

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



CUP: J84C19000370009

U.O. PROGETTAZIONE INTEGRATA NORD

PROGETTO DEFINITIVO

LINEA A.V./A.C. MILANO-VERONA
NODO DI BRESCIA
POTENZIAMENTO INFRASTRUTTURALE DELLO SCALO DI BRESCIA

OPERE D'ARTE
Fabbricato tecnologico FA01

Relazione tecnico-descrittiva

-

COMMESSA LOTTO FASE ENTE TIPO DOC. OPERA/DISCIPLINA PROGR. REV.

I N 1 M 1 1 D 2 6 R G F A 0 1 0 0 0 0 1 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione esecutiva		Gennaio 2022	N. Carella <i>N. Carella</i>	Gennaio 2022	L. Barchi <i>LB</i>	Gennaio 2022	A. Perego Gennaio 2021



File: IN1M11D26RGFA0100001A.doc

n. Elab.: 1

INDICE

1	PREMESSA	3
2	SCOPO DEL DOCUMENTO	3
3	DESCRIZIONE DEI FABBRICATI TECNOLOGICI E PIAZZALI.....	5
3.1	FABBRICATO TECNOLOGICO FA01	5
3.2	PIAZZALE	12
3.2.1	<i>PIAZZALE FABBRICATO TECNOLOGICO</i>	12
3.3	DESCRIZIONE DELLE VIABILITÀ DI ACCESSO DEI PIAZZALI	13
3.4	DESCRIZIONE DELLE OPERE: BASAMENTO GRUPPO ELETTROGENO.....	14
4	INQUADRAMENTO GEOTECNICO	15
6.1.	UNITÀ GEOTECNICHE	15
5	CRITERI PER LA CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA.....	16
6	DEFINIZIONE AZIONE SISMICA	17
6.1.1	<i>SUSCETTIBILITÀ DEI TERRENI ALLA LIQUEFAZIONE</i>	18
7	MATERIALI	23
8	NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....	27
8.1	NORMATIVA STRADALE DI RIFERIMENTO.....	27
8.2	NORMATIVA STRUTTURALE DI RIFERIMENTO	27
8.3	NORMATIVA GEOTECNICA.....	28
8.4	NORMATIVA IDRAULICA	29

1 PREMESSA

L'attivazione della tratta AV/AC Milano – Brescia del 2016 ha consentito di liberare la capacità sulla linea storica Milano-Venezia anche per traffici merci da/per Milano. L'incremento di traffico futuro sull'asse ferroviario Torino-Venezia, richiede, tra gli altri, l'intervento di potenziamento dello Scalo di Brescia.



Figura 1 - Inquadramento area progetto - Brescia Scalo

In tale scenario si inserisce il progetto in parola che deve compatibilizzare l'impianto attuale di Brescia (attivazione di fase 4) alle esigenze del futuro terminal intermodale di competenza di TerAlp, il quale sarà realizzato a sud dello scalo e comunicherà con il fascio merci dello scalo di Brescia.

Il Terminal intermodale di TerAlp non è oggetto del presente progetto.

2 SCOPO DEL DOCUMENTO

Il presente documento ha lo scopo di illustrare il Progetto di Definitivo del Potenziamento Infrastrutturale dello Scalo di Brescia, che riguarda la realizzazione del nuovo PRG di scalo per adeguarlo alle nuove esigenze di traffico merci e dotarlo di un'asta di manovra da 750 m lato Milano, che permetterà l'instradamento dei treni verso Verona.

In tale scenario si inserisce il progetto in parola che deve compatibilizzare l'impianto attuale di Brescia (attivazione di fase 4) con le esigenze di TerAlp e gli interventi nel loro ambito.

L'opera relativa al Potenziamento Infrastrutturale dello Scalo di Brescia prevede i seguenti interventi:

- prolungamento a modulo 750 m dei binari I e II FM in aree ferroviarie;
- realizzazione dell'accesso al terminale Teralp, in aree ferroviarie;
- realizzazione di un'asta di manovra di lunghezza 750 m lato Milano, in aree non di proprietà delle ferrovie;
- sistemazione a PRG dei binari da III a X FM che avranno modulo compreso tra 465 m e 600 m, in aree ferroviarie;
- realizzazione di 3 nuovi binari di modulo superiore a 750 m (binari XI, XII e XIII FM), in aree ferroviarie.

Sono inclusi nel presente progetto anche i seguenti ulteriori interventi, i quali non sono localizzati nell'area del PRG di Brescia Scalo:

- realizzazione dell'indipendenza tra il binario pari LS e il binario di accumulo a servizio del fascio di manutenzione (cd. FSA),
- realizzazione dell'adeguamento dell'intero ACC (Fascio Viaggiatori e Fascio Merci) con centralizzazione e attrezzaggio con segnali alti di fasci attualmente non attrezzati in Brescia Centrale (ved. Relazione Generale Segnalamento per dettagli fasci attrezzati)

Tra gli interventi previsti è inclusa la realizzazione del fabbricato PP/ACC ricadente nel tipologico T3_B situato a nord dei binari, alle coordinate 45°32' 05.92'' N 10° 10'58.69 E

Per i dettagli si rimanda alle seguenti elaborati di progetto:

Fabbricato tecnologico FA01																
86	Planimetria d'inquadramento	Vari	1	IN1M	1	1	D	26	PZ	FA	0	1	0	0	001	A
87	Planimetria smaltimento idraulico	Vari	1	IN1M	1	1	D	26	PZ	FA	0	1	0	0	002	A
88	Relazione di calcolo fabbricato	-	1	IN1M	1	1	D	26	CL	FA	0	1	0	0	001	A
89	Relazione di calcolo basamento GE		1	IN1M	1	1	D	26	CL	FA	0	1	0	0	002	A
90	Carpenterie - Sezioni	1:100	1	IN1M	1	1	D	26	BB	FA	0	1	0	0	001	A
91	Carpenterie - Piante	1:20	1	IN1M	1	1	D	26	BC	FA	0	1	0	0	001	A
92	Basamento gruppo elettrogeno - Pianta e carpenterie	1:20	1	IN1M	1	1	D	27	BC	FA	0	1	0	0	001	A
93	Piante architettoniche del fabbricato	1:50	1	IN1M	1	1	D	26	PB	FA	0	1	0	0	001	A
94	Prospetti del fabbricato	1:50	1	IN1M	1	1	D	26	PB	FA	0	1	0	0	002	A
95	Sezioni del fabbricato	1:50	1	IN1M	1	1	D	26	WB	FA	0	1	0	0	001	A
96	Abaco murature e dettagli costruttivi del fabbricato	Vari	1	IN1M	1	1	D	26	BZ	FA	0	1	0	0	001	A
97	Abaco infissi	Vari	1	IN1M	1	1	D	26	BZ	FA	0	1	0	0	002	A
98	Relazione tecnico-descrittiva	-	1	IN1M	1	1	D	26	RG	FA	0	1	0	0	001	A
99	Planimetria e sezioni piazzale	Vari	1	IN1M	1	1	D	26	PZ	FA	0	1	0	0	003	A
100	Pianta scavi	1:20	1	IN1M	1	1	D	26	P9	FA	0	1	0	0	001	A

3 DESCRIZIONE DEI FABBRICATI TECNOLOGICI E PIAZZALI

In tutti i casi si tratta di opere concepite per l'allestimento di apparecchiature tecnologiche destinate al comando, al controllo e alla sicurezza della circolazione ferroviaria nella tratta in oggetto.

3.1 FABBRICATO TECNOLOGICO FA01



Figura 2 - Fabbricato Tecnologico FA01 – Area d'intervento individuata su foto aerea



Figura 3 - Fabbricato Tecnologico FA01 – Ingrandimento area d'intervento

Il progetto del fabbricato tecnologico FA01, prevede la realizzazione un piazzale di area 414 mq ad est del fabbricato tecnologico esistente.

I fabbisogni dei singoli locali sono stimati in:

- Cabina MT/BT: 24.38 mq
- Sala Batteria: 15.31mq;
- Sala Centralina IS: 50.49 mq
- Sala ACC: 63.31 mq;
- Sala TLC: 15.88 mq.
- Locale trasformatori 1: 6.86 mq
- Locale trasformatori 2: 6.86 mq

Il nuovo fabbricato che conterrà esclusivamente le apparecchiature non sarà dotato di servizi igienici

Il progetto delle OOC del fabbricato prevede:

Il fabbricato tecnologico si svilupperà su due piani, avrà una pianta rettangolare di dimensioni 34.30 x 6.70 m con altezza complessiva di 9m. Il layout distributivo interno, denominato T4.

Il progetto per il fabbricato tecnologico prevede una copertura a padiglione la cui altezza massima in corrispondenza del colmo è di circa 4,65 m ; esso è inoltre caratterizzato da porte di accesso ai vari locali dotate tutte di sopra luce, poste su due lati del fabbricato.

Come si evince dalla pianta di seguito riportata, tutti i locali del piano terra saranno dotati di accessi indipendenti dall'esterno al fine di consentire un più agevole svolgimento degli interventi manutentivi, limitando l'accessibilità al solo personale addetto all'attività specifica.

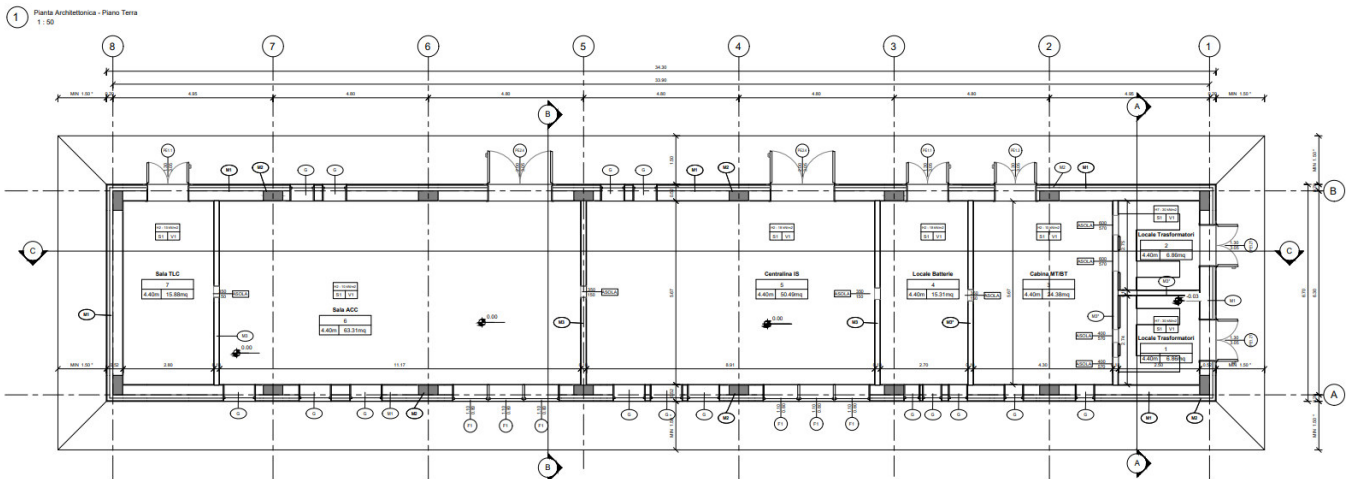


Figura 4– Pianta Architettonica Piano Terra

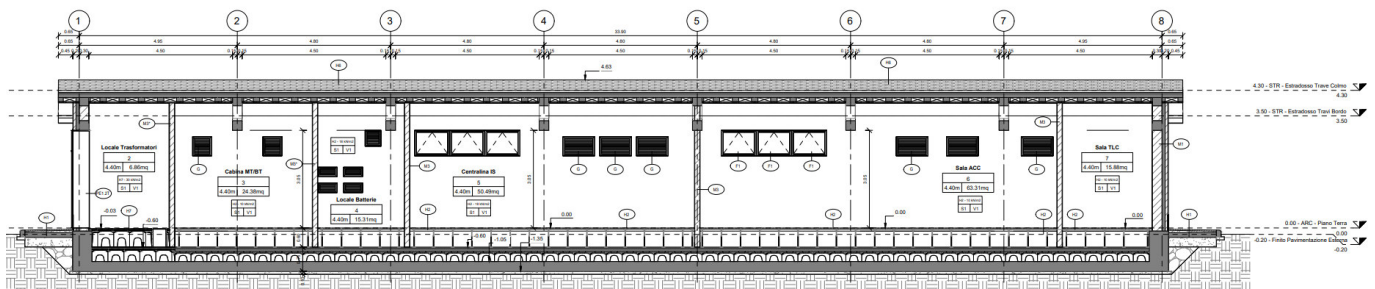


Figura 5 – Sezione longitudinale

2 Sezione B - B
1 : 50

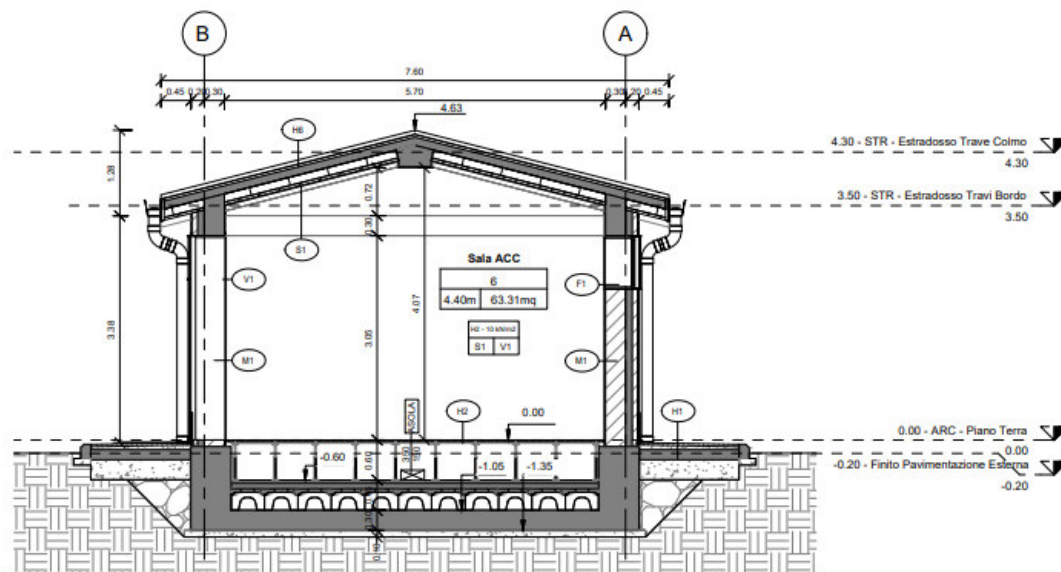


Figura 6 – Sezione trasversale

L'illuminazione e la ventilazione naturale dei locali del piano terra sono garantite dai sopralluce delle porte esterne di accesso per tutti gli ambienti.

Il locale ACC posto è dotato di finestrate con apertura a vasistas; queste sono collocate a +2,20 m dal piano di calpestio interno, così da consentire di utilizzare la porzione di parete sottostante per la disposizione delle apparecchiature (in genere armadi contenenti schede elettroniche, quadri elettrici etc.)

Per i Locali Cabina MT/BT e Trasformatori è prevista una compartimentazione antincendio REI120. Questi locali sono dunque delimitati da tamponature interne analoghe a quelle previste in tutto il resto dell'edificio, per le quali dovrà però essere garantita una resistenza al fuoco EI120.

Per quanto riguarda la resistenza al fuoco del solaio interpiano che separa questi locali dagli ambienti soprastanti, si applica il metodo Tabellare proposto nell'Allegato D del D.M. 16.02.2007; in particolare, secondo quanto previsto al paragrafo D.5 del D.M., per garantire la resistenza R120 di un solaio a lastra con alleggerimento è necessario che il solaio stesso abbia uno spessore superiore a 240 mm, e che l'asse delle sue armature sia posto

ad una distanza dalla superficie esposta maggiore o uguale a 45 mm. Tenendo conto che per il solaio interpiano del fabbricato in esame è previsto uno spessore complessivo di 30 cm e che l'asse delle armature di calcolo è previsto sopraelevato di 20 mm rispetto all'estradosso della soletta inferiore, caratterizzata essa stessa da uno spessore di 40 mm, le condizioni suddette sono entrambe soddisfatte e si può dunque assumere garantito il requisito di resistenza al fuoco R120.

Infine, per garantire l'isolamento e la tenuta del solaio interpiano che separa questi locali dagli ambienti soprastanti, si prevede l'applicazione, in corrispondenza dell'intradosso del solaio strutturale, di uno spessore di 15 mm di intonaco premiscelato, ignifugo, per uso in interni, a base di gesso emidrato, vermiculite e perlite espansa e additivi specifici, con classe di reazione al fuoco A1.

Il progetto prevede di articolare le lavorazioni da approfondire nel progetto esecutivo nel seguente modo:

- Esecuzione di scavi atti a consentire la realizzazione delle opere;
- Realizzazione delle opere di fondazione in c.a (platea);
- Realizzazione delle opere in elevazione in c.a (pilastrate, capriate e solaio di copertura);
- Esecuzione di vespai e massetti controterra;
- Esecuzione del manto sul solaio di copertura e della relativa impermeabilizzazione;
- Realizzazione dei tamponamenti esterni, costituiti da un primo elemento in muratura tipo Poroton sp.30 cm, da uno strato di coibentazione pari a 10 cm e da un ultimo strato in muratura sp. 8 cm, e realizzazione delle partizioni interne sp.15 cm;
- Esecuzione degli intonaci e dei successivi tinteggi;
- Posa in opera degli infissi interni ed esterni, nonché delle relative griglie antintrusione;
- Esecuzione delle opere di finitura (pavimenti e rivestimenti di varia tipologia);
- Esecuzione dell'impiantistica ausiliaria del fabbricato, ovvero impianti LFM (alimentazioni, illuminazione normale e di sicurezza), altri impianti safety e security e speciali;
- Esecuzione di smaltimento delle acque meteoriche del fabbricato e del piazzale;
- Esecuzione delle lavorazioni a completamento del piazzale comprendente la realizzazione del serbatoio interrato, della piattaforma in c.a. per il Gruppo Elettrogeno, delle pavimentazioni esterne e delle recinzioni.

Il progetto architettonico del fabbricato è redatto in modo da garantire la funzionalità distributiva interna necessaria agli apparati tecnologici in esso contenuti.

Gli spazi e le finiture sono pertanto progettati congruamente sia con la destinazione d'uso prettamente "tecnologica" sia in funzione dell'ambientazione del manufatto nel contesto di insediamento.

Vengono di seguito individuate e descritte le principali peculiarità costruttive del fabbricato.

È importante precisare che, in analogia a quanto previsto per il layout del fabbricato, anche i pacchetti di finitura esterna e interna, così come gli infissi, corrispondono a soluzioni progettuali standardizzate.

Il solaio controterra corrisponde al pacchetto denominato H2 ed è costituito dalla seguente successione stratigrafica:

- Vespaio aerato realizzato con elementi a igloo in plastica riciclata con superiore soletta in c.a. armata con rete elettrosaldada $\varnothing 8/20 \times 20$ cm (sp. 5 cm) per uno spessore complessivo di 32 cm (portata amm. 1.800 daN/m²);
- Pannello isolante in XPS ad alta resistenza a compressione e conducibilità termica pari a 0,036 W/mK di sp. 8 cm;
- Foglio separatore in polietilene (sp. 4 mm);
- Soletta in c.a di spessore pari a 5 cm armata con rete elettrosaldada $\varnothing 8/20 \times 20$ cm e dotata di trattamento superficiale antipolvere;
- Pavimento sopraelevato, costituito da pannelli in solfato di calcio monostrato dim. 60x60 cm su sostegno in acciaio stampato zincato, regolabile in altezza; finitura superficiale in lastre di gres porcellanato; altezza complessiva del pavimento pari a 60 cm, così da garantire un'altezza utile pari ad almeno 55 cm; portata del pavimento pari a 1.800 daN/m².

Il solaio di copertura corrisponde al pacchetto denominato H6 ed è costituito dalla seguente stratigrafia:

- Strato di finitura in tegole marsigliesi in laterizio
- Manto impermeabile con doppia guaina e finitura superficiale con scaglie di ardesia
- Massetto in calcestruzzo alleggerito sp. 4 cm
- Strato coibentante in pannelli di EPS (conducibilità termica $\lambda = 0,030$ W/mK) sp. 12 cm

I tamponamenti perimetrali esterni sono costituiti da murature in termolaterizio, caratterizzati dalla seguente stratigrafia:

- Intonaco civile liscio premiscelato tinteggiato con idropittura lavabile (sp. 1,5 cm) sul lato interno
- Blocco in termolaterizio porizzato tipo poroton di spessore pari a 30 cm
- Coibentazione in pannelli di EPS 150 conducibilità termica $\lambda = 0,033 \text{ W/mK}$, sp.10 cm
- Blocco in termolaterizio porizzato tipo poroton di spessore pari a 8 cm
- Intonaco premiscelato e tinteggiatura per esterni (sp. 2 cm)

La parete perimetrale, sulla fascia inferiore esterna per un'altezza pari a 0,45 m, è rivestita da lastre in pietra locale di dimensioni indicative pari a 30x45 cm.

Per garantire la resistenza dell'intero tamponamento alle azioni orizzontali, si prevede di inserire all'interno della muratura, ogni due corsi di forati, dei tralicci in acciaio inglobati nei letti di malta (per le caratteristiche tecniche dei tralicci si rimanda alla Relazione di Calcolo delle Strutture). Per solidarizzare la muratura esterna di spessore pari a 8 cm allo strato portante interno della parete, si prevede la disposizione di collegamenti puntuali diffusi.

Le pareti divisorie interne hanno uno spessore complessivo di 18 cm e sono anch'esse realizzate con blocchi forati di sp. 15 cm, con finitura intonacata e tinteggiata di 1,5 cm per lato.

Le **finestre** sono realizzate mediante profili estrusi in lega di alluminio a taglio termico. I profili sono preverniciati mediante polveri termoindurenti.

Le specchiature vetrate sono costituite da una vetrata isolante termico-acustica di sicurezza, composta da: due lastre di cristallo Float dello spessore complessivo di 7 mm poste all'esterno, unite mediante interposizione di foglio di polivinilbutirale, e lastra lucida di mezzo cristallo dello spessore di 5 mm posta all'interno, opportunamente accoppiate e sigillate, aventi fra loro un'intercapedine dello spessore di 12 mm a vuoto o costituita da aria disidratata al cento per cento o con adeguato gas.

Le prestazioni garantite dal punto di vista energetico sono le seguenti:

$$U_g = 1,5 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$g = 50\%$$

In corrispondenza di tutte le specchiature vetrate sono installate apposite grate in acciaio antieffrazione RC 4 ai sensi delle norme UNI ENV 1627-1628-1629-1630, costituite da barre in tondini di acciaio zincato verniciato di diametro pari ad 8 mm, fissate ad un telaio perimetrale costituito da un piatto in acciaio zincato alla muratura.

I davanzali di tutte le finestre sono costituiti da lastre in pietra locale di spessore pari a 3 cm.

Le **porte esterne** sono realizzate anch'esse mediante telai in profilati estrusi in lega di alluminio di spessore pari a 65 mm preverniciati mediante polveri termoindurenti.

Tutte le porte sono caratterizzate da tamponamenti ciechi costituiti da pannelli sandwich in lamiera e coibente con sopra-luce vetrato apribile a vasistas, la cui specchiatura è analoga a quanto detto in precedenza per i serramenti vetriati. In corrispondenza del sopra-luce sono previste grate antieffrazione fisse RC 4 ai sensi delle norme UNI ENV 1627-1628-1629-1630, costituite da barre in tondini di acciaio zincato verniciato di diametro pari ad 8 mm, fissate ad un telaio perimetrale costituito da un piatto in acciaio zincato alla muratura. Anche la parte inferiore dell'infisso è protetta da analoghe grate metalliche, in questo caso apribili verso l'esterno dotate di serratura di sicurezza.

Tutte le porte esterne sono dotate di maniglioni antipanico e, a seconda delle esigenze derivanti dalle prescrizioni di climatizzazione e ricambio aria dei diversi locali, esse saranno dotate di griglie di aerazione di opportuna dimensione.

Le opere di lattoneria sono costituite da n. 4 pluviali in lamierino di acciaio sp. 8/10 mm, protette nella parte terminale da tubi di ghisa ancorati alle pareti di altezza pari a 1,5 m. Anche la gronda perimetrale è realizzata in lamierino di acciaio sp. 8/10 mm con staffe di supporto una ogni metro.

3.2 PIAZZALE

3.2.1 PIAZZALE FABBRICATO TECNOLOGICO

Il piazzale è situato alle coordinate 45°32' 05.92" N 10° 10'58.69 E

L'accesso al piazzale del nuovo fabbricato si trova a una distanza di circa 12,5 m dal binario più vicino.

L'accesso al piazzale avverrà da Via Vergnano. Non sarà prevista una nuova viabilità ma solo una segnaletica orizzontale sul piazzale esistente che dia chiara indicazione del percorso carrabile.

Il piazzale si trova a quota 133.70 m s.l.m. ed è sollevato di 80 cm rispetto al pian campagna. Questa posizione è stata definita in funzione dell'analisi altimetria della sezione trasversale del lotto che accompagna l'adamento della strada perimetrale circostante.

Complessivamente l'area oggetto di intervento si estende per circa 414 m². La nuova pavimentazione del piazzale è costituita da masselli autobloccanti a funzionamento drenante e presenta una pendenza nulla.

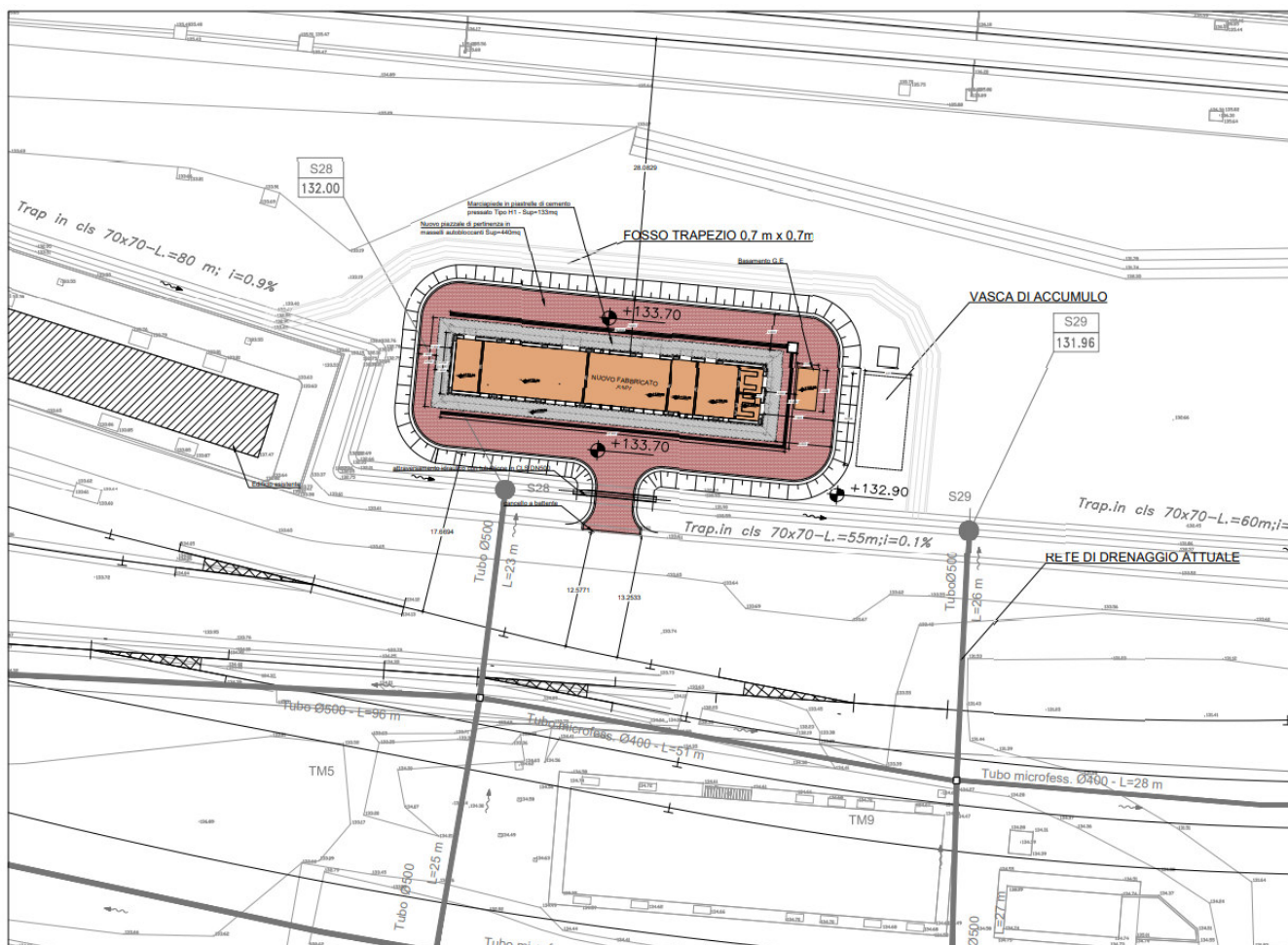


Figura 7 - Piazzale FA01

3.3 DESCRIZIONE DELLE VIABILITÀ DI ACCESSO DEI PIAZZALI

Non è stato necessario prevedere una nuova viabilità di accesso, ove già presenti aree carrabili, infatti, è stata predisposta l'apposizione della sola segnaletica orizzontale.

Allo scopo di consentire una buona leggibilità del tracciato in tutte le condizioni climatiche e di visibilità e garantire informazioni utili per l'attività di guida, si prevede la realizzazione di una segnaletica stradale orizzontale conforme alle prescrizioni contenute nel Nuovo Codice della Strada e ss.m.i.

3.4 DESCRIZIONE DELLE OPERE: BASAMENTO GRUPPO ELETTROGENO

In adiacenza ad ogni fabbricato è previsto il posizionamento di un gruppo elettrogeno esterno, che ha la funzione di garantire continuità di alimentazione elettrica alle apparecchiature anche in caso di interruzioni alla linea elettrica nazionale. Il generatore è montato su un basamento in calcestruzzo ed essendo un elemento esterno al fabbricato e incustodito, per motivi di sicurezza è dotato di una recinzione di protezione e di una pensilina di copertura in lamiera grecata coibentata.

Il basamento ha dimensioni di 4,50 x 2,30 x 0,3 m

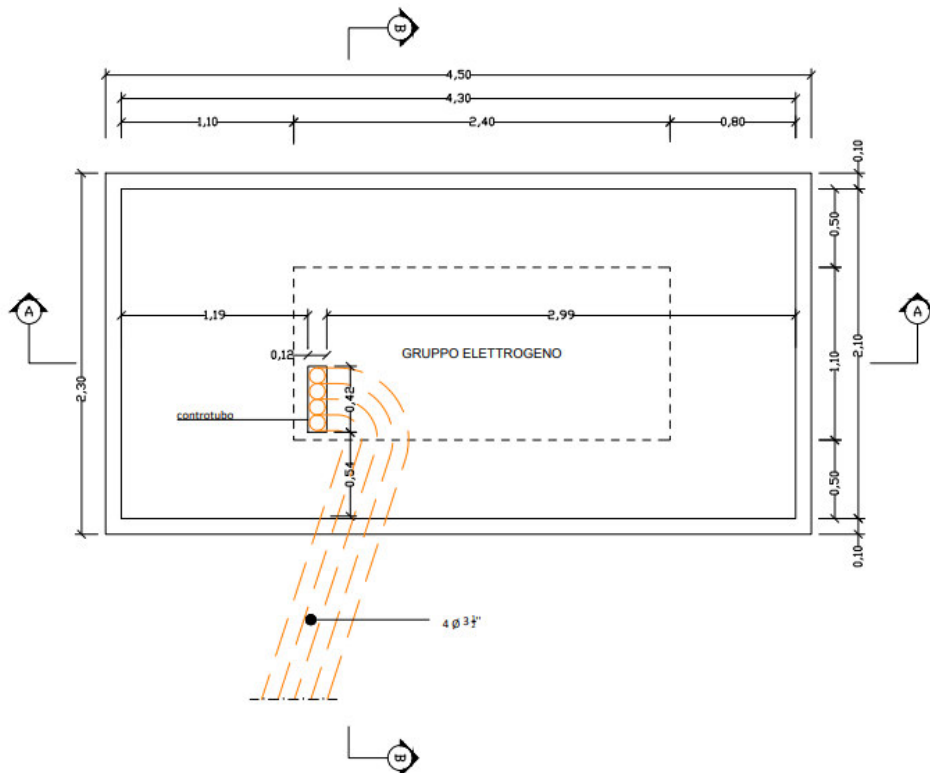


Figura 8 – Basamento GE

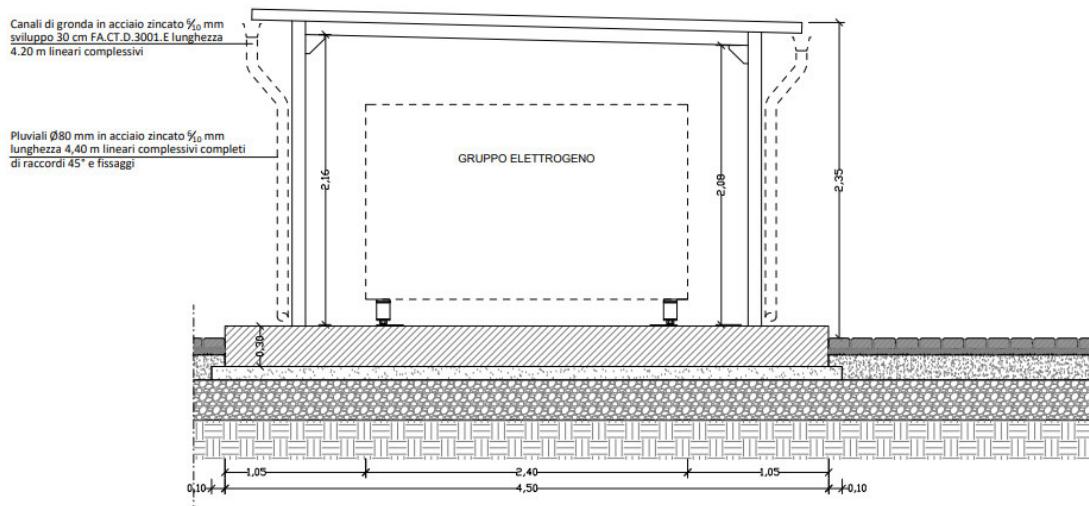


Figura9 – Sezione GE

4 INQUADRAMENTO GEOTECNICO

Dal punto di vista geologico il territorio interessato dalle opere in progetto può essere descritto considerando due banchi di terreni riconducibili a depositi quaternari, differenziati come segue (vedi Profili Geologici, doc.[2]):

- *Alluvioni attuali o recenti (aa)*: costituiti generalmente di ghiaie e sabbie; a luoghi sono stati intercettati livelli di terreni a grana fina, argilloso-limosi;
- *Alluvionali fluvioglaciali e fluviali (fg)*: depositi alluvionali più antichi costituiti da terreni grossolani ghiaiosi, sabbiosi e limosi.

6.1. UNITÀ GEOTECNICHE

Sulla base delle stratigrafie dei sondaggi eseguiti nel corso della campagna 2021 e di quelli ultimati nell'ambito delle precedenti campagne è stata evidenziata la presenza di depositi alluvionali (aa) e depositi fluvioglaciali (fg), tutti prevalentemente a grana grossa, fatta eccezione per alcune zone in cui sia gli uni che gli altri presentano locali inclusioni di terreni argilloso-limosi.

	Estensione ACCM Monza-Chiasso e relativo alla tratta Albate Merone - Progetto Definitivo					
	Albate - Merone					
FA01- Relazione tecnico - descrittiva	COMMESSA IN1M	LOTTO 11	CODIFICA D26 RG	DOCUMENTO FA0100 001	REV. A	FOGLIO 16 di 30

Ai fini della caratterizzazione meccanica, ciascuna delle due unità può essere suddivisa in due sub-unità, secondo lo schema seguente: aa-G(S) ed aa-A(L) ed inoltre fg-S(L) ed fg-A(L) riferite, rispettivamente, alla parte con maggiore presenza ghiaioso-sabbiosa ed a quella con sensibile contenuto delle frazioni argillosa e -limosa.

Nel caso dei terreni che si riconducono alla unità fg, si è scelto, cautelativamente, di caratterizzare la sub unità con prevalenza a grana grossa immaginando la predominanza della componente sabbiosa rispetto a quella ghiaiosa (fg-S(L)).

In sintesi, sono stati definite le seguenti unità geotecniche:

- **aa: depositi alluvionali differenziati in:**

- aa-G(S) a presenza predominante ghiaioso-sabbiosa – grana grossa;

- aa-A(L) a presenza predominante argilloso-limoso – grana fina;

- **fg: depositi fluvio-glaciali differenziati in:**

- fg-S(L) a presenza predominante sabbiosa – grana grossa;

- fg-A(L) a presenza predominante argilloso-limoso – grana fina.

Dal punto di vista delle analisi e verifiche di calcolo, si distinguono, ancorché costituite di terreni a grana grossa, le opere di terra; in pratica i rilevati esistenti di linea e quelli delle aste in progetto. Per entrambe le opere si farà riferimento alla medesima unità (R), di fatto il corpo del rilevato ferroviario, in relazione all'asta 750m ed all'altra opera 350m. Per tutte queste opere di terra sono stati assunti valori dei parametri geotecnici allineati a quelli riportati nella Relazione PFTE.

5 CRITERI PER LA CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

La caratterizzazione geotecnica è sviluppata nell'ipotesi che il terreno possa essere assimilato ad un mezzo bifase, secco o saturo rispettivamente al di sopra ed al di sotto del livello della falda; con tale termine si indica la superficie che, ai fini di una specifica analisi o calcolo, identifica il luogo dei punti caratterizzati da pressione interstiziale nulla. Questa ipotesi è adottata per tutte le analisi geotecniche, sia quelle mirate alla verifica di sicurezza nei riguardi del collasso (SLU) sia quelle inerenti la verifica nei riguardi dell'esercizio (SLE), finalizzate al controllo dell'ammissibilità di spostamenti e rotazioni.

Ne discende la scelta di trascurare qualunque contributo di resistenza che possa essere associato a condizioni di parziale saturazione, dalle quali deriva l'insorgenza di pressioni interstiziali negative, alle quali si associa l'incremento della rigidità e della resistenza a rottura. Da questo fenomeno potrebbe dipendere, seppure solo in parte, la variazione delle resistenze registrate nelle prove SPT all'aumentare della profondità.

	Estensione ACCM Monza-Chiasso e relativo alla tratta Albate Merone - Progetto Definitivo					
	Albate - Merone					
FA01- Relazione tecnico - descrittiva	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IN1M	11	D26 RG	FA0100 001	A	17 di 30

Con tale ipotesi di base, la caratterizzazione geotecnica è sviluppata distinguendo le «analisi al collasso» dalle «analisi in condizioni di esercizio».

Le prime sono mirate alle verifiche di stabilità globale, al riconoscimento delle condizioni corrispondenti al raggiungimento della condizione di rottura, in tal caso alla individuazione della cinematica del collasso, in generale al dimensionamento geotecnico di massima. Queste analisi sono sviluppate adottando il modello di Mohr-Coulomb con involucro di rottura lineare, o lineare a tratti, per descrivere la risposta meccanica a rottura del terreno. Pertanto, la resistenza al taglio è univocamente definita allorché siano fissati i valori dei parametri che descrivono l'involuppo in termini di tensioni efficaci ovvero in termini di tensioni totali. Nel caso in cui si adotti un involucro di rottura lineare a tratti sarà anche specificato l'intervallo della tensione efficace sulla superficie di rottura; in tal modo sarà delimitato il campo di applicabilità dei parametri del modello lineare.

Le «analisi in condizioni di esercizio» sono mirate a verificare che gli spostamenti e le rotazioni siano minori dei rispettivi valori limiti ritenuti accettabili, e quindi che siano rispettati i requisiti prestazionali. Nella generalità dei casi queste analisi, che concorrono ad ottimizzare la soluzione progettuale, si eseguono assimilando il terreno ad un mezzo elastico lineare.

Per tenere conto che il comportamento del terreno reale è marcatamente non lineare, si adotta lo schema di mezzo lineare-equivalente, diffusamente applicato negli studi di propagazione delle onde sismiche nel sottosuolo, quali, ad esempio, le analisi di risposta sismica locale (RSL).

Così, mutuando l'impostazione di queste analisi dinamiche, i calcoli sono sviluppati secondo un processo iterativo, a partire da una stima iniziale dei parametri di rigidezza ($G = G_1 < G_0$). Si ricavano, di conseguenza, le deformazioni (ϵ_1, ϵ_1) e gli spostamenti del sistema geotecnico che derivano da tale scelta del valore da assegnare a questo parametro di rigidezza. Sulla base del livello di deformazione subito dal sistema (ϵ_1, ϵ_1) è semplice, quindi, aggiornare l'iniziale stima dei parametri di rigidezza (ponendo $G = G_2 < G_1$) utilizzando curve di decadimento dei moduli ricavate da prove geotecniche dinamiche di laboratorio ovvero desunte dalla letteratura per terreni simili a quelli di interesse.

Il procedimento si completa allorché i valori dei parametri di rigidezza adottati per una generica iterazione sono congruenti con il livello di deformazione che si determina; nella generalità dei casi si raggiunge la convergenza dopo 2-4 iterazioni, in dipendenza dell'iniziale stima dei parametri rispetto al livello di deformazione finale.

Con riferimento ai problemi in esame, ed in particolare riguardo il calcolo dei cedimenti dei rilevati, si fa osservare che non è stato necessario prevedere significativi abbattimenti dei moduli di rigidezza. Infatti, sia i materiali da costruzione dei rilevati, sia i terreni a grana grossa intercettati con i sondaggi possono mobilitare una elevata resistenza a rottura ed esibire una discreta rigidezza. Pertanto le deformazioni non sono sensibilmente diverse da quelle attese per la maggior parte delle opere geotecniche e le curve di decadimento risultano adeguate al processo iterativo descritto in precedenza.

6 DEFINIZIONE AZIONE SISMICA

La definizione dell'azione sismica di progetto è eseguita coerentemente a quanto previsto dalla normativa vigente (NTC2018). La normativa D.M. del 17 gennaio 2018 indica che ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto (punto 3.2.2), deve essere valutata l'influenza delle condizioni litologiche e morfologiche locali sulle caratteristiche del moto del suolo in superficie, mediante studi specifici di risposta sismica locale.

. In particolare, per la stima dell'accelerazione massima su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale, si assumono i seguenti requisiti prestazionali in funzione delle opere esaminate:

- Vita Nominale VN 75 anni
- Classe d'uso IV
- Coefficiente d'uso CU 2.0
- Periodo di riferimento VR 150 anni

Per la caratterizzazione sismica dei terreni di fondazione sono stati utilizzati i risultati della prova MASW eseguita nell'area di progetto.

6.1.1 SUSCETTIBILITÀ DEI TERRENI ALLA LIQUEFAZIONE

In terreni saturi sabbiosi sollecitati, in condizioni non drenate, da azioni cicliche dinamiche, il termine liquefazione comprende una serie di fenomeni associati alla perdita di resistenza al taglio o ad accumulo di deformazioni plastiche. L'avvenuta liquefazione si manifesta, in presenza di manufatti, attraverso la perdita di capacità portante e/o lo sviluppo di elevati cedimenti e rotazioni.

In base a NTC18, la verifica di liquefazione può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti circostanze:

- accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti minori di 0.1g;
- profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
- depositi costituiti da sabbie pulite, con resistenza penetrometrica normalizzata $(N1)_{60} > 30$ oppure $q_{c1N} > 180$, dove $(N1)_{60}$ è il valore della resistenza, determinata in prove penetrometriche dinamiche (SPT), normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa, e q_{c1N} è il valore della resistenza, determinata in prove penetrometriche statiche (CPT), normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;
- distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nel grafico a), nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c < 3.5$ e nel grafico b) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c > 3.5$.

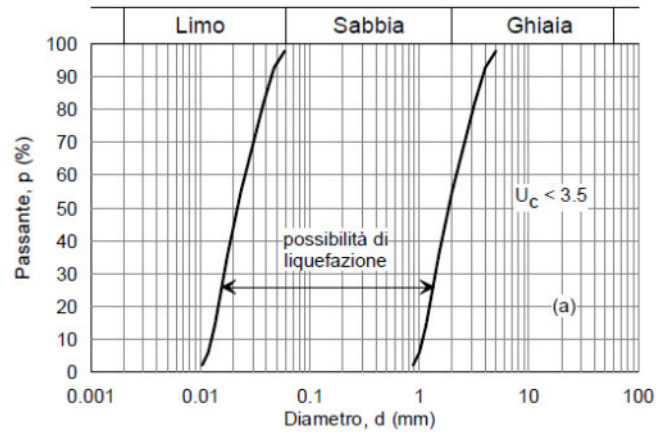


Figura 10: grafico a) per terreni con coefficiente di uniformità $U_c < 3.5$

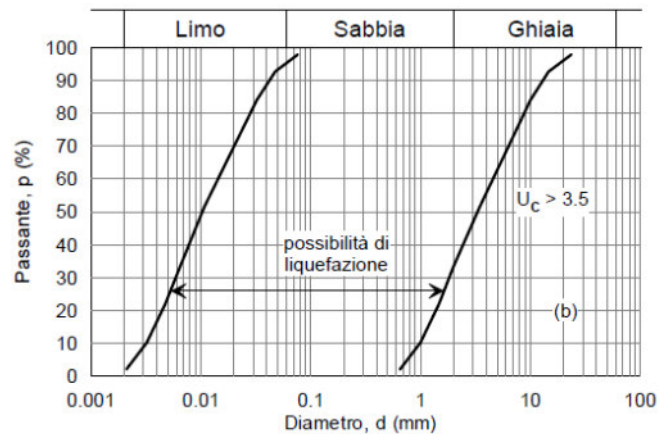


Figura 2: grafico b) per terreni con coefficiente di uniformità $U_c > 3.5$

La verifica a liquefazione viene effettuata confrontando i rapporti di sollecitazione ciclica (CSR) indotti dal terremoto con i rapporti di resistenza ciclica (CRR) del suolo:

$$FS = \frac{CSR}{CRR}$$

Il CSR indotto dal terremoto, ad una data profondità, z , all'interno del profilo del suolo, è solitamente espresso come un valore rappresentativo (o valore uniforme equivalente) pari al 65% del massimo rapporto di sollecitazione di taglio ciclico, ovvero:

$$CSR_{M, \sigma'_v} = 0.65 \frac{\tau_{max}}{\sigma'_v}$$

dove τ_{max} è lo sforzo di taglio massimo indotto dal terremoto, σ'_v è lo sforzo effettivo verticale, e i pedici sulla CSR indicano che è calcolata per una specifica magnitudo del terremoto (magnitudo del momento, M) e in-situ σ'_v .

La sollecitazione di taglio massima può essere stimata utilizzando l'equazione, sviluppata come parte della procedura di liquefazione semplificata Seed-Idriss, che è espressa come:

$$CSR_{M,\sigma'_v} = 0.65 \frac{\sigma_v a_{max}}{\sigma'_v g} r_d$$

dove σ_v è la sollecitazione verticale totale alla profondità z, a_{max}/g è l'accelerazione orizzontale massima (come frazione della gravità) alla superficie del suolo e r_d è il fattore di riduzione della sollecitazione di taglio che tiene conto della risposta dinamica del profilo del suolo.

Il CRR del suolo è solitamente correlato a un parametro in situ come il numero dei colpi SPT.

$$(N_1)_{60} = C_N C_E C_R C_B C_S N_{SPT}$$

dove C_N è un fattore di correzione del terreno di copertura, $C_E = ER_m/60\%$, ER_m è il valore misurato dell'energia erogata come percentuale dell'energia teorica del martello a caduta libera, C_R è un fattore di correzione dell'asta che tiene conto del fatto che l'energia diminuisce per lunghezze di aste più corte, C_B è un fattore di correzione per diametri di foro non standard, C_S è un fattore di correzione relativo al metodo di campionamento, e N_{SPT} è il numero di colpi SPT misurati. I fattori C_B e C_S sono pari all'unità se vengono adoperate procedure standard.

Il CRR del suolo è anche influenzato dalla durata del sisma (che è correlato al fattore di scala della magnitudo del terremoto, MSF che in accordo alle prescrizioni dell'Eurocodice 8 Parte 5, è da assumere cautelativamente pari a 2.2) e dalle tensioni agenti (che è espresso attraverso un fattore K).

La correlazione per il CRR è quindi sviluppata per un riferimento $M = 7.5$ e $\sigma'_v = 1$ atm e poi regolata ad altri valori di M e σ'_v utilizzando la seguente espressione:

$$CRR_{M,\sigma'_v} = CRR_{M=7.5,\sigma'_v=1} \cdot MSF \cdot K_\sigma$$

Il CRR del suolo è inoltre influenzato anche dalla presenza di tensioni di taglio statiche sostenute, come quelle che possono esistere sotto le fondazioni o all'interno dei pendii. Questo effetto, che è espresso attraverso un fattore K, è generalmente piccolo per condizioni di terreno quasi livellato.

La correlazione tra CRR e $(N_1)_{60}$ è influenzata dal contenuto di particelle fini (FC), infatti:

$$CRR_{M=7.5, \sigma'_v=1} = f[(N_1)_{60}, FC]$$

La correlazione tra il rapporto di resistenza ciclica (CRR), ad $M = 7.5$ e $\sigma'_v = 1$ atm, e il valore equivalente di sabbia pulita $(N_1)_{60cs}$ per terreni senza coesione, sviluppata da Idriss e Boulanger (2004, 2008), è:

$$CRR_{M=7.5, \sigma'_v=1} = \exp\left(\frac{(N_1)_{60cs}}{14.1} + \left(\frac{(N_1)_{60cs}}{126}\right)^2 - \left(\frac{(N_1)_{60cs}}{23.6}\right)^3 + \left(\frac{(N_1)_{60cs}}{25.4}\right)^4 - 2.8\right)$$

Valutato il fattore di sicurezza FS si valuta l'Indice di potenziale alla liquefazione (IPL) come segue:

$$IPL = L_s = \int_0^{z_{crit}} F(z) \cdot w(z) \cdot dz$$

Dove $w(z)$ e $F(z)$ sono, rispettivamente:

$$w(z) = 10 - z/2$$

$$\text{Con } F(z) = \begin{cases} 0 & \text{per } FS > 1.2 \\ 2 \cdot 10^6 e^{-18.427 \cdot FS} & \text{per } 0.95 \leq FS \leq 1.4 \\ 1 - FS & \text{per } FS \leq 0.95 \end{cases}$$

Nel caso in esame la verifica è stata effettuata nelle seguenti ipotesi:

- discretizzazione della stratigrafia di calcolo in $\Delta z = 0.20$ m;
- falda a piano campagna;
- Accelerazione $a_{max} = 0.342$;
- Magnitudo $M = 4.84$;
- $\beta = 0.65$;
- r_d calcolato con formulazione di Idriss & Boulanger.

Il valore di L_s ottenuto è quindi stato confrontato con la tabella di letteratura (Somnez & Gokceoglu, 2007), di seguito riportata, che fornisce il rischio di liquefazione per il banco di terreno esaminato.

L_s	Descrizione
$85 \leq L_s \leq 100$	Molto alto
$65 \leq L_s \leq 85$	Alto
$35 \leq L_s \leq 65$	Moderato
$15 \leq L_s \leq 35$	Basso
$0 \leq L_s \leq 15$	Molto basso
$L_s = 0$	Non liquefacibile

Nella seguente tabella sono sinteticamente riportati i risultati delle verifiche alla liquefazione effettuate sulle stratigrafie dei sondaggi S1 ed S2, S1_PD-BS ed S2_PD-BS.

	L_s [-]	Rischio Liquefazione
S1	0	NON LIQUEFACIBILE
S2	0	NON LIQUEFACIBILE
S1_PD-BS	0	NON LIQUEFACIBILE
S2_PD-BS	0	NON LIQUEFACIBILE

Per la verifica integrale si rimanda all'allegato A dell'elaborato IN1M10D26GEGE0005001A .

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	Estensione ACCM Monza-Chiasso e relativo alla tratta Albate Merone - Progetto Definitivo					
	Albate - Merone					
FA01- Relazione tecnico - descrittiva	COMMESSA IN1M	LOTTO 11	CODIFICA D26 RG	DOCUMENTO FA0100 001	REV. A	FOGLIO 23 di 30

7 MATERIALI

CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

3.1 Calcestruzzo Strutture di Fondazione

Per la realizzazione della platea di fondazione si prevede l'utilizzo di calcestruzzo avente classe di resistenza C25/30 ($R_{ck} \geq 30 \text{ N/mm}^2$

), che presenta le seguenti caratteristiche:

- Resistenza Caratteristica a Compressione (Cil.) $\rightarrow f_{ck} = 0,83 \times R_{ck} = 25 \text{ N/mm}^2$
- Classe di Esposizione $\rightarrow \text{XC2}$ (condiz. ambientali ord.)
- Classe di Consistenza $\rightarrow \text{S4/S5}$
- Resistenza Media a Compressione $\rightarrow f_{cm} = f_{ck} + 8 = 33 \text{ N/mm}^2$
- Modulo Elastico $\rightarrow E_{cm} = 22000 \times (f_{cm}/10)^{0,3} = 31.475 \text{ N/mm}^2$
- Coefficiente di Sicurezza $\rightarrow \gamma_c = 1,5$
- Resistenza di Calcolo a Compressione $\rightarrow f_{cd} = \alpha_{cc} \times f_{ck} / \gamma_c = 14,17 \text{ N/mm}^2$
- Resistenza a Trazione Media $\rightarrow f_{ctm} = 0,3 \times f_{ck}^{2/3} = 2,56 \text{ N/mm}^2$
- Resistenza a Trazione $\rightarrow f_{ctk} = 0,7 \times f_{ctm} = 1,80 \text{ N/mm}^2$
- Resistenza a Trazione di Calcolo $\rightarrow f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_c = 1,20 \text{ N/mm}^2$
- Resistenza a Compressione (Comb. Rara) $\rightarrow \sigma_c = 0,6 \times f_{ck} = 15,00 \text{ N/mm}^2$
- Resistenza a Compressione (Comb. Q.P.) $\rightarrow \sigma_c = 0,45 \times f_{ck} = 11,25 \text{ N/mm}^2$
- Resistenza tangenziale caratteristica di aderenza $\rightarrow f_{bk} = 2,25 \eta_1 \eta_2 f_{ctk} = 2,82 \text{ N/mm}^2$
- Resistenza tangenziale di aderenza di calcolo $\rightarrow f_{bd} = f_{bk} / \gamma_c = 1,88 \text{ N/mm}^2$
- Deformazione Ultima a Rottura $\rightarrow \epsilon_{cu} = 0,0035$

Per gli elementi strutturali della fondazione si assume un copriferro di 40 mm (valutato al netto della staffa).

Per quanto riguarda la scelta degli stati limite di fessurazione, si fa riferimento a quanto riportato nella Tabella 4.1.IV delle NTC 2018, assumendo di trovarsi in condizioni ambientali ordinarie (vedi Tab.4.1.III NTC 2018) con armatura poco sensibile; i limiti adottati per la verifica nei confronti di tale stato limite sono riportati di seguito:

- Combinazione delle azioni Frequente $\rightarrow w_d \leq w_3 = 0,4 \text{ mm}$
- Combinazione delle azioni Quasi Permanente $\rightarrow w_d \leq w_2 = 0,3 \text{ mm}$

LINEA A.V. /A.C. MILANO - VERONA

NODO DI BRESCIA

POTENZIAMENTO INFRASTRUTTURALE DELLO SCALO DI BRESCIA

Progetto Definitivo

Fabbricato T3_B – Relazione di calcolo COMMESSA

IN1M

LOTTO

11

CODIFICA

D26 CL

DOCUMENTO

FA0100001

REV.

A

FOGLIO

8 di 194

3.2 Calcestruzzo Strutture in Elevazione

Per la realizzazione della struttura in elevazione si prevede l'utilizzo di calcestruzzo avente classe di resistenza

C30/37 ($R_{ck} \geq 37 \text{ N/mm}^2$

), che presenta le seguenti caratteristiche:

- Resistenza Caratteristica a Compressione (Cil.) $\rightarrow f_{ck} = 0,83 \times R_{ck} = 30 \text{ N/mm}^2$
- Classe di Esposizione $\rightarrow \text{XC3}$ (condiz. ambientali ord.)
- Classe di Consistenza $\rightarrow \text{S4}$
- Resistenza Media a Compressione $\rightarrow f_{cm} = f_{ck} + 8 = 38 \text{ N/mm}^2$
- Modulo Elastico $\rightarrow E_{cm} = 22000 \times (f_{cm}/10)^{0,3} = 33.019 \text{ N/mm}^2$
- Coefficiente di Sicurezza $\rightarrow \gamma_c = 1,5$
- Resistenza di Calcolo a Compressione $\rightarrow f_{cd} = \alpha_{cc} \times f_{ck} / \gamma_c = 17,40 \text{ N/mm}^2$
- Resistenza a Trazione Media $\rightarrow f_{ctm} = 0,3 \times f_{ck}^{2/3} = 2,94 \text{ N/mm}^2$
- Resistenza a Trazione $\rightarrow f_{ctk} = 0,7 \times f_{ctm} = 2,06 \text{ N/mm}^2$

- Resistenza a Trazione di Calcolo $\rightarrow f_{ctd} = f_{ctd} / Y_c = 1,37 \text{ N/mm}^2$
- Resistenza a Compressione (Comb. Rara) $\rightarrow \sigma_c = 0,6 \times f_{ck} = 18,43 \text{ N/mm}^2$
- Resistenza a Compressione (Comb. Q.P.) $\rightarrow \sigma_c = 0,45 \times f_{ck} = 13,82 \text{ N/mm}^2$
- Resistenza tangenziale caratteristica di aderenza $\rightarrow f_{bk} = 2,25 \eta_1 \eta_2 f_{ctk} = 3,24 \text{ N/mm}^2$
- Resistenza tangenziale di aderenza di calcolo $\rightarrow f_{bd} = f_{bk} / Y_c = 2,16 \text{ N/mm}^2$
- Deformazione Ultima a Rottura $\rightarrow \epsilon_{cu} = 0,0035$

Per gli elementi della struttura in elevazione si assume un copriferro di 30 mm (valutato al netto della staffa).

Per quanto riguarda la scelta degli stati limite di fessurazione, si fa riferimento a quanto riportato nella Tabella 4.1.IV delle NTC 2018, assumendo di trovarsi in condizioni ambientali ordinarie (vedi Tab.4.1.III NTC 2018) con armatura poco sensibile; i limiti adottati per la verifica nei confronti di tale stato limite sono riportati di seguito:

- Combinazione delle azioni Frequente $\rightarrow w_d \leq w_3 = 0,4\text{mm}$
- Combinazione delle azioni Quasi Permanente $\rightarrow w_d \leq w_2 = 0,3\text{mm}$

LINEA A.V. /A.C. MILANO - VERONA

NODO DI BRESCIA

POTENZIAMENTO INFRASTRUTTURALE DELLO SCALO DI BRESCIA

Progetto Definitivo

Fabbricato T3_B – Relazione di calcolo COMMESSA

IN1M

LOTTO

11

CODIFICA

D26 CL

DOCUMENTO

FA0100001

REV.

A

FOGLIO

9 di 194

3.3 Acciaio da c.a.

Barre B450C

- Tensione disnervamento caratteristica → $f_{yk} = 450 \text{ N/mm}^2$
 - Tensione caratteristica a rottura → $f_u = 540 \text{ N/mm}^2$
 - Fattore di sicurezza acciaio → $Y_s = 1,15$
 - Resistenza a trazione di calcolo → $f_{yd} = f_{yk} / Y_s = 391 \text{ N/mm}^2$
 - Resistenza a Trazione (Comb. Rara) → $\sigma_s = 0,80 \times f_{yk} = 360,00 \text{ N/mm}^2$
 - Modulo Elastico → $E_a = 210.000 \text{ N/mm}^2$
 - Deformazione di Snervamento di Progetto → $\epsilon_{yd} = 0,0019$
 - Densità → $\rho = 7.850 \text{ kg/m}$
- non produce effetti negativi nei sistemi geologici ed idrogeologici, assicurando l'assenza di interferenze negative con il regime delle falde freatiche presenti;
 - garantisce il mantenimento della funzionalità ed operatività proprie della struttura in casi di evento alluvionale;
 - assicura il mantenimento delle condizioni di drenaggio superficiale dell'area e la sicurezza delle opere di difesa esistenti;
 - non produce effetti né in termini di modifica di deflussi idrici, né in termini di squilibrio degli attuali bilanci della risorsa idrica (prelievi e scarichi);
- è possibile affermare che sia il fabbricato di Cantù che i tre shelter risultano idraulicamente compatibili con le norme che disciplinano gli interventi ricadenti in aree interessate da inondazioni secondo gli strumenti normativi.

8 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

8.1 NORMATIVA STRADALE DI RIFERIMENTO

- RFI DTC SI PS MA IFS 001 A: *Manuale di progettazione delle opere civili del 30/12/2016:*
Parte II - sez.3: Corpo stradale;
Partell – sez.6: Sagome e profilo minimo degli ostacoli.
- NTC 2018: *Aggiornamento delle “Norme Tecniche per le costruzioni”*
- Codice civile 16/03/1942 n. 262
- DM 13/07/2011: *Regola tecnica di prevenzione per l’installazione di motori a combustione interna accoppiati a macchina generatrice elettrica o ad altra macchina operatrice e di unità di cogenerazione a servizio di attività civili, industriali, agricole, artigianali, commerciali e di servizi.*
- DPR 11/07/1980 n. 753: *Nuove norme in materia di polizia, sicurezza e regolarità dell’esercizio delle ferrovie e di altri servizi di trasporto.*

8.2 NORMATIVA STRUTTURALE DI RIFERIMENTO

- Legge 5 novembre 1971 n. 1086: Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato normale e precompresso ed a struttura metallica.
- UNI EN 206:2014 - *Calcestruzzo - Specificazione, prestazione, produzione e conformità*
- D.M. del 17.01.2018: “Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni».” [NTC 18];
- Circolare n. 617 del 2 febbraio 2019 - Istruzioni per l’Applicazione Nuove Norme Tecniche Costruzioni di cui al Decreto Ministeriale 14 gennaio 2018;
- Norma UNI EN 206-1:2016: “*Calcestruzzo – Parte 1: Specificazione, prestazione, produzione e conformità*”;
- Norma UNI 11104-2016: *Calcestruzzo, “Classi di esposizione per calcestruzzo strutturale, in funzione delle condizioni ambientali”*;
- Norma UNI EN 1992-1-1:2015: “*Eurocodice 2: Progettazione delle strutture in calcestruzzo – Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici*”;
- Norma UNI EN 1992-1-2:2005: “*Eurocodice 2 – Progettazione delle strutture di calcestruzzo – Parte 1-2: Regole generali – Progettazione strutturale contro l’incendio*”;
- Norma UNI EN 1997-1:2013: “*Eurocodice 7 – Progettazione geotecnica - Parte 1: Regole generali*”;

- Norma UNI EN 1998-5:2005: *“Eurocodice 8 – Progettazione delle strutture per la resistenza sismica - Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici”*;
- D.M. del 31.07.2012: *“Approvazione delle Appendici nazionali recanti i parametri tecnici per l’applicazione degli Eurocodici”*;
- RFI DTC SI SP IFS 001 B del 22-12-17: *“Capitolato generale tecnico di appalto delle opere civili”*;
- RFI DTC SI CS SP IFS 004 B: *“Capitolato generale Tecnico di Appalto delle Opere Civili. Parte II – Sezione 5. Opere in terra e scavi”*;
- RFI DTC SI CS MA IFS 001 A: *“Manuale di progettazione delle opere civili - Parte II - sez.2 : Ponti e strutture”*;
- RFI DTC SI PS MA IFS 001 A: *Manuale di progettazione delle opere civili - Parte II - sez.3 : Corpo stradale”*.

8.3 NORMATIVA GEOTECNICA

- DM 17/01/2018 – «Aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni”»;
- Circolare del 21 gennaio 2019, n. 7 C.S.LL.PP. – Istruzioni per l’applicazione dell’«Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni”» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018.;
- D.M. 14/01/2008 – Norme tecniche per le costruzioni;
- Circolare 2 febbraio 2009, n. 617 C.S.LL.PP. – Istruzioni per l'applicazione delle «Nuove norme tecniche per le costruzioni» di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008;
- RFI DTC SI PS MA IFS 001 D del 2021: *“Manuale di Progettazione delle Opere Civili, Parte II, Sezione 2 – Ponti e strutture”*;
- RFI DTC SI CS MA IFS 001 D del 2021: *“Manuale di Progettazione delle Opere Civili, Parte II, Sezione 3 – Corpo stradale”*;
- Butterfield, R. (1979). A natural compression law for soils (an advance on e-log p’), Géotechnique 29, 469-480;
- Boweles, J. (1998), *“Fondazioni progetto e analisi”*, Mc Graww-Hill;
- Lancellotta, R. (1987), *“Geotecnica”*, Zanichelli;
- Viggiani, C. (1999), *“Fondazioni”*, Hedilius;
- Associazione Geotecnica Italiana - Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche - Giugno 1977;

- Associazione Geotecnica Italiana - Raccomandazioni sulle prove geotecniche di laboratorio – Gennaio 1994;
- NAVFAC DM -7.1 (1982) – Soil Mechanics Design Manual.

8.4 NORMATIVA IDRAULICA

- UNI EN 12056 "Sistemi di scarico funzionanti a gravità all'interno degli edifici -Impianti per acque reflue progettazione e calcolo";
- Direttiva Quadro Acque 2000/60/CE;
- Direttiva Alluvioni 2007/60/CE;
- D. Lgs. n. 152/2006 - T.U. Ambiente;
- R.D. 25/07/1904, n. 523 "Testo unico delle disposizioni di legge intorno alle opere idrauliche delle diverse categorie";
- Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. 17 gennaio 2018);
- "Manuale di Progettazione delle Opere Civili" della Rete Ferroviaria Italiana (RFI) aggiornato al 2020;
- PAI - 1. Relazione Generale;
- PAI - 7. Norme di Attuazione - Direttiva sulla piena di progetto da assumere per le progettazioni e le verifiche di compatibilità idraulica - Allegato 3 Distribuzione spaziale delle precipitazioni intense. Parametri delle linee segnalatrici di probabilità pluviometrica per tempi di ritorno di 20, 100, 200 e 500 anni;
- PdG Po – Piano di Gestione del fiume Po approvato il 3/03/2016 (DPCM 27 ottobre 2016);
- Piano di Gestione del Rischio Alluvioni del Distretto del Distretto Idrografico Padano (P.G.R.A. 03/03/2016);
- Norme tecniche di attuazione del Programma di Tutela e Uso delle Acque (PTUA) della Regione Lombardia del 2016;
- L.R. 15 marzo 2016, n. 4 "Revisione della normativa regionale in materia di difesa del suolo, di prevenzione e mitigazione del rischio idrogeologico e di gestione dei corsi d'acqua";
- Regolamento regionale 24 marzo 2006, n. 2 - Disciplina dell'uso delle acque superficiali e sotterranee, dell'utilizzo delle acque a uso domestico, del risparmio idrico e del riutilizzo dell'acqua in attuazione dell'articolo 52, comma 1, lettera c) della legge regionale 12 dicembre 2003, n. 26;

- Regolamento regionale 24 marzo 2006, n. 4 “Disciplina dello smaltimento delle acque di prima pioggia e di lavaggio delle aree esterne, in attuazione dell'articolo 52, comma 1, lettera a) della legge regionale 12 dicembre 2003, n. 26;
- D. Lgs 27 gennaio 1992, n. 132. Protezione delle acque sotterranee;
- DGR 6738 del 19 giugno 2017 “Disposizioni regionali concernenti l’attuazione del piano di gestione rischi alluvioni (PGRA) nel settore urbanistico e di pianificazione dell’emergenza, ai sensi dell’art. 58 delle norme di attuazione del piano stralcio per l’assetto idrogeologico (PAI) del bacino del Fiume Po così come integrate dalla variante adottata in data 7/12/2016 con deliberazione n. 5 dal comitato istituzionale dell’autorità di bacino del Fiume Po”;
- Regolamento Regionale 19 aprile 2019, n. 8 “Disposizioni sull’applicazione dei principi di invarianza idraulica ed idrologica. Modifiche al regolamento regionale 23 novembre 2017, n. 7 (Regolamento recante criteri e metodi per il rispetto del principio dell’invarianza idraulica ed idrologica ai sensi dell’articolo 58 bis della legge regionale 11 marzo 2005, n. 12 “Legge per il governo del territorio”).