

DELLA PROFESSIONE DI INGEGNERE CIVILE-AMBIENTALE

II Sessione 2024

Sezione A - Settore Civile-Ambientale

Prova pratica del 14 novembre 2024

TEMA NOVE

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 una scuola d'infanzia (per bambini di 3 - 5 anni).

REQUISITI GENERALI E RICHIESTE FUNZIONALI

La scuola sorgerà in un lotto rettangolare pianeggiante di 80 metri x 50 metri con il lato corto orientato ad Est e confinante con una strada comunale. L'altro lato corto (ad Ovest) confina con la mensa (già costruita a filo del confine). A Nord il lotto confina con un'area adibita a parco e a Sud con un lotto a destinazione residenziale, a bassa densità edilizia (tipologia a schiera).

La scuola d'infanzia sarà progettata per 3 sezioni, ciascuna destinata a max 25 bambini.

Sono richiesti i seguenti spazi:

- n. 1 atrio con bussola-filtro di ingresso;
- n. 1 spazio polifunzionale, collocato nel lato opposto alle aule, per le attività libere di tutti i bambini;
- n. 1 stanza per l'assistente;
- n. 1 stanza per il medico con servizio igienico dedicato;
- n. 1 servizio per disabili accessibile dal connettivo;
- n. 2 spogliatoi con relativi servizi per il personale;
- n. 1 locale tecnico con accesso dall'esterno;
- n. 1 locale deposito con accesso dall'interno;
- per ogni sezione: n. 1 aula per le attività ordinate con annesso spogliatoio per i bambini e relativi servizi igienici;

Le aule per le attività ordinate devono garantire a completa visibilità dell'esterno e l'accesso diretto a raso agli antistanti spazi verdi attrezzati utilizzabili per le attività libere all'esterno;

Devono essere previsti n. 10 posti auto destinati al personale della scuola (di cui n. 2 per disabili) e, possibilmente, un'area per la fermata temporanea dei veicoli dei genitori.

Altezza massima in gronda 5 m, distanza dai confini 5 m (eccetto il confine Ovest, per il quale è possibile la costruzione in aderenza), distanza dalla strada 5 metri. Distanza minima tra superfici finestate di ambienti con permanenza di persone 10 m.

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 obbiettivi di sicurezza antincendio;*

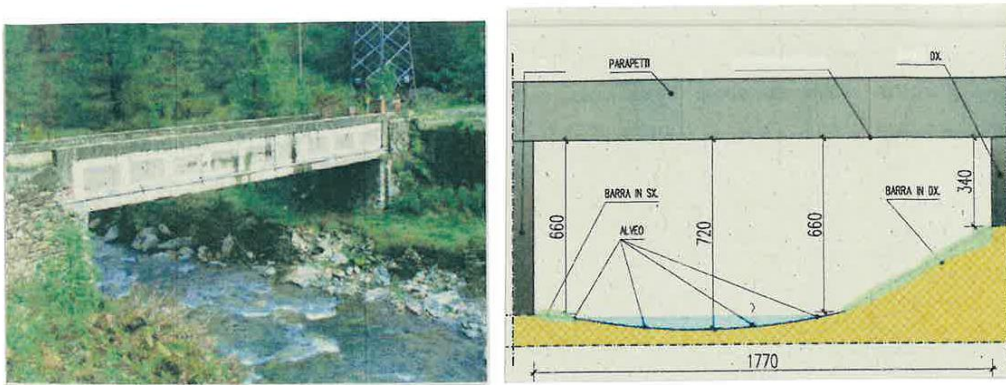
ELABORATI di PROGETTO richiesti:

- **Planimetria generale in scala 1:500:** completa della sistemazione del lotto, comprensiva di edificio, posteggi, 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, e
- **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 degli ambienti che per la produzione di acqua calda sanitaria, in rispetto all'obbligo di utilizzo di fonte energetiche rinnovabili.

POLITECNICO DI TORINO
ESAMI DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALL'ESERCIZIO
DELLA PROFESSIONE DI INGEGNERE CIVILE-AMBIENTALE
II Sessione 2024 - Sezione A
Prova Scritta del 14 novembre 2024

TRACCIA UNO: IDRAULICA

Nell'ambito di un procedimento tecnico per valutare la possibilità di mantenimento di un manufatto di attraversamento si rende necessario effettuare la verifica idraulica dello stesso secondo i disposti della vigente normativa. La geometria della sezione trasversale d'alveo e del ponte oggetto di verifica è riportata nelle figure sottostanti



Considerato che le caratteristiche morfometriche del bacino in esame, alla sezione di chiusura, risultano le seguenti:

- superficie: 45,5 km²
- lunghezza dell'asta: 9,4 km
- tipologia prevalente dell'alveo: presenza di grossi massi, ciottoli di pezzatura media e notevole quantità di ghiaia; tipologia prevalente della superficie del bacino: bosco;
- pendenza media bacino: 1,8 %
- quota sezione chiusura (H_0): 1400 m s.l.m.;
- altitudine media bacino (H_m): 2071 m s.l.m.;
- dislivello massimo asta principale: 671 m;

e che i coefficienti della curva di massima possibilità pluviometrica, $h=a \cdot t^n$ risultano:

Tempo ritorno	a	n
500 anni	244,3 0	0,419

Il Candidato sviluppi i seguenti punti:

1. valuti la portata liquida con T_r pari a 500 anni adottando un valore del coefficiente di deflusso idoneo per la tipologia di superficie del bacino e indicata ed effettui la stima della portata solida ad essa associata sulla base delle metodologie di propria conoscenza e ritenute idonee ad essere applicate al caso in esame;
2. costruisca la scala della portata in moto uniforme nella sezione dove insiste il manufatto oggetto di verifica assumendo un idoneo coefficiente di scabrezza considerando inoltre che nella sezione trasversale interessata il corso d'acqua si presenta piuttosto regolare e che può essere assunta una pendenza costante del fondo pari a 1,3 %;
3. indichi se il manufatto risulta sufficiente a far defluire la portata complessiva calcolata con T_R 500 anni (liquida + solida) con un franco libero che rispetti quanto previsto D.M. 17/01/2018 - Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC) § 5.1.2.3.

TRACCIA DUE: INFRASTRUTTURE

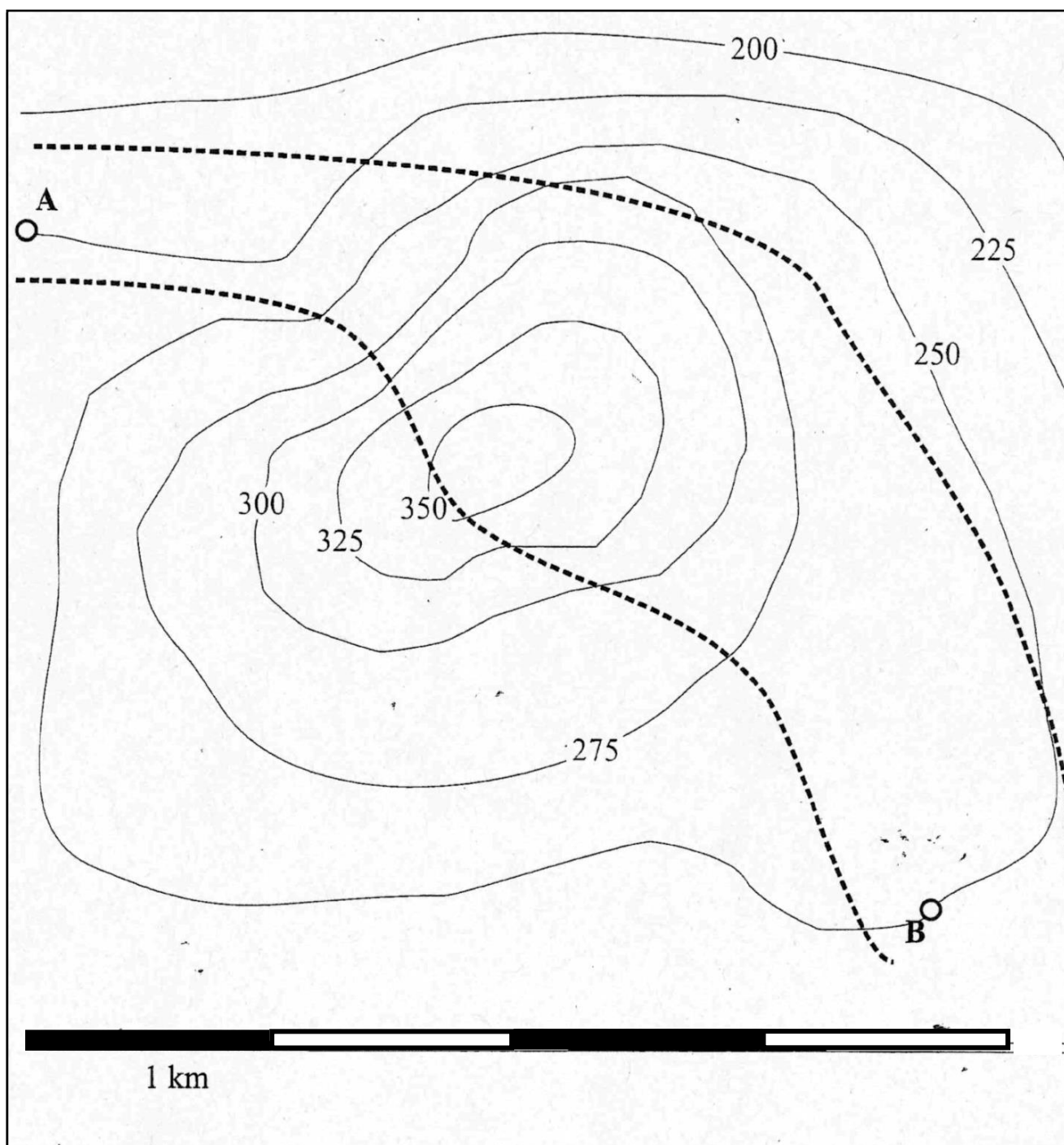
A causa dell'urbanizzazione di una porzione di territorio collinare, si è resa necessaria la progettazione di una nuova tratta stradale di categoria C1 (extraurbana secondaria) che colleghi i due punti A e B presenti nella planimetria (in scala 1: 25.000) riportata in seguito. Il tracciato dell'asse stradale dovrà essere contenuto nei limiti indicati nella planimetria (linee tratteggiate).

Il candidato, nel rispetto della normativa vigente, dovrà individuare la sezione stradale tipo e redigere la planimetria di tracciamento e il profilo altimetrico dell'asse stradale, definendo i vari elementi geometrici propri di un progetto di fattibilità tecnico economico (PFTE):

- a) raggi, angoli di deviazione e sviluppo delle curve planimetriche;
- b) lunghezze dei rettifili;
- c) inserimento e verifica delle curve di transizione;
- d) pendenze trasversali della piattaforma;
- e) livellette;
- f) raggio e sviluppo dei raccordi verticali.

Il candidato dovrà, inoltre, completare l'elaborato grafico attraverso la costruzione (in scala 1:200) di almeno 5 sezioni correnti equidistanziate (compresa la prima e l'ultima sezione del progetto). Le sezioni dovranno comprendere, se necessario, le varie opere di regimentazione idraulica.

Infine, si richiede al candidato un predimensionamento della sovrastruttura stradale flessibile in grado di garantire una vita utile di almeno 15 anni. La pavimentazione sarà soggetta ad un traffico medio giornaliero (TGM) di 5000 veicoli di cui il 5% sono veicoli pesanti (maggiori di 35 quintali). Si consideri nel dimensionamento un grado di portanza medio del sottofondo, lungo la tratta stradale, espresso in termini di CBR pari a 9. In mancanza di altri dati giustificare le scelte effettuate. Coerentemente con la scelta progettuale adottata descrivere le caratteristiche dei materiali impiegati nei singoli strati.

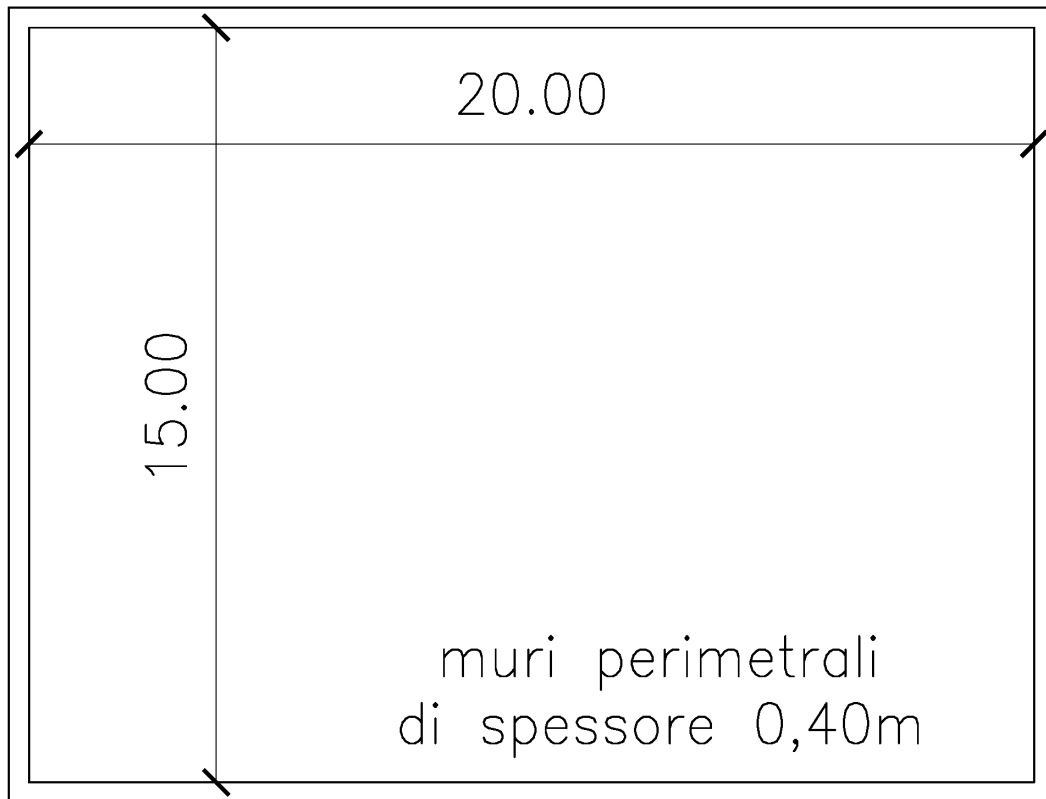


TRACCIA TRE: STRUTTURE

Dato lo schema architettonico indicato in figura (quote in metri), relativo a un capannone industriale, con altezza netta interna di 8,00 m e copertura piana si richiede di:

- progettare le strutture di fondazione ed elevazione, con le relative armature, adottando i materiali e le tipologie strutturali che si ritengono idonei;*
- predisporre la relazione di calcolo delle strutture;*
- predisporre gli elaborati grafici del progetto esecutivo.*

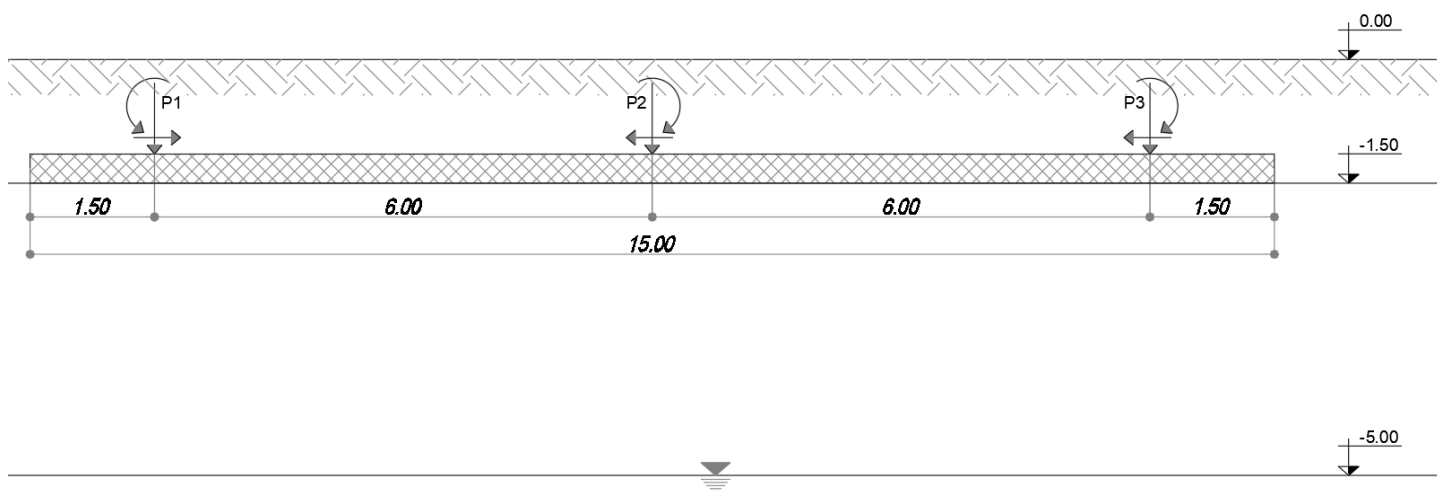
Assumere valori appropriati per i parametri di progetto del terreno di fondazione.



TRACCIA QUATTRO: GEOTECNICA

DATI

Il candidato progetti una trave continua con piano di posa a -1,50 m e la falda a -5,00 m in una zona sismica 3s. I carichi su punti P1, P2, P3 e i parametri sismici sono indicati nelle tabelle.



	P1	P2	P3
M [kgm]	2500	1600	2000
N [tons]	32	40	37
T [tons]	16	16	20

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
a_q	0,129 g
F_o	2,458
T_C^*	0,263 s
S_S	1,500
C_C	1,632
S_T	1,000
q	1,500

Parametri dipendenti

S	1,500
η	0,667
T_B	0,143 s
T_C	0,429 s
T_D	2,117 s

I terreni sottostanti sono stati indagati e sono risultati composti da: strati costituiti da sabbie limose e ghiaie. I parametri del terreno sono desunti da prove di laboratorio e di seguito riportati:

U.G.	g [kN/m ³]	Φ' [°]	C' [kPa]	E [Kg/cm ²]	N_{spt}
0,00-3,00 m sabbie limose	18	28	0	130	8
3,00- 6,00m sabbie e ghiaie	19	31	0	190	18

Dove:

g peso di volume.

Φ' angolo di attrito efficace.

C' coesione efficace.

E modulo elastico

Caratteristiche dei materiali

- **Armatura**

Acciaio B450C

- **Calcestruzzo**

Classe di resistenza: C25/30

Classe di esposizione: XC2

Classe di consistenza: S4

Rapporto a/c < 0.5

Il candidato determini

A) Lavorazioni eventuali sul piano di posa ante operam.

B) Dimensione e geometria della trave.

C) L'armatura.

D) L'influenza della falda.

POLITECNICO DI TORINO
ESAMI DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALL'ESERCIZIO
DELLA PROFESSIONE DI INGEGNERE CIVILE-AMBIENTALE
II Sessione 2024 - Sezione A
Prova Scritta del 14 novembre 2024

TRACCIA CINQUE: GEOINGEGNERIA

SCAVO IN ROCCIA CON ESPLOSIVO, CON ESIGENZE DI LIMITAZIONE DELLE
VIBRAZIONI

Per l'apertura di un'autostrada è necessario ricorrere all'abbattimento con esplosivi. Parte del tracciato è in galleria. I dati salienti del piano di tiro sono riportati in Tabella 1; in Figura 1 è dato lo schema della volata, nelle due viste.

Tabella 1. Dati salienti del piano di tiro originario.

Roccia	Granito compatto
Sezione di scavo	120 m ²
Sfondo teorico	5 m
Sfondo effettivo	4.6 m
Rendimento	0.92
Esplosivo	Gelatina Dinamite
Carica totale	630 kg
Powder Factor	1.14 kg/m ³
Tempi di ritardo	I, III, V + 1-9, Det. Elettrici HU
Diametro dei fori	33 mm
Numero di mine	85
Densità di perforazione	1.2 fori/m ²
Numero di mine del cut	24

Nella porzione di scavo che costeggia un centro abitato (v. planimetria schematica in Figura 2) è necessario modificare il piano di tiro originario, e stabilire limitazioni alla carica per

ritardo (CPD) idonee a ridurre al di sotto del limite di 5 mm/s l'intensità di picco (PPV) delle vibrazioni alle fondazioni degli edifici.

Per individuare un'adatta legge di sito sono stati eseguiti rilevamenti su tiri di prova, i cui risultati sono sintetizzati in tabella 2.

Tabella 2. Risultati dei rilevamenti su tiri di prova

Carica (kg)	Distanza R (m)	PPV rilevate (mm/s)	Frequenze rilevate (Hz)
5	25	15.4	60
5	50	9.0	52
15	50	13.0	46
15	100	5.0	27
10	100	4.0	25
10	80	5.5	42
10	50	10.0	59
10	150	2.5	38
10	200	2.0	21

Quesiti:

1. Ricavare, dai dati dei tiri di prova, un'idonea legge di sito, del tipo:

$$PPV = K \left(\frac{R}{\sqrt{CPD}} \right)^{-n}$$

(è allegato un foglio di carta logaritmica – Figura 3 - per agevolare tale operazione);

2. Calcolare i limiti di CPD da rispettare nelle tre sezioni A, B, C del lavoro di cui alla planimetria (per ciascuna sezione sarà da rispettare il valore più cautelativo);

3. Riportare i dati PPV - Frequenza sul diagramma della norma DIN 4150 (v. allegati nelle Figure 4, 5) e verificare se i limiti per edifici residenziali sono rispettati;

4. Predisporre, sulla base della legge di sito ricavata, un nuovo piano di tiro idoneo a soddisfare le esigenze di rispetto dei limiti di vibrazione imposti dalla norma.

Sono allegate le schede tecniche:

- di due esplosivi commerciali di impiego comune (Gelatina dinamite ed emulsioni)
- dei sistemi di innesco Nonel.

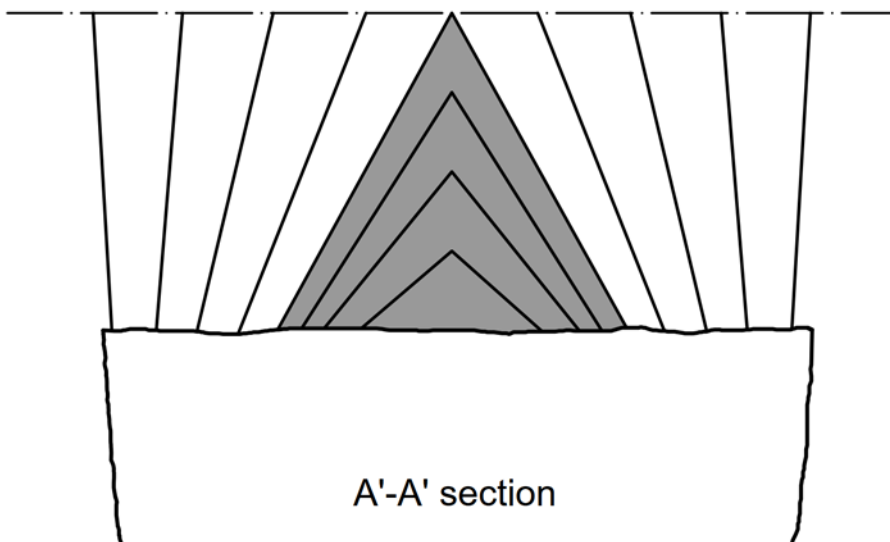
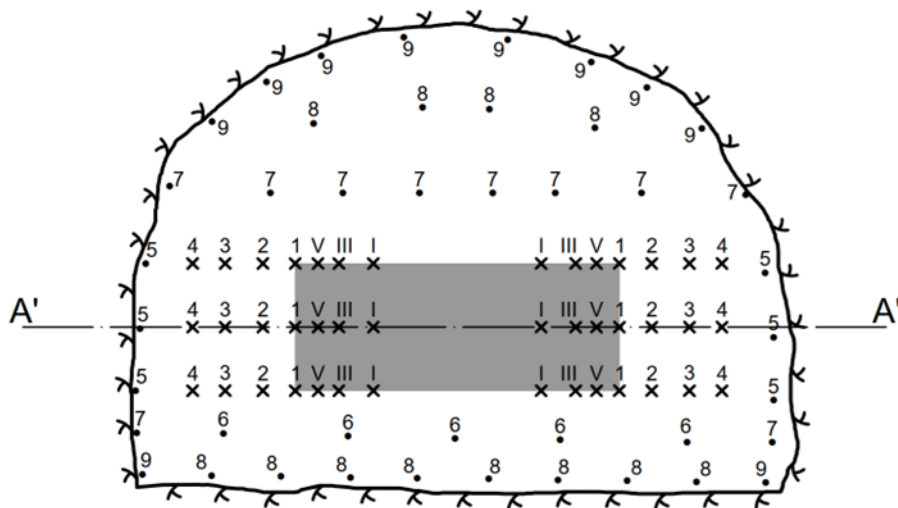


Figura 1. Schema originario della volata con apertura a fori convergenti.

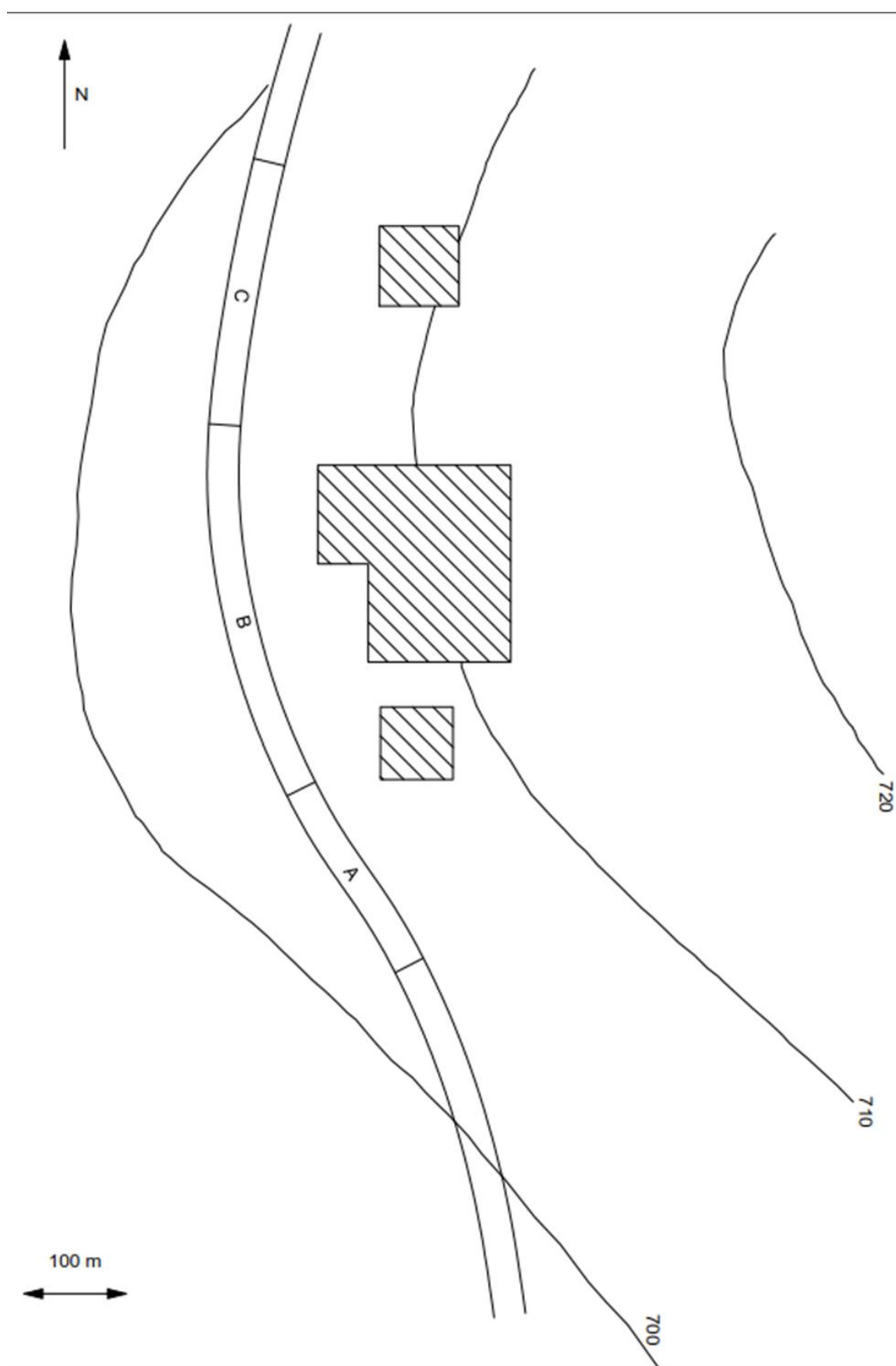


Figura 2. Planimetria schematica del tracciato

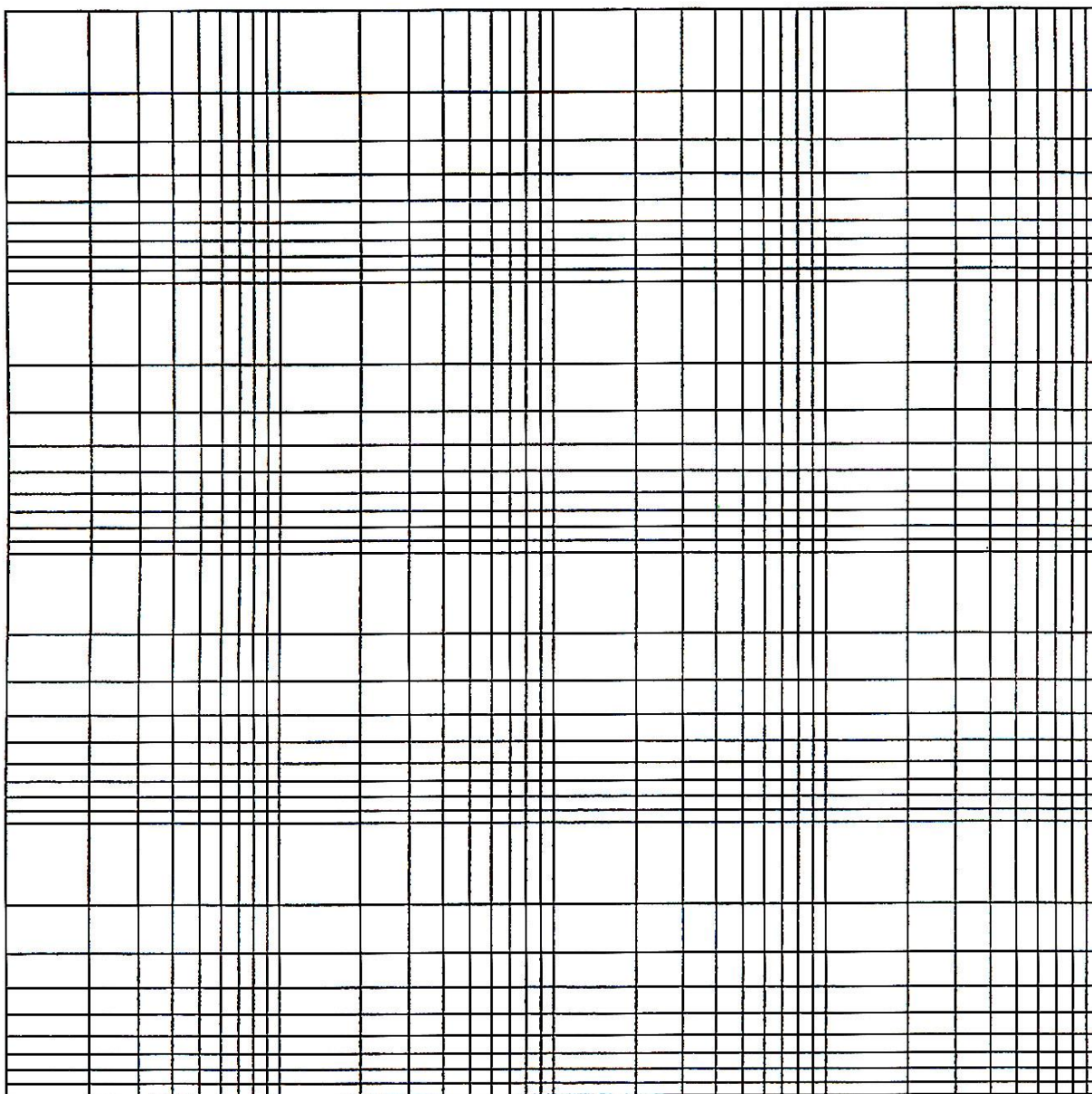


Figura 3. Carta logaritmica.

Classe	Tipo di edificio	Valori di riferimento per velocità di oscillazione (PPV)			
		Frequenze alle fondazioni			Ultimo solaio orizzontale
		da 1 a 10 Hz	da 10 a 50 Hz	da 50 a 100 Hz *	tutte le frequenze
A	Costruzioni per attività commerciali, costruzioni industriali e costruzioni con strutture similari per struttura e utilizzo	20	da 20 a 40	da 40 a 50	40
B	Edifici abitativi o edifici simili per costruzione e/o utilizzo	5	da 5 a 15	da 15 a 20	15
C	Edifici che per la loro particolare sensibilità alle vibrazioni non rientrano nelle precedenti classificazioni e che sono da tutelare in modo particolare (per esempio monumenti storici)	3	da 3 a 8	da 8 a 10	8

* per frequenze superiori a 100 Hz possono essere adottati come minimo i valori per 100 Hz

Figura 4. Valori di riferimento delle velocità secondo la norma DIN 4150-3.

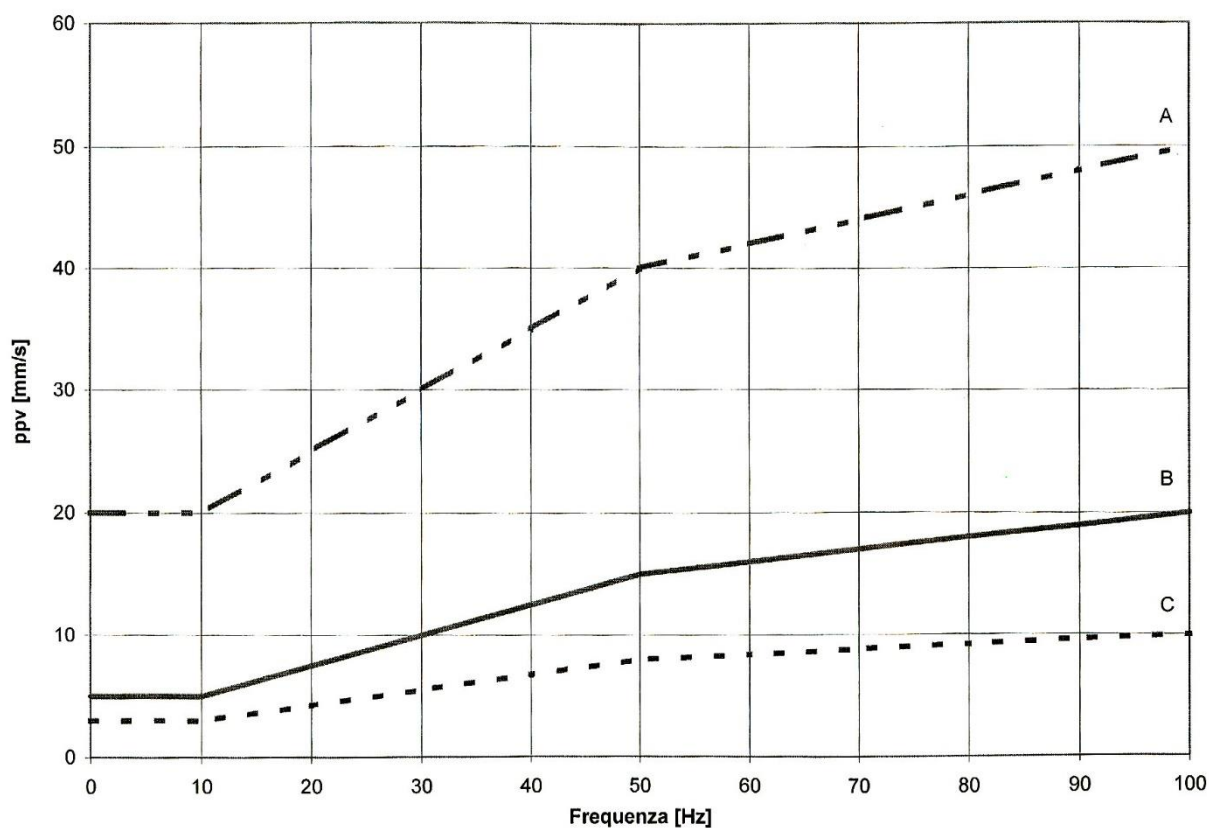


Figura 5. Diagramma PPV – Frequenza per le diverse classi di sensibilità cui fa riferimento la norma DIN 4150-3.

CONFEZIONI

Dimensioni cartucce (Ø x L mm)	GELATINA 1 Peso / cartuccia kg	GELATINA 2b Peso / cartuccia kg	SISMIC 2 Peso / cartuccia kg
25x200	0,140	0,135	ND
25x400	0,285	0,280	ND
40x400	0,730	0,715	ND
50x500	1,425	1,395	ND
50x450	ND	ND	1,0
50x225	ND	ND	0,5
60x500	2,050	2,010	ND
63x630	ND	ND	2,5
70x500	2,790	2,730	ND
80x500	3,645	3,570	ND
90x500	4,610	4,515	ND

ND= non disponibile nell'esecuzione standard

La GELATINA è confezionata in cartucce di carta paraffinata (per i diametri 25 e 40 mm) e da film di polietilene (per diametri superiori a 40 mm). Le cartucce sono contenute in casse di cartone omologate per un peso netto di esplosivo pari a 25 kg.
Il SISMIC è confezionato in tubi di plastica rigidi avvitabili.-

OMOLOGAZIONE

	MINISTERO INTERNO		MINISTERO ATTIVITA' PRODUTTIVE		CERTIFICAZIONE CE
	G.U. n.	Data	Codice M.I.C.A.	Data	Organismo/ n.certificato
Gelatina 1	147	09.06.73	1Ab 008500	14.02.76	INERIS /0080.EXP.03.0015
Gelatina 2	147	09.06.73	1Ab 008700	14.02.76	INERIS/ 0080.EXP.03.0017
Sismic 2	147	09.06.73	1Aa 210700	14.02.76	INERIS / 0080.EXP.03.0019

CLASSIFICAZIONE secondo le raccomandazioni delle Nazioni Unite (Orange Book)

ESPLOSIVO DA MINA TIPO A 1.1 D N. ONU 0081 ADR/RID

CONFEZIONI

I **PREMEX 3300 – 2200** sono confezionati in cartucce aventi lunghezza di 400 mm circa e diametro variabile da 25 a 40 mm.

L'involucro delle cartucce è costituito da un film di polietilene alta densità. Le cartucce sono contenute in casse di cartone omologate per il trasporto di esplosivo con peso netto di 25 kg.

Le cariche **PREMEX 300 profil** sono confezionate in tubi di plastica rigida di lunghezza 460 mm, innestabili una sull'altra e dotate di aletta di centraggio nel foro.

diametro [mm]	Premex 3300 - Premex 2200			Premex 300 profil		
	Cart./cassa [n]	peso unitario [kg]	lunghezza [cm]	cart./cassa [n]	peso unitario [kg]	lunghezza [cm]
19	-	-	-	180 ± 10	0,140	46
25	106 ± 5	0,236	40	100	0,250	46
30	74 ± 4	0,338	40	-	-	-
32	65 ± 3	0,384	40	-	-	-
35	54 ± 3	0,463	40	-	-	-
40	42 ± 2	0,595	40	-	-	-

OMOLOGAZIONE

	MINISTERO INTERNO		MINISTERO INDUSTRIA		MINISTERO LAVORO
	G.U. n.	Data	cod. MICA	Data	Data comunicazione
Premex 3300	30	05.02.02	1Ab 0257	22.03.02	07.03.02
Premex 2200	105	08.05.00	1B 0017	16.03.01	22.11.00
Premex 300 pr.	124	29.05.96	1B 0016	09.06.00	21.09.00

CLASSIFICAZIONE secondo le raccomandazioni delle Nazioni Unite (Orange Book)

ESPLOSIVO DA MINA TIPO E

1.1 D

N. ONU 0241

Ord. 4° secondo ADR

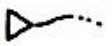
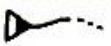
NONEL GT/MS

No di tempo	Ritardo ms	Intervallo ms	Lunghezza standard di tubo, m
3-20	75-500	25	4.8, 7.8, 15.0

NONEL GT/T

No di tempo	Ritardo ms	Intervallo ms	Lunghezza standard di tubo, m
0	25	-	} 6.0, 7.8
1-12	100-1200	100	
14, 16, 18, 20	1400-2000	200	
25, 30, 35, 40, 45, 50, 55, 60	} 2500-6000	500	

NONEL UNIDET

Unità	Detonatore		Unità di connessione			
Codice	U 475	U 500	UB 0	UB 17	UB 25	UB 42
Ritardo, ms	475	500	0	17	25	42
Colore	Giallo/Rosso	Giallo/Verde	Giallo	Blu	Rosso	Verde
Simbolo grafico	—	—				

Sono inoltre disponibili ulteriori tempi di ritardo per le Unità di connessione, ricorrendo alla serie **NONEL LP**.

I ritardi sono identificabili in base al colore del bussolotto:

Bianco	67 ms
Nero	109 ms
Arancione	176 ms
Marrone	285 ms

TRACCIA SEI

Rimozione di una copertura in amianto di un edificio condominiale e impermeabilizzazione.

Si deve intervenire in un immobile in zona piana semiperiferica della città di Torino, posto all'angolo tra due vie, di forma rettangolare e misure m 70 x 30. Confina con le vie pubbliche sul lato ovest, di lunghezza m 70, e sul lato nord, di lunghezza m 30; per gli altri due lati confina con immobili d'altra proprietà comprendenti edifici di civile abitazione.

L'immobile è un terreno con entro stanti un edificio di civile abitazione e un basso fabbricato ad uso autorimesse singole, separati da un cortile. L'ingresso carraio al cortile avviene dalla strada laterale e misura 3 metri di larghezza. Il cortile è su terrapieno ed è pavimentato in calcestruzzo bitumato.

L'edificio di abitazione fu realizzato nel 1960 a filo strada libero su tre lati; la pianta è rettangolare di misure m 70 x 10; l'altezza è quella tipica del periodo costruttivo. L'edificio si compone di piano cantine, quattro piani fuori terra e sottotetto non abitabile. Dispone di 6 balconi per piano su ciascuno dei due prospetti principali fatto salvo, ovviamente, il piano rialzato lato strada; i balconi aggettano circa un metro dal filo facciata e sono larghi circa m 4.

Il prospetto dell'edificio per abitazioni verso strada è orientato ad ovest, il prospetto laterale libero è orientato a nord.

La struttura è a telaio in c.a. e la tamponatura è a cassa vuota finita con intonaco senza apparato decorativo.

Il tetto è a due falde con struttura di legno realizzata con trave centrale longitudinale e falsi puntoni; la copertura è in cemento amianto.

Lo stato di conservazione esterno presenta pittura deteriorata, distacchi d'intonaco in facciata, alcuni frontalini balconi deteriorati, infiltrazioni dai pavimenti dei balconi.

Il basso fabbricato, costruito nel 1985, è posto sul confine di proprietà opposto all'edificio d'abitazione, misura m 70 x 6 e altezza m 3,20; ha struttura in c.a. intelaiata; la copertura è piana, finita con vecchia membrana bitumata. Si notano segni diffusi d'infiltrazioni all'intradosso della copertura.

Si richiede al candidato d'espone al committente, anche con la produzione di tavole grafiche, gli interventi necessari al restauro dell'immobile, comprendente la successiva posa d'un impianto fotovoltaico. Si ipotizza d'aver già ottenuto l'incarico professionale.

Per la fase di progetto di massima si chiede:

- Planimetria schematica dell'immobile.
- Sezione trasversale schematica dell'edificio d'abitazione.
- Elenco degli interventi edilizi ritenuti indispensabili e di quelli da opportuni ma da valutare in quanto a convenienza.
- Elenco delle verifiche in sito da realizzare prima di redigere il progetto esecutivo.

Per la fase del progetto esecutivo si chiede di predisporre:

- Elenco delle prestazioni professionali necessarie dall'incarico alla conclusioni dell'opera.
- Descrizione dei lavori da realizzare per l'edificio d'abitazione.
- Dettaglio delle opere da realizzare sulla copertura del basso fabbricato.
- Elenco delle predisposizioni necessarie per il lavoro.
- Descrizione delle caratteristiche di pericolosità del materiale amianto, indicando la normativa di riferimento.
- Elenco della documentazione della sicurezza necessaria ai sensi titolo IV del D.Lgs. 81/08 , con individuazione delle figure e le relative responsabilità
- Contenuti minimi del Piano di sicurezza e coordinamento redatto, ai sensi dell'allegato XV e art.100 del DLgs.81/08
 - Descrizione della gru a torre con calcolo e verifica del basamento;
 - Descrizione della nuova copertura posata con l'elenco dei materiali utilizzati;
 - Rappresentazione con tavole di progetto del posizionamento della gru e del ponteggio montato;
- Rappresentazione del posizionamento dei pannelli fotovoltaici e stima della potenza di picco.

TRACCIA SETTE: IDRAULICA

Si vuole realizzare un modello monodimensionale del fiume Sesia tra la sezione di Palestro (quota 121 m s.l.m.; area del bacino sotteso 2587 km²), dove è presente una stazione idrometrica, e quella di Borgosesia (quota 371 m s.l.m.; area del bacino sotteso 683 km²). Il tratto in esame è lungo circa 65 km e lungo tale tratto il Sesia riceve il contributo del fiume Cervo (area del bacino sotteso dal Cervo alla confluenza nel Sesia:

1018 km², presenza di una stazione idrometrica); non si considerano altre confluenze. Il modello è finalizzato a valutare l'andamento dei livelli lungo il Sesia in condizioni di moto permanente quando a Borgosesia è presente la piena di tempo di ritorno 200 anni e anche il Cervo alla confluenza presenta la portata di tempo di ritorno 200 anni.

Tutte le stazioni idrometriche riportano la posizione dello zero idrometrico in metri s.l.m.

Sono a disposizione una trentina di sezioni del fiume Sesia, i livelli idrometrici e pluviometrici storici nelle tre sezioni. Inoltre il sito dell'Arpa per le tre stazioni citate riporta le serie giornaliere di livelli e portate.

Il candidato dopo aver calcolato la portata di tempo di ritorno 200 anni con il metodo VAPI, calcoli in maniera indicativa (es. ipotizzi condizioni di moto uniforme) il tirante idrico in una sezione a valle di Borgosesia, ma a monte della confluenza tra Cervo e Sesia, motivando il valore di scabrezza assunto e considerando la sezione rettangolare di base 22 m.

Per gli evidenti limiti del calcolo precedente, il candidato illustri come imposterebbe un modello numerico spiegando:

- come definirebbe le condizioni al contorno del modello, se necessarie;
- come definirebbe le condizioni iniziali del modello, se necessarie;
- se siano necessarie delle scale di deflusso e se in moto uniforme o permanente;
- come svolgerebbe la taratura/calibrazione del modello idraulico;
- se siano necessari dei sopralluoghi e a quale scopo;
- aggiunga ogni altra spiegazione che ritiene utile per la completezza dell'elaborato.

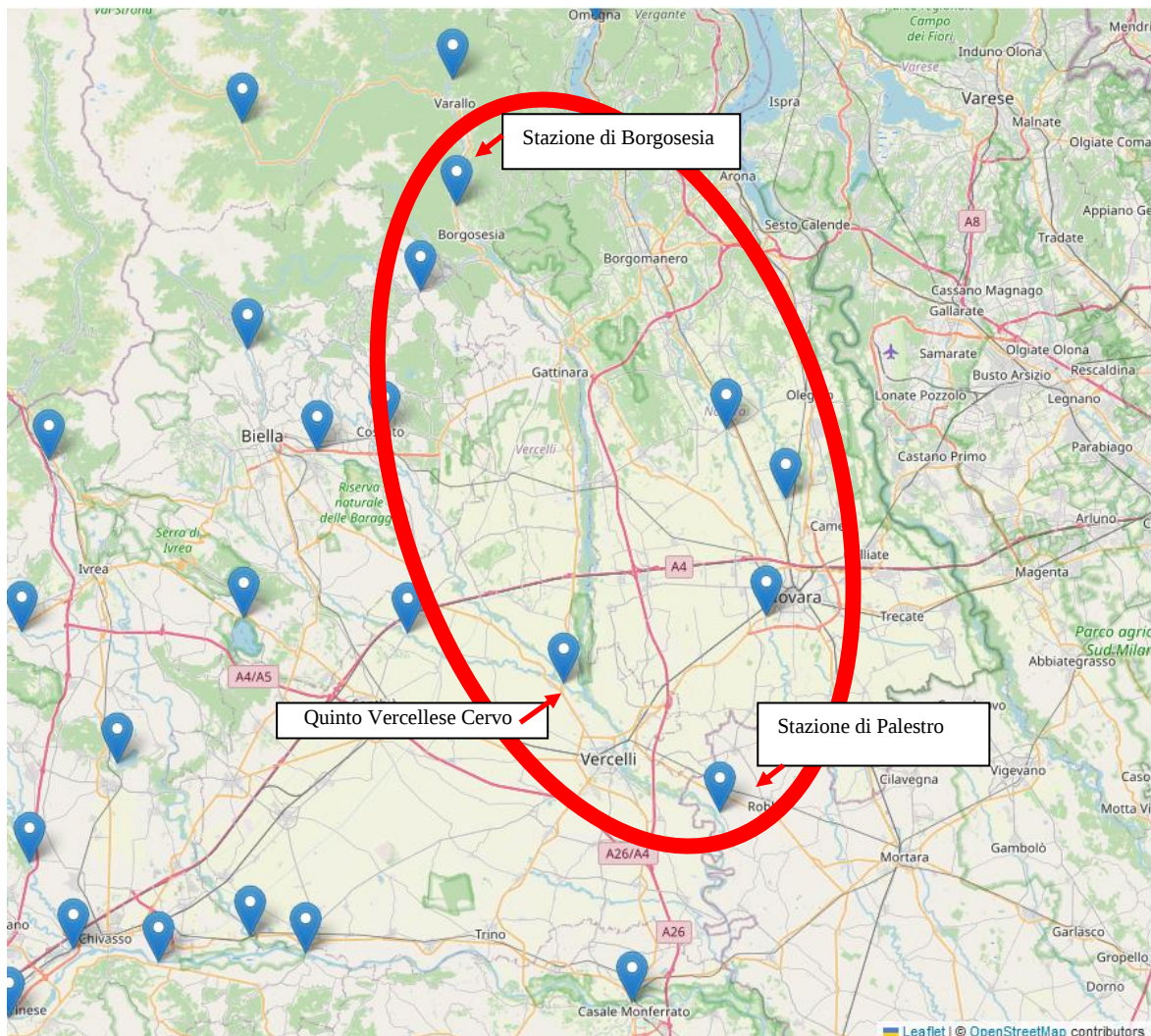


Figura 1. Inquadramento geografico del tratto di fiume Sesia in esame

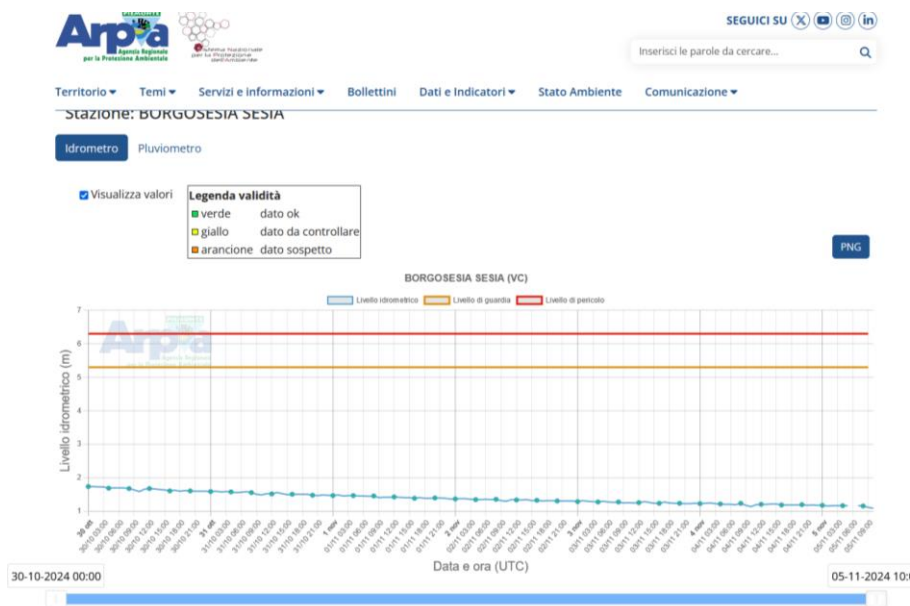
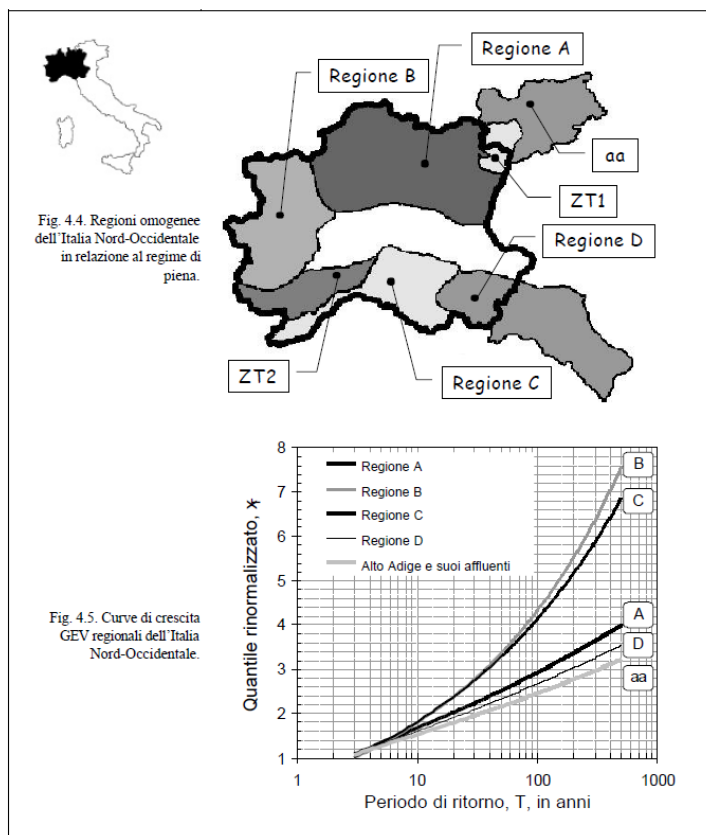


Figura 2. Esempio di dati idrometrici

data	liv gg. min(m)	liv gg. med(m)	liv gg. max(m)	port gg. min(m³/s)	port gg. med(m³/s)	port gg. max(m³/s)
2024-11-04	1.82	1.84	1.91	64.7	71.6	78.2
2024-11-03	1.81	1.85	1.89	73.7	78.4	82.3
2024-11-02	1.8	1.83	1.86	81.8	88.6	96.4
2024-11-01	1.79	1.83	1.87	96.6	103	106
2024-10-31	1.84	1.89	1.95	106	106	106
2024-10-30	1.92	1.99	2.04	106	108	111
2024-10-29	1.99	2.21	2.44	90.8	152	214
2024-10-28	2.43	2.63	2.88	207	366	611

Figura 3. Esempio di valori di livelli e di portata per la sezione di Palestro

Di seguito si riportano alcune tabelle e grafici dall'estratto VAPI, per il testo completo consultare il materiale a disposizione



4.3. Leggi di variazione dei coefficienti di crescita con il periodo di ritorno

4.3.1. Pluviometria

4.3.1.1. Piogge di breve durata e forte intensità

Non si è ritenuto identificare sottozone pluviometriche omogenee in relazione alla distribuzione di probabilità cumulata (DPC) delle piogge da 1 a 24 ore consecutive e, in alternativa, si è provveduto alla valutazione della DPC per ogni stazione in base all'ipotesi di invarianza di scala [Burlando & Rosso, 1996] utilizzando la distribuzione generalizzata del valore estremo (GEV). Stimati i parametri di forma, k , di scala, α , e di posizione, ε , della DPC/GEV per la stazione in esame (vedi Tab. 4A.1 in Appendice) resta univocamente determinata la relazione fra periodo di ritorno T e valore del coefficiente di crescita K_T :

$$T = \frac{1}{1 - F_K(K)} = \frac{1}{1 - \exp \left\{ - \left[1 - \frac{k}{\alpha} (K - \varepsilon) \right]^{1/k} \right\}} \quad (4.1)$$

valida per piogge massime annuali di durata da 1 a 24 ore consecutive.

Più utile dal punto di vista pratico è la forma inversa della (4.1), per cui, fissato un valore T del periodo di ritorno in anni, si ricava il corrispondente valore del coefficiente di crescita K_T :

$$K_T = \varepsilon + \frac{\alpha}{k} \left(1 - e^{-ky_T} \right) \quad (4.2)$$

dove y_T indica la variabile ridotta di Gumbel, pari a $y_T = -\ln \left(\ln \frac{T}{T-1} \right)$ e i valori dei parametri k , α e ε sono riportati in Tab. 4A.1 per i siti dove sono localizzate le stazioni pluviometriche. Per gli altri siti, si riportano nelle Figg. 4.1-3 le mappe dei parametri k , α e ε per l'intero territorio, che sono state ricavate per interpolazione con metodi di kriging secondo la procedura illustrata da Rosso et al. [1997].

L'altezza di pioggia cumulata con periodo di ritorno T -ennale va quindi valutata come

$$h_T(d) = m(d) K_T \quad (4.3)$$

dove $m(d)$ è il valore atteso dell'altezza di pioggia massima annuale caduta in d ore consecutive (v. paragrafo 4.4.1.1).

Si riportano di seguito, nella Tab. 4.3, i valori di K_T ottenuti numericamente dalla (4.2) per alcuni valori del periodo di ritorno.

Tab. 4.3: Valori del coefficiente di crescita K_T del massimo annuale delle portate al colmo di piena per alcuni valori salienti del periodo di ritorno T .

Zona		Periodo di Ritorno, anni										
		2	5	10	20	25	40	50	100	200	500	1000
A	Alpi e Prealpi Centrali	0.88	1.34	1.68	2.03	2.14	2.40	2.52	2.93	3.37	4.00	4.52
B	Alpi e Prealpi Occidentali	0.77	1.31	1.80	2.38	2.60	3.10	3.37	4.33	5.52	7.57	9.57
C	Appennino NW e B. Tirrenici	0.79	1.34	1.82	2.38	2.58	3.04	3.29	4.14	5.17	6.87	8.47
D	Appennino NE	0.90	1.31	1.61	1.91	2.01	2.23	2.33	2.67	3.03	3.55	3.96
aa	Alto Adige e suoi affluenti	0.91	1.27	1.53	1.80	1.88	2.07	2.16	2.46	2.77	3.22	3.58

Si può anche fare riferimento all'espressione inversa (4.2) che, dati i valori assunti dai parametri della distribuzione GEV nelle ZO esaminate, diventa:

- Alpi e Prealpi Centrali: $K_T = 0.745 - (0.365/0.110) \times [1 - \exp(0.110 \times y_T)]$ (4.4a)
- Alpi e Prealpi Occidentali: $K_T = 0.635 - (0.352/0.320) \times [1 - \exp(0.320 \times y_T)]$ (4.4b)
- Appennino NW - Bacini Tirrenici: $K_T = 0.643 - (0.377/0.276) \times [1 - \exp(0.276 \times y_T)]$ (4.4c)
- Appennino NE: $K_T = 0.775 - (0.334/0.089) \times [1 - \exp(0.089 \times y_T)]$ (4.4d)
- Alto Adige e suoi affluenti: $K_T = 0.804 - (0.292/0.088) \times [1 - \exp(0.088 \times y_T)]$ (4.4e)

dove il valore di y_T è calcolato in base al prefissato valore di T in anni.

Per valutare le piene nei corsi d'acqua della zona disomogenea ZT2 si prevede la parametrizzazione della curva di crescita GEV sito per sito, pesando i parametri della legge GEV in base alle distanze minime del sito stesso dai confini delle limitrofe zone B e C. Le stesse considerazioni si applicano alla zona disomogenea ZT1, che rappresenta la transizione tra Zona A e Alto Adige (aa).

Tab. 4.5: Parametri della formula empirica per la stima della portata indice (in m³/s) nella forma

$$q_{indice} = c_0 \times X_1^{c_1} \times X_2^{c_2} \times X_3^{c_3} \times X_4^{c_4} \times X_5^{c_5} \times X_6^{c_6}.$$

Regione	Esponente della Variabile Esplicativa						R^2_{LOG}	R^2	Bias	
	c_0	c_1	c_2	c_3	c_4	c_5	c_6	[-]	[-]	[%]
		X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6			
		Area del bacino sotteso, A	Coefficiente pluviale orario, $a_1=E[H_1]^{\dagger}$	Esponente di invarianza di scala pluviale, n	Quota media del bacino sotteso	Parametro di ritenzione, $S_{III}/100$	Fattore di forma del bacino, A/L_{ap}^2			
		[Km ²]	[mm/ore ⁿ]	[-]	[Km]	[mm]	[-]			
A	2.1	0.799						0.61	0.29	30
A	1.8×10^{-3}	1.090	1.700					0.71	0.59	23
A	9.3×10^{-4}	1.124	2.630	3.162				0.91	0.81	7.4
A	1.9×10^{-4}	1.145	2.596	2.246		-0.849		0.93	0.93	5.5
B	0.5	0.901						0.76	0.29	10
B	7.3×10^{-3}	0.920	1.523					0.89	0.75	7.6
B	1.6×10^{-2}	0.800	1.408		1.170			0.91	0.82	6.2
B	7.8×10^{-3}	0.839	1.736		1.042		0.349	0.93	0.86	4.9
C	5.2	0.750						0.75	0.63	12
C	2.62	0.807			-0.626			0.87	0.65	5.6
C	2.51	0.874			-0.717		0.265	0.88	0.71	5.2
C	0.21	0.897	0.678		-0.686		0.285	0.89	0.78	4.6
D	2.49	0.772						0.89	0.77	10
D	2.80×10^{-5}	1.235	3.513				-0.720		0.92	

[†] $E[H_1]$: valore atteso dell'altezza di pioggia massima annuale per una durata unitaria.

Deve essere progettato un impianto di depurazione di acque reflue; l'impianto tratterà acque reflue urbane ed industriali provenienti da due reti fognarie distinte.

I due sistemi fognari sono denominati rispettivamente: sistema fognario urbano e sistema fognario industriale. Inoltre, la rete fognaria dell'agglomerato civile è di tipo misto, mentre la rete fognaria a servizio della zona industriale è di tipo separata.

Il carico di COD totale (tCOD) che tratterà l'impianto sarà apportato per il 60 % di acque reflue urbane e per il 40 % da acque reflue industriali. Le caratteristiche delle acque da trattare sono riportate ai punti 1 e 2.

1. Caratteristiche qualitative e quantitative dell'acqua reflua urbana

Il sistema fognario civile apporterà all'impianto di depurazione un carico pari a 350.000 AE. Le caratteristiche dell'acqua reflua urbana sono dettagliate in tabella 1. Infine, ai fini del dimensionamento dell'impianto si può assumere che:

$$bCOD=1.6 \times BOD_5$$

$$N\text{-tot}/P\text{-tot}=5$$

Tabella 1 Caratteristiche acque reflue urbane

<i>Domanda Biochimica di Ossigeno (5 giorni)</i>	<i>BOD₅</i>	<i>200</i>	<i>mg/l</i>
<i>Domanda chimica di ossigeno (totale)</i>	<i>tCOD</i>	<i>420</i>	<i>mg/l</i>
<i>Domanda chimica di ossigeno (solubile)</i>	<i>sCOD</i>	<i>170</i>	<i>mg/l</i>
<i>Domanda chimica di ossigeno (rapidamente biodegradabile)</i>	<i>rbCOD</i>	<i>80</i>	<i>mg/l</i>
<i>Solidi sospesi totali</i>	<i>TSS</i>	<i>220</i>	<i>mg/l</i>
<i>Solidi sospesi volatili</i>	<i>VSS</i>	<i>200</i>	<i>mg/l</i>
<i>Azoto Kjeldahl totale</i>	<i>TKN</i>	<i>40</i>	<i>mg/l</i>
<i>Azoto ammoniacale</i>	<i>N-NH₄⁺</i>	<i>40</i>	<i>mg/l</i>

2. Caratteristiche qualitative e quantitative dell'acqua reflua industriale

Dopo una lunga campagna di indagini è stato possibile conoscere la quantità e qualità delle acque industriali. In tabella 2 sono ripostate le caratteristiche dell'acqua reflua industriale.

Tabella 2 Caratteristiche acque reflue industriali

<i>Domanda chimica di ossigeno (totale)</i>	<i>tCOD</i>	<i>6500</i>	<i>mg/l</i>
<i>Domanda chimica di ossigeno (solubile)</i>	<i>sCOD</i>	<i>6200</i>	<i>mg/l</i>
<i>Domanda chimica di ossigeno (biodegradabile)</i>	<i>bCOD</i>	<i>6200</i>	<i>mg/l</i>
<i>Domanda chimica di ossigeno (rapidamente biodegradabile)</i>	<i>rbCOD</i>	<i>6200</i>	<i>mg/l</i>
<i>Domanda chimica di ossigeno (non biodegradabile)</i>	<i>nbCOD</i>	<i>300</i>	<i>mg/l</i>
<i>Sostanza secca nn volatile</i>	<i>NVSS</i>	<i>200</i>	<i>mg/l</i>

Inoltre, per il dimensionamento si può assumere che:

$$tCOD: BOD_5: N : P = 180:100:5:1$$

Da una serie di prove sperimentali realizzate durante le fasi propedeutiche alla realizzazione del nuovo impianto si è osservato che tutto il COD particolato così come la sostanza secca non volatile delle acque reflue industriali sedimenta dopo appena 40 minuti. Infine, le acque reflue industriali non necessitano di trattamenti preliminari.

L'impianto di depurazione da dimensionare deve rispettare i limiti previsti dalla normativa vigente per lo scarico in corpo idrico superficiale ricadente in aree sensibili.

Si esegua:

- il dimensionamento dei trattamenti preliminari, primari, secondari e terziari;
- la valutazione dei costi energetici della/e linea/e acque;

- la stima dei volumi di fanghi prodotti;
- il dimensionamento delle principali unità di trattamento della linea fanghi.

Si utilizzi il diagramma riportato in Figura 1 per stimare l'efficienza del sedimentatore primario nell'abbattimento dei solidi sospesi e del BOD₅ in forma particolata delle acque reflue urbane.

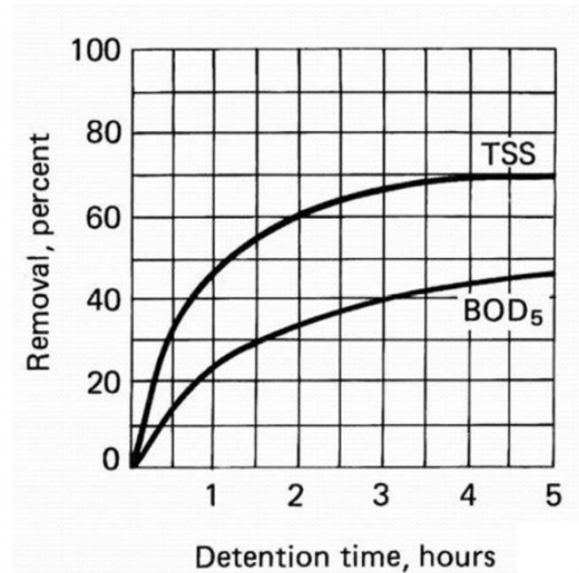


Figura 1 Efficacia del sedimentatore primario nell'abbattimento dei solidi sospesi e del BOD₅ in forma particolata in funzione dell'HRT

Ogni assunzione effettuata dal candidato nello svolgimento del tema deve essere riportata esplicitamente e giustificata.