                                           | livello stab.<br>della falda | metodo e diam.<br>di perforazione              | diametro<br>rivestimenti | percentuale di<br>carotaggio | RQD (%) | piezometro tipo<br>a tubo aperto | Inclinometro | Nsp1     |
|----------------------------|-------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------|------------------------------------------------|--------------------------|------------------------------|---------|----------------------------------|--------------|----------|
| 3.5                        | 3.50                    |    | Terreno di riporto prevalentemente limoso sabbioso con rasti vegetali e frammenti di laterizi, poco consistente, colore bruno.                                                                                                   | falda assente                | diam. 131 mm                                   | 127                      | 30                           |         |                                  |              | 1.5      |
|                            |                         |                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                  |                              |                                                |                          |                              |         |                                  |              | 05-05-05 |
|                            |                         |                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                  |                              |                                                |                          |                              |         |                                  |              | 1.95     |
|                            |                         |                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                  |                              |                                                |                          |                              |         |                                  |              | 3.6      |
| 6.6                        | 3.10                    |   | Limo sabbioso con ghiaia da medio fine a fine (la granulometria e la percentuale di ghiaia diminuiscono con la profondità), moderatamente consistente, colore da bruno a nocciolo.                                               | falda assente                | diam. 101 mm                                   | 127                      | 90                           |         |                                  |              | 07-12-19 |
|                            |                         |                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                  |                              |                                                |                          |                              |         |                                  |              | 4.05     |
|                            |                         |                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                  |                              |                                                |                          |                              |         |                                  |              | 4.5      |
|                            |                         |                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                  |                              |                                                |                          |                              |         |                                  |              | 14-14-20 |
| 7.5                        | .90                     |  | Sabbia eterometrica debolmente ghiaiosa a fondo strato, moderatamente addensata, colore nocciola.                                                                                                                                | falda assente                | rotazione con carotaggio continuo diam. 101 mm | 127                      | 90                           |         |                                  |              | 4.95     |
|                            |                         |                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                  |                              |                                                |                          |                              |         |                                  |              | 6.0      |
|                            |                         |                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                  |                              |                                                |                          |                              |         |                                  |              | 13-17-23 |
|                            |                         |                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                  |                              |                                                |                          |                              |         |                                  |              | 6.45     |
| 11.0                       | 3.50                    |  | Sabbia prevalentemente medio-fine con passate limosa-sabbiose e più raramente livelli sabbioso grossolani, da poco consistente a moderatamente consistente. Colore variegato da bruno-giallastro a nocciola a grigio-verdognolo. | falda assente                | rotazione con carotaggio continuo diam. 101 mm | 127                      | 90                           |         |                                  |              | 7.5      |
|                            |                         |                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                  |                              |                                                |                          |                              |         |                                  |              | 01-04-12 |
|                            |                         |                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                  |                              |                                                |                          |                              |         |                                  |              | 7.95     |
|                            |                         |                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                  |                              |                                                |                          |                              |         |                                  |              |          |

La quota di inizio foro corrisponde al piano di campagna.

Figura 2. Stratigrafia del terreno a valle del muro, con indicazione dei risultati della prova SPT.

**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA**  
**Penetrometro dinamico leggero italiano DL301T**

prova n°:

1

committente:

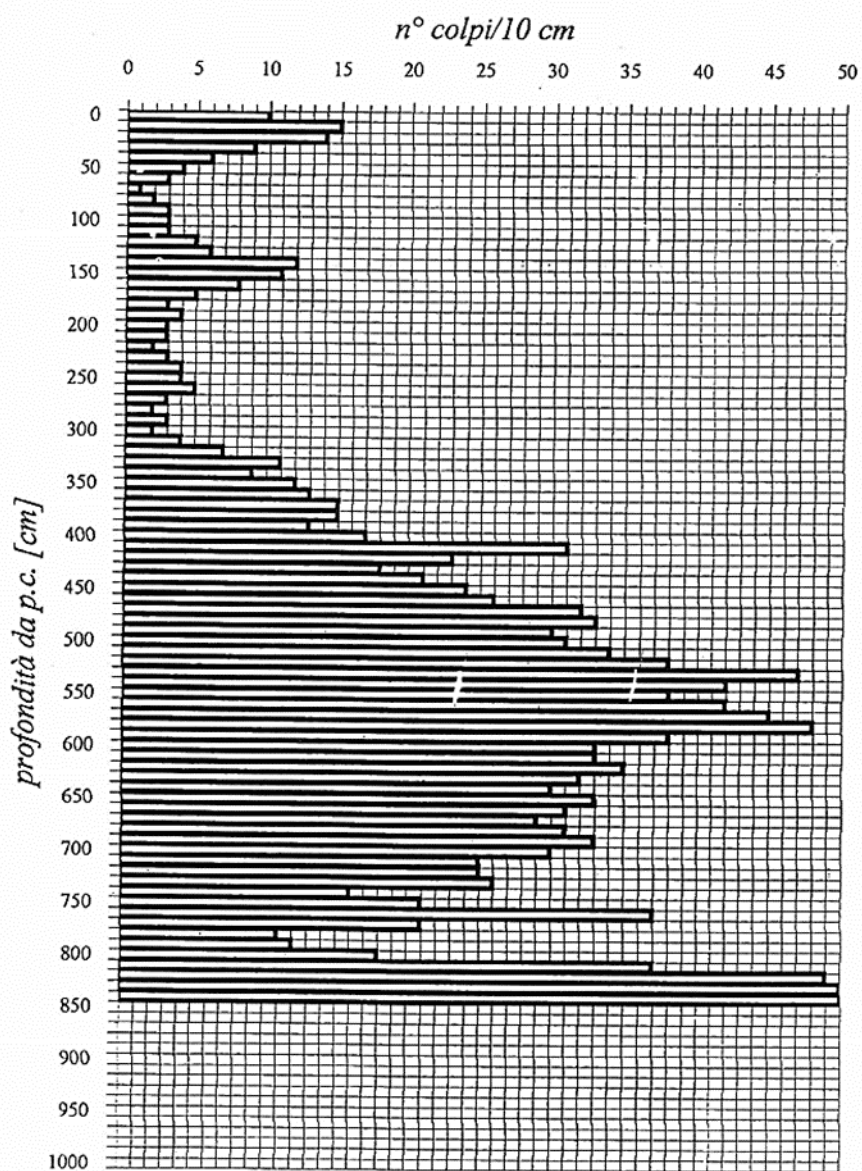
località:

quota inizio:

piano campagna

falda:

assente



falda

| Massa battente [Kg] | altezza di caduta [m] | Peso sistema battuta<br>senza massa battente [Kg] | lunghezza asta = m 1,0<br>Peso asta = 2,93 kg/m<br>coeff. teorico di energia<br>$Bt = Q/Q_{spt} = 0,77$ |
|---------------------|-----------------------|---------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 30                  | 0,2                   | 13                                                |                                                                                                         |

Figura 3. Risultati della prova DPM (vedere anche Tabella 2)

Tabella 1. Descrizione della stratigrafia riportata in Figura 1 (ARPA Piemonte).

| <b>Profondità<br/>(m)</b> | <b>Descrizione</b>                                                                     |
|---------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|
| 3.50                      | Riporto prevalentemente limoso sabbioso con frammenti di laterizi                      |
| 6.60                      | Limo sabbioso con ghiaia fine moderatamente consistente                                |
| 7.50                      | Sabbia eterometrica debolmente ghiaiosa moderatamente addensata                        |
| 11.00                     | Sabbia prevalentemente media fine in livelli limoso sabbiosi moderatamente consistente |

Tabella 2. Risultati della prova DPM riportata in Figura 3.

| <b>Profondità<br/>(cm)</b> | <b>n colpi<br/>N</b> |                            |                      |     |    |
|----------------------------|----------------------|----------------------------|----------------------|-----|----|
| 10                         | 10                   | 330                        | 7                    | 670 | 31 |
| 20                         | 15                   | 340                        | 11                   | 680 | 33 |
| 30                         | 14                   | 350                        | 9                    | 690 | 30 |
| 40                         | 9                    | 360                        | 12                   | 700 | 25 |
| 50                         | 6                    | 370                        | 13                   | 710 | 25 |
| 60                         | 4                    | 380                        | 15                   | 720 | 26 |
| 70                         | 3                    | 390                        | 15                   | 730 | 16 |
| 80                         | 1                    | 400                        | 13                   | 740 | 21 |
| 90                         | 2                    | 410                        | 17                   | 750 | 37 |
| 100                        | 3                    | 420                        | 31                   | 760 | 21 |
| 110                        | 3                    | 430                        | 23                   | 770 | 11 |
| 120                        | 3                    | 440                        | 18                   | 780 | 12 |
| 130                        | 5                    | 450                        | 21                   | 790 | 18 |
| 140                        | 6                    | 460                        | 24                   | 800 | 37 |
| 150                        | 12                   | 470                        | 26                   |     |    |
| 160                        | 11                   | 480                        | 32                   |     |    |
| 170                        | 8                    | 490                        | 33                   |     |    |
| 180                        | 5                    | 500                        | 30                   |     |    |
| 190                        | 3                    | 510                        | 31                   |     |    |
| 200                        | 4                    | 520                        | 34                   |     |    |
| 210                        | 3                    | 530                        | 38                   |     |    |
| 220                        | 3                    | 540                        | 47                   |     |    |
| 230                        | 2                    | <b>Profondità<br/>(cm)</b> | <b>n colpi<br/>N</b> |     |    |
| 240                        | 3                    | 550                        | 42                   |     |    |
| 250                        | 4                    | 560                        | 38                   |     |    |
| 260                        | 4                    | 570                        | 42                   |     |    |
| 270                        | 5                    | 580                        | 45                   |     |    |
| <b>Profondità<br/>(cm)</b> | <b>n colpi<br/>N</b> | 590                        | 48                   |     |    |
| 280                        | 3                    | 600                        | 38                   |     |    |
| 290                        | 2                    | 610                        | 33                   |     |    |
| 300                        | 3                    | 620                        | 33                   |     |    |
| 310                        | 2                    | 630                        | 35                   |     |    |
| 320                        | 5                    | 640                        | 32                   |     |    |
|                            |                      | 650                        | 30                   |     |    |
|                            |                      | 660                        | 33                   |     |    |



## Tema 7.

Si consideri un giacimento depletato di gas naturale di piccole dimensioni che verrà qua analizzato come potenziale candidato per un test pilota per lo stoccaggio sotterraneo di  $\text{CO}_2$ . Sono disponibili alcuni dati per poter eseguire una caratterizzazione preliminare del giacimento e una stima della capacità di stoccaggio. Si riportano nel seguito i dati disponibili e in fondo al testo, le relative domande.

### Dati di giacimento

- Profondità del top,  $z_{\text{TOP}} = 2000$  mss
- Temperatura,  $T = 45$  °C
- Pressione iniziale,  $p_i = 200$  bar
- Porosità,  $f = 0.2$
- Saturazione di acqua iniziale/irriducibile,  $S_{wi} = 0.2$
- Dimensioni (geometria approssimata):
  - $L_x = 1500$  m
  - $L_y = 1000$  m
  - $H$  (net pay) = 15 m

Il giacimento si comporta come in CPV e produce pertanto per Depletion Drive.

Le curve di permeabilità relative acqua-gas possono essere calcolate usando il modello di Corey e assumendo:

- saturazione in gas residuale,  $S_{gr} = 0.1$ ;
- esponenti di Corey per gas e acqua,  $n_g = n_w = 2$ ;

### Test di laboratorio per determinazione permeabilità assoluta

Sono stati eseguiti test su di un campione di roccia e utilizzando azoto.

Dati:

- Viscosità dell'azoto a 20 °C = 0.01758 cP
- Lunghezza del campione,  $L = 2$  inc
- Diametro del campione,  $D = 1$  inc

Tab 1: Dati di test

| Test | rate( $\text{cm}^3/\text{min}$ ) | Pin (bar) | Pout (atm) |
|------|----------------------------------|-----------|------------|
| 1    | 682.88                           | 2.01      | 1          |
| 2    | 4124.26                          | 5.01      | 1          |



|   |         |      |   |
|---|---------|------|---|
| 3 | 4427.96 | 5.21 | 1 |
|---|---------|------|---|

### Dati dei fluidi

Si assuma che il fluido nativo di giacimento sia composto al 100% da Metano. Gli andamenti di densità e viscosità di Metano e CO<sub>2</sub> in funzione della pressione e alla temperatura di giacimento sono riportati in tabella 2.

Calcolare per i due fluidi il fattore di volume (Bg) e il fattore di comprimibilità del gas (z) alle pressioni di interesse per i calcoli che seguiranno.

Tab 2: dati di metano e CO<sub>2</sub>

| CH <sub>4</sub> |                      |           | CO <sub>2</sub> |                      |           |
|-----------------|----------------------|-----------|-----------------|----------------------|-----------|
| Pressure        | Density              | Viscosity | Pressure        | Density              | Viscosity |
| (bar)           | (kg/m <sup>3</sup> ) | (cP)      | (bar)           | (kg/m <sup>3</sup> ) | (cP)      |
| 1               | 0.6073               | 0.011714  | 1               | 1.6704               | 0.015867  |
| 11              | 6.7709               | 0.01185   | 11              | 19.169               | 0.015999  |
| 21              | 13.099               | 0.012004  | 21              | 38.348               | 0.01618   |
| 31              | 19.592               | 0.01218   | 31              | 59.655               | 0.016427  |
| 41              | 26.244               | 0.012377  | 41              | 83.757               | 0.016769  |
| 51              | 33.052               | 0.012596  | 51              | 111.7                | 0.017249  |
| 51              | 33.052               | 0.012596  | 61              | 145.3                | 0.017953  |
| 51              | 33.052               | 0.012596  | 71              | 188.06               | 0.019057  |
| 61              | 40.005               | 0.012839  | 81              | 248.34               | 0.021038  |
| 71              | 47.092               | 0.013105  | 81              | 248.34               | 0.021038  |
| 81              | 54.296               | 0.013396  | 81              | 248.34               | 0.021038  |
| 91              | 61.597               | 0.01371   | 91              | 351.14               | 0.025667  |
| 101             | 68.971               | 0.014048  | 101             | 512.77               | 0.036628  |
| 111             | 76.391               | 0.014408  | 111             | 610.03               | 0.045838  |
| 121             | 83.828               | 0.014791  | 121             | 661.93               | 0.051749  |
| 131             | 91.249               | 0.015194  | 131             | 696.65               | 0.056161  |
| 141             | 98.623               | 0.015616  | 141             | 722.82               | 0.05976   |
| 151             | 105.92               | 0.016055  | 151             | 743.91               | 0.062849  |
| 161             | 113.1                | 0.016509  | 161             | 761.64               | 0.065589  |
| 171             | 120.15               | 0.016975  | 171             | 776.98               | 0.068071  |
| 181             | 127.04               | 0.017452  | 181             | 790.53               | 0.070357  |
| 191             | 133.76               | 0.017936  | 191             | 802.7                | 0.072487  |
| 201             | 140.27               | 0.018426  | 201             | 813.75               | 0.07449   |
| 211             | 146.59               | 0.01892   | 211             | 823.89               | 0.076387  |
| 221             | 152.69               | 0.019416  | 221             | 833.27               | 0.078195  |

### Domande

In base ai dati disponibili, determinare:

- 1) Permeabilità assoluta del plug sottoposto a test di laboratorio
- 2) GOIP



- 3) Pressione media di giacimento a fine produzione assumendo che sia raggiunto un fattore di recupero del metano pari ad 80%.
- 4) Volume di CO<sub>2</sub> stoccabile nell'ipotesi di iniezione fino a ripristinare la pressione iniziale
- 5) Tempo necessario per il disturbo di pressione per raggiungere i bordi del giacimento ipotizzando che il pozzo sia in posizione centrale.

Inoltre:

- 6) Definire un design di prova di produzione (*Well Test*) finalizzata alla determinazione delle *gas well deliverability*. Tenere in conto delle incertezze sui parametri ipotizzati.

In caso di dati mancanti, la candidata/il candidato dovrà fare delle ipotesi di lavoro o assumere valori dei parametri necessari.



Politecnico  
di Torino

**POLITECNICO DI TORINO**  
**ESAMI DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALL'ESERCIZIO**  
**DELLA PROFESSIONE DI INGEGNERE**  
**SETTORE CIVILE-AMBIENTALE**  
**COMMISSIONE 1**  
**I Sessione 2025 - Sezione B**  
**Prova pratica del 09/10/2025**

**Tema 1.**

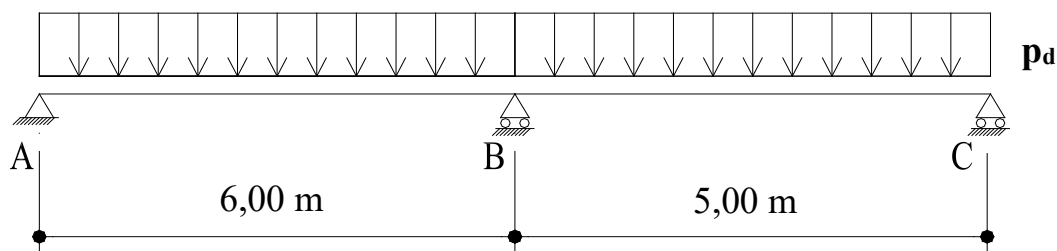
Data la trave di calcestruzzo armato di figura soggetta a carichi uniformemente distribuiti, si richiede di:

- effettuare l'analisi strutturale con la determinazione degli involuipi delle sollecitazioni allo stato limite di esercizio (combinazione di carico caratteristica) e allo stato limite ultimo;
- progettare le armature longitudinali della sezione dell'appoggio centrale ed effettuare la verifica allo stato limite di ultimo per flessione;
- con le armature longitudinali progettate al punto precedente, effettuare la verifica della sezione dell'appoggio centrale allo stato limite di esercizio per tensioni eccessive nella combinazione di carico caratteristica.
- progettare l'armatura di taglio ed effettuare la verifica allo stato limite di ultimo per taglio.

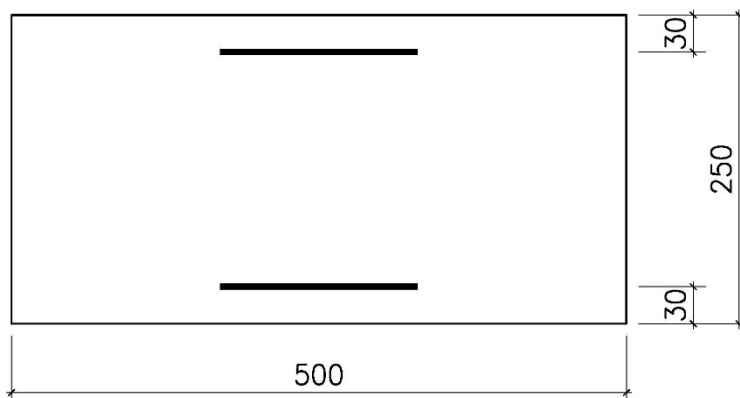
Materiali: calcestruzzo  $f_{ck} = 25 \text{ N/mm}^2$ ; acciaio B450C (assumere  $\alpha_e = 7$ ).

Carico permanente totale caratteristico  $g_k = 20 \text{ kN/m}$ ; carico variabile caratteristico  $q_k = 12 \text{ kN/m}$ .

Schema statico della trave:



Sezione della trave:





## **Tema 2.**

In un comune della provincia di Torino classificato in zona sismica 4, all'interno di un'area completamente pianeggiante a destinazione verde pubblico e prospiciente un laghetto urbano, redigere il progetto edilizio di un edificio ad un solo piano, adibito a bar tavola calda.

### **REQUISITI GENERALI E RICHIESTE FUNZIONALI**

Il fabbricato sorgerà in un lotto rettangolare di 50 metri x 30 metri con l'asse maggiore orientato Est-Ovest ed il lato Nord verso il lago e il lato Sud verso una strada prevalentemente ciclopedonale, ossia percorribile da automezzi solo in caso di emergenza e per il carico/scarico merci. Il minimo arretramento dai confini è di 5 m.

Sono richiesti:

- n. 2 unità servizi igienici per il personale, ciascuna dotata di:
  - n. 1 locale spogliatoio, dimensionato per n. 3 addetti, con un posto doccia in diretta comunicazione con lo spogliatoio;
  - n. 1 locale WC e lavabo;
- n. 1 magazzino
- n. 1 locale sguatteria;
- n. 1 locale cucina;
- n. 2 unità servizi igienici per il pubblico, entrambi adatti ai disabili;
- locale per il pubblico con:
  - area bar con bancone e almeno tavoli per 16 posti a sedere;
  - area tavola calda con tavoli per almeno 40 posti;
- area esterna coperta e vista lago, con tavoli per almeno 40 posti;
- n. 1 locale tecnico con accesso dall'esterno.

**Attenzioni particolari:**

- L'impianto progettuale, prendendo a riferimento criteri di eco-sostenibilità, dovrà proporre un'architettura con un buon impatto ambientale e funzionale;

**ELABORATI di PROGETTO richiesti:**

- **Planimetria generale in scala 1:500:** completa della sistemazione del lotto, comprensiva di edificio, accessi, percorsi, arredo urbano.
- **Pianta e almeno un prospetto in scala 1:100** che dovranno contenere, oltre alle informazioni necessarie sia in riferimento al processo di autorizzazione edilizia, sia in riferimento all'ottenimento del parere di conformità degli Enti preposti al controllo:
  - quote essenziali;
  - indicazione delle superfici di ventilazione;
  - evidenza dei criteri adottati per il superamento delle "barriere architettoniche";
  - indicazione dei materiali e finiture impiegate.
- **Schemi strutturali** che evidenzino le scelte progettuali eseguite (definizione e posizione degli elementi portanti verticali, orditura degli orizzontamenti, ecc.).
- **Schemi per la definizione delle stratigrafie dell'involucro** per evidenziare le scelte tecnologiche e architettoniche effettuate anche in relazione al benessere termico e alla tenuta all'acqua.



### Tema 3.

Tramite un impianto di pompaggio si vuole portare l'acqua da un canale a quota inferiore ad un altro canale che si trova ad una quota superiore (il punto A a pressione atmosferica) indicato in figura. La portata richiesta è di 10 l/s. La quota del punto A, rispetto al livello nel canale da cui è prelevata l'acqua, è 100 m.

Il disegno è in scala.

Si chiede di indicare i valori dei diametri e della scabrezza delle condotte di mandata e di aspirazione che si ritengono ragionevoli, di calcolare la potenza elettrica della pompa che si vuole installare (ipotizzare un rendimento della pompa) e di indicare dove è opportuno collocarla. Riportare sul disegno il tracciato dell'impianto. Tracciare la linea dei carichi totali e la linea piezometrica.

Nello svolgimento dell'elaborato, dettagliare i passaggi e i calcoli fatti con una relazione di calcolo.

