

COMMITTENTE:



DIREZIONE LAVORI:



APPALTATORE:



PROGETTAZIONE:

MANDATARIA:



MANDANTI:



IL DIRETTORE DELLA PROGETTAZIONE:

Ing. Paolo Cucino

Responsabile integrazione fra le varie prestazioni specialistiche

Dot. Ing. Paolo Cucino
ISCRIZIONE ALBO N° 2216

PROGETTO ESECUTIVO

PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"

RELAZIONE

11 - OPERE CIVILI

A-PONTE SUL FIUME ISARCO

Elaborati Generali

Relazione tecnico illustrativa

APPALTATORE		SCALA:
IL DIRETTORE TECNICO 		-

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC.	OPERA/DISCIPLINA	PROGR.	REV.
I B O U	1 B	E	Z Z	R G	V I O O O O	0 0 1	C

Rev	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione	T.Donolato	14/01/2022	F.Favaro	18/01/2022	D.Buttafoco (Dolomiti)	19/01/2022	IL PROGETTISTA M. Organte Ing. MARIO ORGANTE 15/12/2022
B	Emissione a seguito di indicazioni Committenza	T.Donolato	18/07/2022	F.Favaro	19/07/2022	D.Buttafoco (Dolomiti)	20/07/2022	
C	Emissione per aggiornamento progressive	T.Donolato	18/11/2022	F.Favaro	25/11/2022	D.Buttafoco (Dolomiti)	5/12/2022	

File: IB0U1BEZZRGVI0000001B.docx

n. Elab.: -

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:		PROGETTO ESECUTIVO				
Mandatario:	Mandanti:					
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria					
11 - OPERE CIVILI Relazione tecnico illustrativa	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA RG	DOCUMENTO VI0000001	REV. C	FOGLIO. 2 di 25

SOMMARIO

1. PREMESSA.....	3
1.1 DESCRIZIONE SINTETICA DEL PONTE SULL'ISARCO.....	4
1.2 INQUADRAMENTO GEOTECNICO DELL'OPERA.....	11
2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO	15
3. MATERIALI	16
3.1 STRUTTURE IN ACCIAIO.....	16
3.1.1 Acciaio per carpenteria metallica.....	16
3.2 CALCESTRUZZO PER RIEMPIMENTO POZZI	17
Caratteristiche meccaniche	17
Valori di progetto	17
3.3 CALCESTRUZZO PER ANELLI SOTTOMURAZIONE POZZI.....	17
Caratteristiche meccaniche	17
Valori di progetto	18
3.4 CALCESTRUZZO PER FONDAZIONE PILE, SPALLE E SOLETTONI.....	18
Caratteristiche meccaniche	18
Valori di progetto	18
3.5 CALCESTRUZZO PER ELEVAZIONE PILE, PULVINI, SPALLE, BAGGIOLI E RITEGNI.....	19
Caratteristiche meccaniche	19
Valori di progetto	19
3.6 REQUISITI DI LIMITAZIONE DELLA FESSURAZIONE.....	19
3.7 PRESCRIZIONI DI DURABILITÀ.....	20
3.8 ACCIAIO PER CALCESTRUZZO ARMATO.....	21
3.9 VERNICIATURA	22
4. VITA NOMINALE, CLASSE D'USO E PERIODO DI RIFERIMENTO, CLASSE DI ESECUZIONE	23
4.1 VITA NOMINALE E CLASSE D'USO.	23
4.2 PERIODO DI RIFERIMENTO PER L'AZIONE SISMICA.....	23
4.3 CLASSE DI ESECUZIONE	24

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
11 - OPERE CIVILI Relazione tecnico illustrativa	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA RG	DOCUMENTO VI0000001	REV. C	FOGLIO. 3 di 25

1. PREMESSA

Il ponte sul fiume Isarco rientra nell'ambito dei lavori di "quadruplicamento ferroviario della linea Fortezza-Verona – Lotto 1 Fortezza – Gardena"; è costituito da una coppia di viadotti (uno per il binario pari e uno per il binario dispari) che collegano le gallerie Scaleres (imbocco sud) e Fortezza (imbocco nord) superando non solo del fiume Isarco, ma anche alcune vie di comunicazione importanti: la linea ferroviaria storica, l'autostrada A22, la S.S. 12 e la S.P. per Funes.

I viadotti sono previsti fra le progressive:

- Pk km 15+718.67 (BP – Asse appoggi spalla lato Scaleres) e pk km 15+939.57 (BP – Asse appoggi spalla lato Ponte Gardena)
- Pk km 15+707.57 (BD – Asse appoggi spalla lato Scaleres) e pk km 15+958.32 (BD – Asse appoggi spalla lato Ponte Gardena)

Il progetto esecutivo ricalca fedelmente il progetto definitivo, di cui mantiene forma, luci, dimensioni generali, tipologia di sottostrutture, conservandone quindi la visione complessiva.

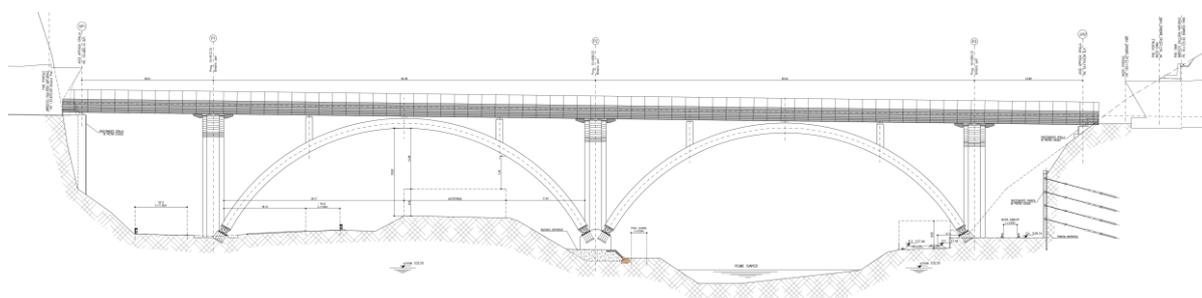


Figura 1-1 - Prospetto Binario Pari

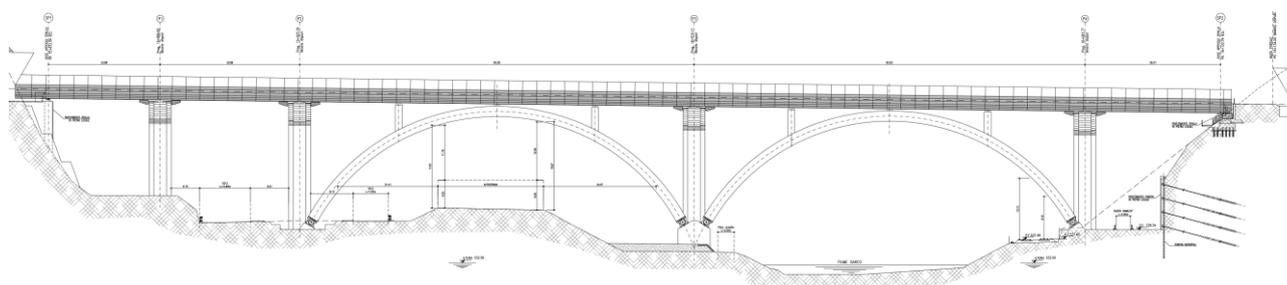


Figura 1-2 - Prospetto Binario Dispari

Anticipando quanto descritto nello specifico nei paragrafi successivi, le modifiche apportate nel progetto esecutivo si limitano a quanto indicato nelle prescrizioni generali dell'opera e nella fase di gara per un miglioramento della durabilità della struttura:

APPALTATORE:						
PROGETTAZIONE:	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
Mandatario:	Mandanti:					
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria					
11 - OPERE CIVILI	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione tecnico illustrativa	IBOU	1BEZZ	RG	VI000001	C	4 di 25

- Le caratteristiche dell'acciaio in termini di resilienza (per fronteggiare il pericolo di rotture fragili alle basse temperature) e di duttilità attraverso lo spessore (per fronteggiare il pericolo di strappi lamellari per lamiere sollecitate fuori del piano di laminazione);
- La classe di esecuzione delle strutture metalliche in EXC4, la più "esigente" fra le classi previste;
- La classe di esposizione dei calcestruzzi fuori terra in XC4+XF1 (attacchi dovuti alla corrosione + attacchi dovuti a cicli di gelo e disgelo);
- I provvedimenti per la sostituibilità degli appoggi;
- Il trattamento protettivo (verniciatura) pari al più elevato livello di "classe di corrosività".

Per quanto concerne le fondazioni, mantenendo il sistema fondazionale a pozzo, si è mutuato il sistema di realizzazione per fasi per quanto riguarda le opere in terreni alluvionali. Anziché realizzare la corona di micropali ogni 40cm per una lunghezza rilevante, affidando poi a 2 corone di colonne jet-grouting da 50cm di diametro reso per la tenuta idraulica in falda, si sono realizzate 2 corone di colonne jet-grouting da 150cm di diametro reso, fortemente compenstrate. In asse colonne si sono realizzati i micropali a cui è affidato il sostegno dello scavo del pozzo abbinato agli anelli in sottomurazione che si eseguono man mano che si scende con lo scavo. Questo sistema permette di non realizzare il sistema di puntellazione, aumentando la velocità di realizzazione del pozzo e la sicurezza nello stesso non avendo il rischio di urtare la stessa puntellazione.

1.1 DESCRIZIONE SINTETICA DEL PONTE SULL'ISARCO.

Il ponte, a vie separate per ciascun binario distanti fra loro circa 40m, consente di superare sia l'Isarco che alcune vie di comunicazione importanti: la linea ferroviaria storica, l'autostrada A22, la S.S. 12 e la S.P. per Funes. I due impalcati hanno lunghezza pari a 220,90m (binario pari) e 250,75m (binario dispari), e collegano le gallerie Gardena e Scaleres.

Le due campate principali del ponte, una a scavalco dell'Autostrada e l'altra a scavalco del fiume Isarco e della linea ferroviaria "storica", hanno struttura in acciaio ad arco gemello affiancato, a via superiore. Le campate di riva sono a travata semplicemente appoggiata ed hanno luce variabile da 23m a 28m. Gli archi, che hanno luce di circa 84m e sono incernierati al piede e gemellati tramite traversi di collegamento, sono realizzati in struttura metallica a cassone e sostengono alle reni ed in chiave un classico impalcato metallico a due travi portanti principali, a via inferiore, a doppio T simmetrico parete piena alto 2,80m; l'impalcato sostenuto dagli archi ha quindi schema statico di trave continua su 5 appoggi.

La struttura metallica è costituita da:

- due travi di impalcato a doppio T di altezza complessiva pari a 2,8 m;
- due longherine (profili laminati HEB600) posizionate in asse alle rotaie del binario;
- traversi di impalcato in composizione saldata a doppio T simmetrici, con gousset alle due estremità per creare un collegamento rigido con le travi principali;

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
11 - OPERE CIVILI Relazione tecnico illustrativa	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA RG	DOCUMENTO VI0000001	REV. C	FOGLIO. 5 di 25

- due archi con sezione scatolare (1,7x2,2 m) irrigiditi internamente e collegati tra loro da traversi a sezione scatolare anch'essi irrigiditi tramite rib ;
- pilastri a sezione scatolare di collegamento tra impalcato ed arco;
- controventi inferiori con sezione a T saldata posizionati nel piano inferiore dell'impalcato e collegati alle piattabanda inferiore delle travi principali e dei traversi tramite coprigiunti bullonati;
- una vasca in c.a. contenente l'armamento vincolata al graticcio in carpenteria metallica tramite pioli Nelson saldati sulle longherine e sui traversi.

Gli archi sono vincolati alla fondazione delle pile in c.a. tramite cerniere in carpenteria metallica e sono ispezionabili tramite passi d'uomo e scale interne previsti da progetto.

L'impalcato appoggia sulle due pile in c.a, sui quattro pilastri dell'arco e sulla parte centrale dell'arco tramite dispositivi di appoggio a calotta sferica.

Gli archi sono scanditi da pile in c.a. di altezza circa 30m; le pile hanno fondazioni del tipo a pozzo.

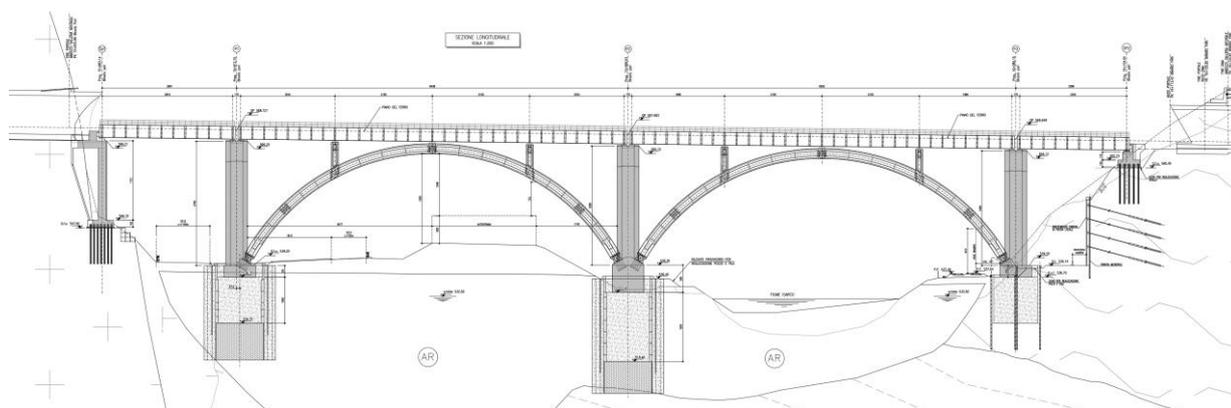


Figura 1-3: Profilo longitudinale del ponte sul binario pari

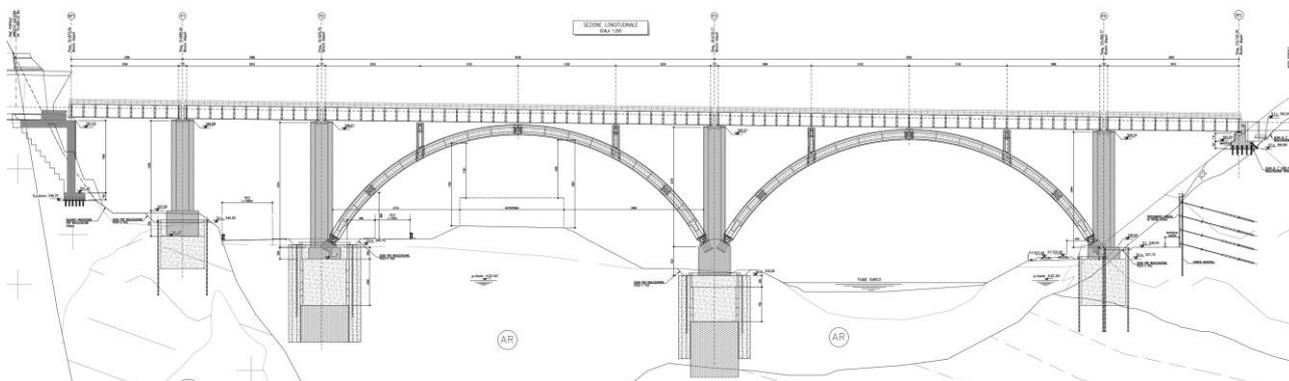


Figura 1-4: Profilo longitudinale del ponte sul binario dispari

APPALTATORE:						
PROGETTAZIONE:	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
Mandatario:	Mandanti:		PROGETTO ESECUTIVO			
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA	GDP GEOMIN	SIFEL SIST			
	M Ingegneria					
11 - OPERE CIVILI	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione tecnico illustrativa	IBOU	1BEZZ	RG	VI000001	C	6 di 25

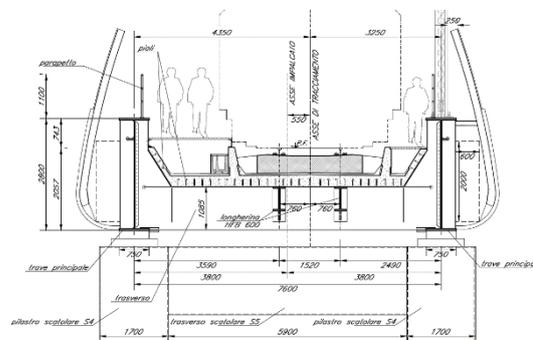


Figura 1-5: rendering (a sinistra) e sezione trasversale dell'impalcato (a destra)

Il viadotto sul BP è stato previsto con 4 campate appoggiate (due campate d'approccio e due centrali). Lungo lo sviluppo del viadotto a partire dalla spalla lato Scalares si individuano:

- L'impalcato d'approccio lato Scalares in appoggio alla spalla Scalares, alla pila P1BP e di lunghezza pari a 29.01m.
- L'impalcato principale lato Scalares di lunghezza pari a 84.38m circa che poggia in schema di trave continua su Pila P1BP e P2BP, oltre che su appoggi intermedi costituiti dalla chiave dell'arco e da due appoggi direttamente collegati all'arco.
- L'impalcato principale lato Ponte Gardena di lunghezza pari a 83.62m circa che poggia in schema di trave continua su Pila P2BP e P3BP, oltre che su appoggi intermedi costituiti dalla chiave dell'arco e da due appoggi direttamente collegati all'arco.
- L'impalcato d'approccio lato Ponte Gardena in appoggio alla pila P3BP e alla spalla lato Ponte Gardena di lunghezza pari a 23.89m.

Il viadotto sul BD è stato previsto con 5 campate appoggiate (due campate d'approccio e tre centrali di cui 2 sopra gli archi). Lungo lo sviluppo del viadotto a partire dalla spalla lato Scalares si individuano:

- L'impalcato d'approccio lato Scalares in appoggio alla spalla Scalares, alla pila P1BD e di lunghezza pari a 23.89m.
- L'impalcato principale lato Scalares in appoggio alla pila P1BD e all pila P2BD, di lunghezza pari a 29.86m.
- L'impalcato principale su arco lato Scalares di lunghezza pari a 84.38m circa che poggia in schema di trave continua su Pila P2BD e P3BD, oltre che su appoggi intermedi costituiti dalla chiave dell'arco e da due appoggi direttamente collegati all'arco.
- L'impalcato principale su arco lato Ponte Gardena di lunghezza pari a 83.62m circa che poggia in schema di trave continua su Pila P3BD e P4BD, oltre che su appoggi intermedi costituiti dalla chiave dell'arco e da due appoggi direttamente collegati all'arco.
- L'impalcato d'approccio lato Ponte Gardena in appoggio alla pila P4BD e alla spalla lato Ponte Gardena di lunghezza pari a 29.01m.

APPALTATORE:						
PROGETTAZIONE:	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
Mandatario:	Mandanti:					PROGETTO ESECUTIVO
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA	GDP GEOMIN	SIFEL SIST	M Ingegneria		
11 - OPERE CIVILI	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione tecnico illustrativa	IBOU	1BEZZ	RG	VI0000001	C	7 di 25

Le pile del viadotto hanno una sezione di base a doppio T, con dimensione globale pari a 4.70m x 5.40m, che aumenta solo in direzione trasversale in corrispondenza della sommità in modo da formare il pulvino senza soluzione di continuità col fusto. Il pulvino, che occupa 4.46m dell'altezza della pila, ha dimensione in pianta di 4.7x10.2m ed ospita gli appoggi, lo spazio per i martinetti di sollevamento e i ritegni trasversali.

La pila si innesta nella parte inferiore nel plinto di fondazione, fungente anche da base di arrivo degli archi metallici per le campate ad essi adiacenti. I plinti hanno una forma rettangolare in pianta pari a 6.85x10.2m e dall'estradosso trapezio per ospitare le cerniere degli archi.

Il plinto viene sostenuto da un pozzo di fondazione ellittico di raggi 6.83m e 4.83m, rispettivamente maggiore e minore. I pozzi di fondazione, diversi per profondità a seconda delle pile, poggiano su un terreno consolidato mediante colonne di Jet-grouting, che funge anche da tappo contro il sollevamento del fondo scavo durante le fasi di realizzazione dello stesso. Il dimensionamento delle fondazioni profonde non sono oggetto del presente documento.

Il plinto, il fusto e il pulvino sono realizzate in c.a. gettato in opera.

Le spalle lato Scaleres sono previste addossate alle pareti di imbocco delle gallerie con un'altezza di circa 12-15m e larghezza pari a circa 10m in quanto la roccia in quel punto risulta affiorante e a spiovente. L'impatto con l'ambiente circostante verrà mitigato mediante un rivestimento di pietra locale come indicato nel progetto definitivo. Le fondazioni sono composte da micropali di diametro \varnothing 250mm e lunghezza 10m e in sommità è previsto l'ancoraggio all'arco rovescio della galleria. Le dimensioni della spalla del binario dispari risulta aumentata nel progetto esecutivo rispetto al progetto definitivo in quanto da rilievi più accurati si è notato che l'opera ricade esattamente in un incavo nella roccia sporgente. Le spalle lato Gardena hanno una dimensione in pianta di 980x480cm e hanno un'altezza di 320cm escluso il paraghiaia. Il plinto ha un'altezza di 150cm e viene supportato da micropali innestati nella roccia. Risultano di dimensioni più limitate rispetto al lato Scaleres in quanto la conformazione del terreno permette la realizzazione di un piano di posa adeguato all'arrivo dell'impalcato. Le forze orizzontali vengono riprese da micropali inclinati a tergo (inseriti nel progetto esecutivo), in modo da non gravare sui micropali verticali e conseguentemente sulla paratia antistante realizzata per la viabilità inferiore. Sulle spalle trovano sede gli spazi per i ritegni sismici.

Si riportano di seguito alcune immagini delle sottostrutture.

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
11 - OPERE CIVILI Relazione tecnico illustrativa	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA RG	DOCUMENTO VI000001	REV. C	FOGLIO. 8 di 25

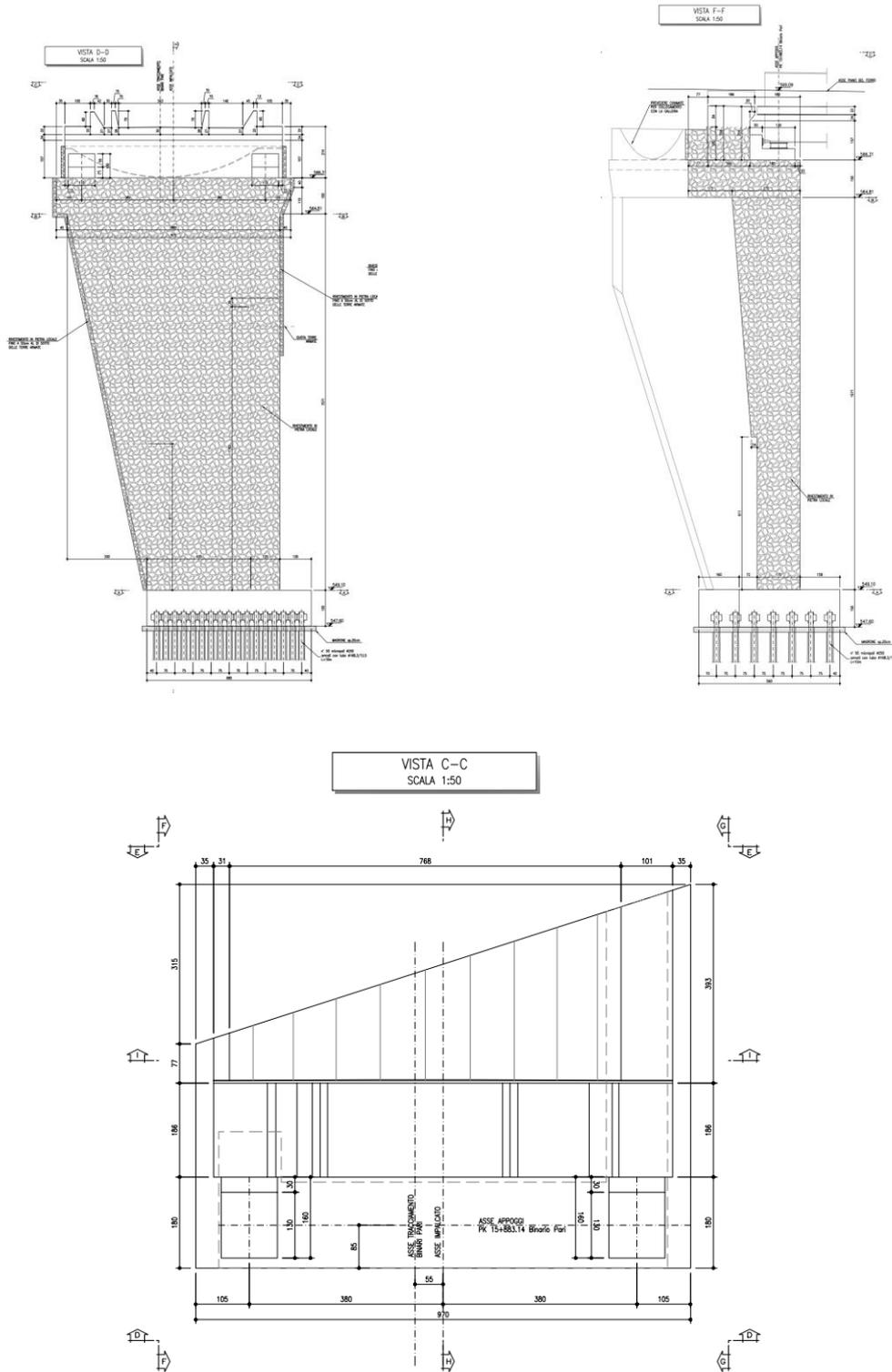


Figura 1-6 - Spalla lato Scalares BP - Prospetto frontale, laterale e pianta

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA - PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
11 - OPERE CIVILI Relazione tecnico illustrativa	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA RG	DOCUMENTO VI000001	REV. C	FOGLIO. 9 di 25

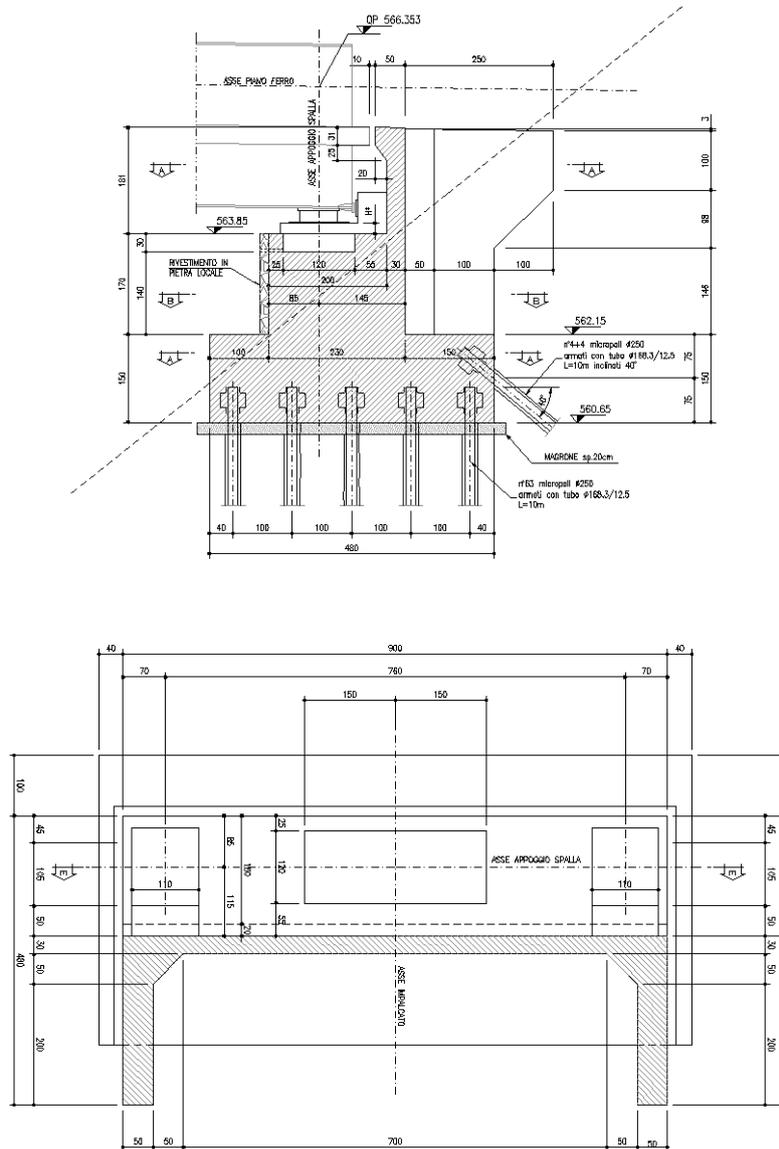


Figura 1-7 - Spalla lato gardena Binario Pari - Sezione trasversale e pianta

APPALTATORE:						
PROGETTAZIONE:	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
Mandatario:	Mandanti:					
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA	GDP GEOMIN	SIFEL SIST	M Ingegneria		
11 - OPERE CIVILI	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione tecnico illustrativa	IBOU	1BEZZ	RG	VI000001	C	10 di 25

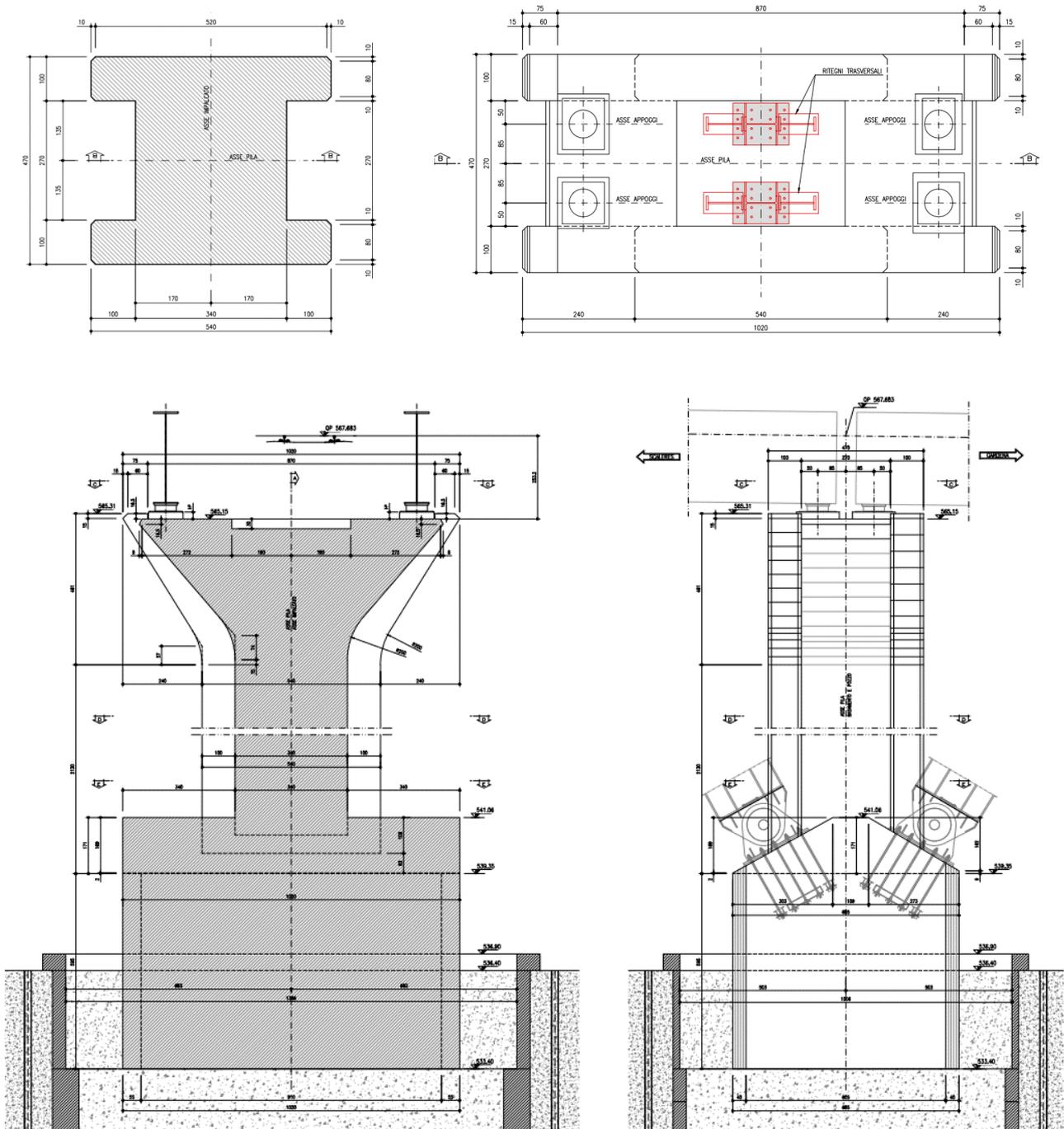


Figura 1-8 - Pila tipica - Sezione fuso, pianta pulvino, sezione trasversale e prospetto laterale

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:		PROGETTO ESECUTIVO				
Mandatario:	Mandanti:					
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria					
11 - OPERE CIVILI	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione tecnico illustrativa	IBOU	1BEZZ	RG	VI0000001	C	11 di 25

1.2 INQUADRAMENTO GEOTECNICO DELL'OPERA

Il modello geotecnico dell'area interessata viene ripreso secondo quanto indicato in nel documento IB0U1BEZZGEGE0006003A "Relazione geotecnica di caratterizzazione" relativa ai tratti all'aperto.

Per l'opera in oggetto, le indagini a disposizione sono le seguenti:

- Sondaggi a carotaggio continuo C6-C7-C8-C9-C22 eseguiti da Promogeo e da Sondedile srl, nel 2012
- Sondaggi a carotaggio continuo E013-E014 eseguiti da LandService nel 2017

Nella tabella seguente si riportano le caratteristiche di tali indagini.

Sondaggio	Ditta esecutrice	Anno di esecuzione	Lunghezza (m)	Quota testa foro (m l.m.m.)
C6	PROMOGEO	2012	100	+636.00
C7	SONDEDILE	2012	71.50	+540.50
C8	SONDEDILE	2012	60.50	+540.80
C9	PROMOGEO	2012	150	+718.00
C22	SONDEDILE	2012	50	+533.70
E013	LANDSERVICE	2017	50	+547.00
E014	LANDSERVICE	2017	40	+534.00

Le unità geotecniche presenti nel tratto in esame sono evidenziato nei profili geologico-geotecnici forniti in aggiornamento a quanto predisposto in sede di Progetto Definitivo, di seguito riportati per completezza.

APPALTATORE:			PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"			
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A. Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria		PROGETTO ESECUTIVO			
11 - OPERE CIVILI Relazione tecnico illustrativa	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA RG	DOCUMENTO VI0000001	REV. C	FOGLIO. 12 di 25

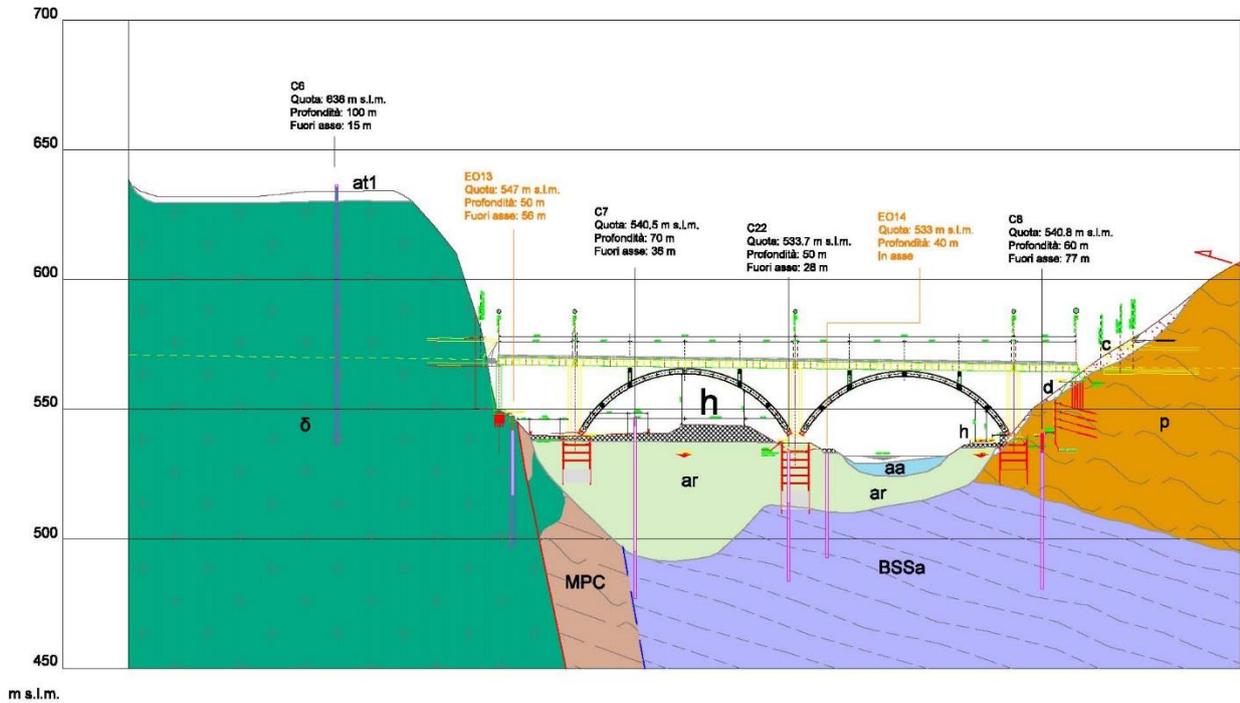


Figura 9: profilo geologico – geotecnico impalcato binario pari

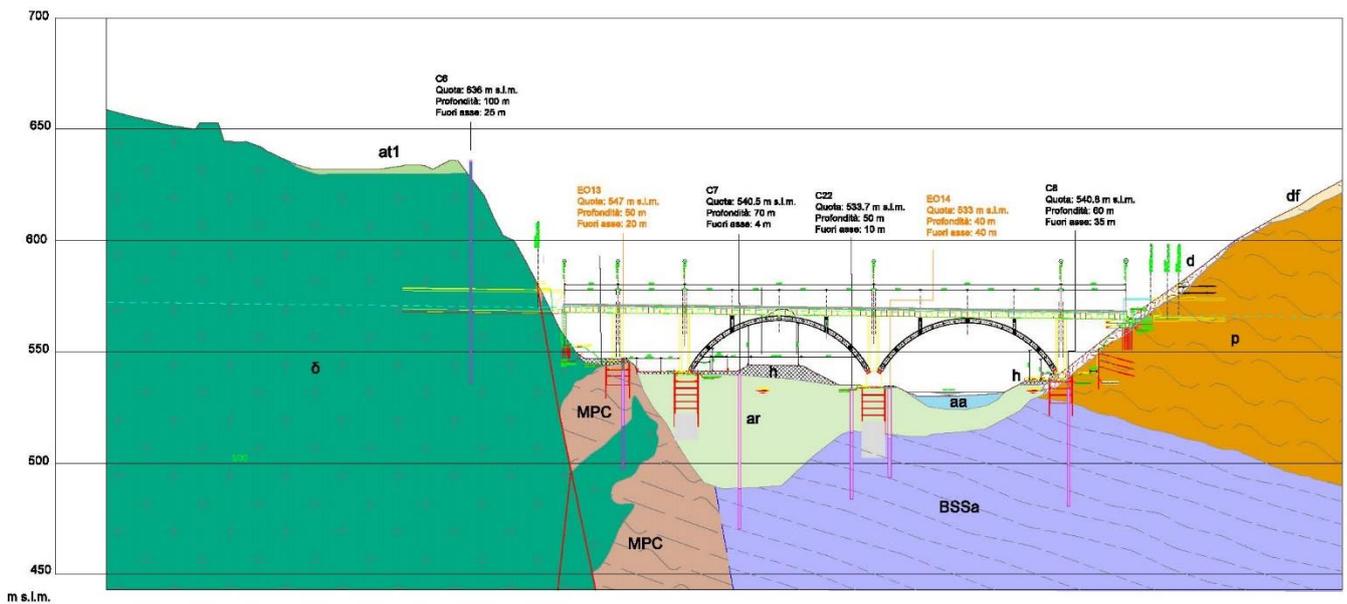


Figura 10: profilo geologico – geotecnico impalcato binario dispari

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
11 - OPERE CIVILI Relazione tecnico illustrativa	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA RG	DOCUMENTO VI0000001	REV. C	FOGLIO. 13 di 25

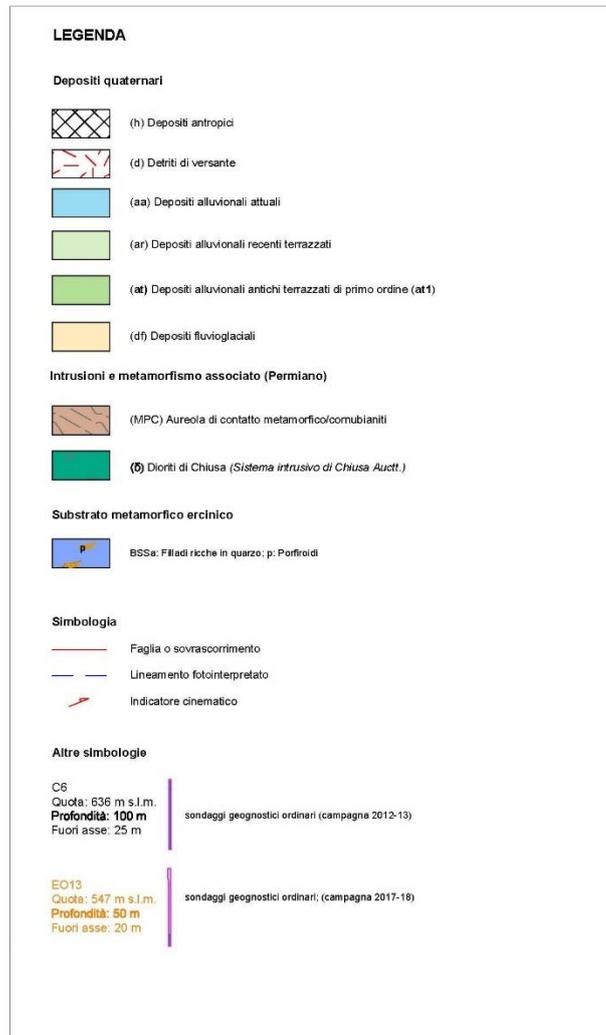


Figura 11: legenda profilo geologico – geotecnico

Di seguito vengono riassunti i valori caratteristici dei parametri geotecnici e geomeccanici di resistenza e di deformabilità delle formazioni che interessano l'area in oggetto.

- **Depositi alluvionali di materiale grossolano (ar)**

Peso di volume $\gamma = 19.5-20.5 \text{ kN/m}^3$

Densità relativa $D_r = 70\div 100\%$

Angolo di resistenza al taglio $\phi' = 35^\circ\div 37^\circ$

Coesione efficace $c' = 0 \text{ kPa}$

Modulo di deformabilità di taglio iniziale $G_0 = 150\div 800 \text{ MPa}$ (crescente con la profondità)

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:		PROGETTO ESECUTIVO				
Mandatario:	Mandanti:					
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria					
11 - OPERE CIVILI	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione tecnico illustrativa	IBOU	1BEZZ	RG	VI0000001	C	14 di 25

Modulo di deformabilità di Young "operativo" $E_{op} = 40\div 250$ MPa (crescente con la profondità)

- **Ammasso roccioso Filladi di Bressanone (BSSa) - porfiriti (p) – aureola di contatto metamorfico – cornubianiti (MPC)**

Peso di volume $\gamma = 26-27$ kN/m³

Angolo di resistenza al taglio $\phi' = 35^\circ\div 45^\circ$

Coesione efficace $c' = 85\div 100$ kPa

Modulo di deformabilità di Young "operativo" $E_{op} = 1000\div 2000$ MPa

- **Ammasso roccioso Dioriti Quarzifere (δ)**

Peso di volume $\gamma = 27$ kN/m³

Angolo di resistenza al taglio $\phi' = 50^\circ\div 55^\circ$

Coesione efficace $c' \geq 500$ kPa

Modulo di deformabilità di Young "operativo" $E_{op} = 5000\div 10000$ MPa

Il livello della falda, sempre in conformità con le indicazioni del Progetto Definitivo, è stato assunto alla quota +532.50.

APPALTATORE:						
PROGETTAZIONE:	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
Mandatario:	Mandanti:	PROGETTO ESECUTIVO				
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria					
11 - OPERE CIVILI	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione tecnico illustrativa	IBOU	1BEZZ	RG	VI0000001	C	15 di 25

2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

I calcoli sono svolti in ottemperanza alla seguente Normativa:

- Legge 5 novembre 1971 n. 1086 - Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica;
- Circ. Min. LL.PP.14 Febbraio 1974, n. 11951 – Applicazione della L. 5 novembre 1971, n. 1086”;
- Legge 2 febbraio 1974 n. 64, recante provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche;
- D. M. Min. II. TT. del 14 gennaio 2008 – Norme tecniche per le costruzioni;
- CIRCOLARE 2 febbraio 2009 , n. 617 - Istruzioni per l'applicazione delle «Nuove norme tecniche per le costruzioni» di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008.
- CNR-UNI 10011: “Costruzioni di acciaio – Istruzioni per il calcolo, l’esecuzione, il collaudo e la manutenzione”
- UNI ENV 1998-5 (Eurocodice 8) – Gennaio 2005: “Progettazione delle strutture per la resistenza sismica – Parte 2: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici”;
- EUROCODICE 2- UNI EN 1992-1-1 Novembre 2005
- RFI DTC INC PO SP IFS 001 A Specifica per la progettazione e l’esecuzione dei ponti ferroviari e di altre opere minori sotto binario
- RFI DTC INC CS SP IFS 001 A Specifica per la progettazione geotecnica delle opere civili ferroviarie
- RFI DTC INC PO SP IFS 003 A Specifica per la verifica a fatica dei ponti ferroviari
- RFI DTC INC CS LG IFS 001 A Linee guida per il collaudo statico delle opere in terra
- RFI DTC INC PO SP IFS 002 A Specifica per la progettazione e l’esecuzione di cavalcavia e passerelle pedonali sulla sede ferroviaria
- RFI DTC INC PO SP IFS 004 A Specifica per la progettazione e l’esecuzione di impalcati ferroviari a travi in ferro a doppio T incorporate nel calcestruzzo
- RFI DTC INC PO SP IFS 005 A Specifica per il progetto, la produzione, il controllo della produzione e la posa in opera dei dispositivi di vincolo e dei coprigiunti degli impalcati ferroviari e dei cavalcavia

Ove le normative indicate non siano esaustive sono state utilizzate normative di comprovata validità.

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:		PROGETTO ESECUTIVO				
Mandatario:	Mandanti:					
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria					
11 - OPERE CIVILI	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione tecnico illustrativa	IBOU	1BEZZ	RG	VI0000001	C	16 di 25

3. MATERIALI

Nel seguito si riportano le prescrizioni circa i materiali impiegati nella presente progettazione.

3.1 STRUTTURE IN ACCIAIO

Per l'acciaio dell'impalcato si è utilizzato in sede di progetto esecutivo un grado di resilienza maggiore di quanto indicato nel progetto definitivo per le lamiere con spessore maggiore di 40mm, passando da un J2 ad un K2.

3.1.1 Acciaio per carpenteria metallica

Tipo di acciaio	S 355
Caratteristiche meccaniche	
Modulo elastico:	$E = 210.000 \text{ MPa}$
Coefficiente di dilatazione termica:	$\alpha = 1.2 \times 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$
Resilienza	J2 per $t \leq 40 \text{ mm}$ KV: 27K a $T = -20^\circ\text{C}$ K2 per $t > 40 \text{ mm}$ KV: 40K a $T = -20^\circ\text{C}$
Resistenza allo snervamento (sp. $t \leq 40 \text{ mm}$):	$f_{yk} = 355 \text{ MPa}$
Resistenza allo snervamento (sp. $t > 40 \text{ mm}$):	$f_{yk} = 335 \text{ MPa}$
Resistenza ultima (sp. $t \leq 40 \text{ mm}$):	$f_{tk} = 510 \text{ MPa}$
Resistenza ultima (sp. $t > 40 \text{ mm}$):	$f_{tk} = 470 \text{ MPa}$
Coefficienti parziali di sicurezza	
Resistenza sezioni (cl. 1÷4):	$\gamma_{M0} = 1.05$
Resistenza instabilità membrature (ponti stradali):	$\gamma_{M1} = 1.10$
Resistenza sezioni indebolite dai fori:	$\gamma_{M2} = 1.25$
Resistenze di progetto	
Resistenza di progetto (sp. $t \leq 40 \text{ mm}$):	$f_{yk} = 338 \text{ MPa}$
Resistenza di progetto (sp. $t > 40 \text{ mm}$):	$f_{yk} = 319 \text{ MPa}$
Resistenza di progetto all'instabilità (sp. $t \leq 40 \text{ mm}$):	$f_{tk} = 323 \text{ MPa}$
Resistenza di progetto all'instabilità (sp. $t > 40 \text{ mm}$):	$f_{tk} = 304 \text{ MPa}$

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:		PROGETTO ESECUTIVO				
Mandatario:	Mandanti:					
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria					
11 - OPERE CIVILI	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione tecnico illustrativa	IBOU	1BEZZ	RG	VI0000001	C	17 di 25

3.2 CALCESTRUZZO PER RIEMPIMENTO POZZI

Il calcestruzzo strutturale deve essere prodotto secondo i criteri proposti nella UNI EN 11104:2016 (aggregati EN 12620 ed acqua d'impasto EN 1008).

Caratteristiche meccaniche

Classe di resistenza cubica:	C25/30
Resist. a compr. cilindrica caratteristica:	$f_{ck} = 0.83 \times R_{ck} = 24.9 \text{ MPa}$
Resist. a compr. cilindrica media:	$f_{cm} = f_{ck} + 8 = 32.9 \text{ MPa}$
Resist. a trazione media:	$f_{ctm} = 0.30 \times f_{ck}^{2/3} = 2.56 \text{ MPa}$
Resist. a trazione caratteristica:	$f_{ctk} = 0.70 \times f_{ctm} = 1.79 \text{ MPa}$
Modulo elastico:	$E_{cm} = 22000 \times [f_{cm}/10]^{0.3} = 31447 \text{ MPa}$
Resist. tangenz. caratt. di aderenza ($\phi < 32 \text{ mm}$):	$f_{bk} = 2.25 f_{ctk} = 4.03 \text{ MPa}$
Coefficiente di dilatazione termica	$\alpha = 1.0 \times 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$

Valori di progetto

Coeff. sicurezza materiali:	$\gamma_c = 1.50$
Coeff. riduttivo carichi lunga durata:	$\alpha_{cc} = 0.85$
Resistenza a compressione di progetto:	$f_{cd} = \alpha_{cc} \times f_{ck} / \gamma_c = 14.11 \text{ MPa}$

Limiti di tensione in SLE:

Tensione limite di trazione,	$\sigma_t = f_{ctm} / 1.2$
Tensione limite a compressione in SLE rara	$\sigma_{c,rara} = 0.6 f_{ck}$
Tensione limite a compressione in SLE quasi perm.	$\sigma_{c,qp} = 0.45 f_{ck}$

3.3 CALCESTRUZZO PER ANELLI SOTTOMURAZIONE POZZI

Il calcestruzzo strutturale deve essere prodotto secondo i criteri proposti nella UNI EN 11104:2016 (aggregati EN 12620 ed acqua d'impasto EN 1008).

Caratteristiche meccaniche

Classe di resistenza cubica:	C30/37
Resist. a compr. cilindrica caratteristica:	$f_{ck} = 0.83 \times R_{ck} = 30.71 \text{ MPa}$
Resist. a compr. cilindrica media:	$f_{cm} = f_{ck} + 8 = 38.71 \text{ MPa}$
Resist. a trazione media:	$f_{ctm} = 0.30 \times f_{ck}^{2/3} = 2.94 \text{ MPa}$
Resist. a trazione caratteristica:	$f_{ctk} = 0.70 \times f_{ctm} = 2.06 \text{ MPa}$

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:		PROGETTO ESECUTIVO				
Mandatario:	Mandanti:					
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria					
11 - OPERE CIVILI		COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.
Relazione tecnico illustrativa		IBOU	1BEZZ	RG	VI0000001	C
						FOGLIO.
						18 di 25

Modulo elastico: $E_{cm} = 22000 \times [f_{cm}/10]^{0.3} = 33019 \text{ MPa}$

Resist. tangenz. caratt. di aderenza ($\varnothing < 32 \text{ mm}$): $f_{bk} = 2.25 f_{ctk} = 4.635 \text{ MPa}$

Coefficiente di dilatazione termica $\alpha = 1.0 \times 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$

Valori di progetto

Coeff. sicurezza materiali: $\gamma_c = 1.50$

Coeff. riduttivo carichi lunga durata: $\alpha_{cc} = 0.85$

Resistenza a compressione di progetto: $f_{cd} = \alpha_{cc} \times f_{ck} / \gamma_c = 17.40 \text{ MPa}$

Limiti di tensione in SLE:

Tensione limite di trazione, $\sigma_t = f_{ctm} / 1.2$

Tensione limite a compressione in SLE rara $\sigma_{c,rara} = 0.6 f_{ck}$

Tensione limite a compressione in SLE quasi perm. $\sigma_{c,qp} = 0.45 f_{ck}$

3.4 CALCESTRUZZO PER FONDAZIONE PILE, SPALLE E SOLETTONI

Il calcestruzzo strutturale deve essere prodotto secondo i criteri proposti nella UNI EN 11104:2016 (aggregati EN 12620 ed acqua d'impasto EN 1008).

Caratteristiche meccaniche

Classe di resistenza cubica: C28/35

Resist. a compr. cilindrica caratteristica: $f_{ck} = 0.83 \times R_{ck} = 29.1 \text{ MPa}$

Resist. a compr. cilindrica media: $f_{cm} = f_{ck} + 8 = 37.1 \text{ MPa}$

Resist. a trazione media: $f_{ctm} = 0.30 \times f_{ck}^{2/3} = 2.84 \text{ MPa}$

Resist. a trazione caratteristica: $f_{ctk} = 0.70 \times f_{ctm} = 1.99 \text{ MPa}$

Modulo elastico: $E_{cm} = 22000 \times [f_{cm}/10]^{0.3} = 32601 \text{ MPa}$

Resist. tangenz. caratt. di aderenza ($\varnothing < 32 \text{ mm}$): $f_{bk} = 2.25 f_{ctk} = 4.48 \text{ MPa}$

Coefficiente di dilatazione termica $\alpha = 1.0 \times 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$

Valori di progetto

Coeff. sicurezza materiali: $\gamma_c = 1.50$

Coeff. riduttivo carichi lunga durata: $\alpha_{cc} = 0.85$

Resistenza a compressione di progetto: $f_{cd} = \alpha_{cc} \times f_{ck} / \gamma_c = 16.49 \text{ MPa}$

Limiti di tensione in SLE:

Tensione limite di trazione, $\sigma_t = f_{ctm} / 1.2$

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:		PROGETTO ESECUTIVO				
Mandatario:	Mandanti:					
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria					
11 - OPERE CIVILI	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione tecnico illustrativa	IBOU	1BEZZ	RG	VI0000001	C	19 di 25

Tensione limite a compressione in SLE rara $\sigma_{c,rara} = 0.6 f_{ck}$

Tensione limite a compressione in SLE quasi perm. $\sigma_{c,qp} = 0.45 f_{ck}$

3.5 CALCESTRUZZO PER ELEVAZIONE PILE, PULVINI, SPALLE, BAGGIOLI E RITEGNI

Il calcestruzzo strutturale deve essere prodotto secondo i criteri proposti nella UNI EN 11104:2016 (aggregati EN 12620 ed acqua d'impasto EN 1008).

Caratteristiche meccaniche

Classe di resistenza cubica:	C32/40
Resist. a compr. cilindrica caratteristica:	$f_{ck} = 0.83 \times R_{ck} = 33.2 \text{ MPa}$
Resist. a compr. cilindrica media:	$f_{cm} = f_{ck} + 8 = 41.2 \text{ MPa}$
Resist. a trazione media:	$f_{ctm} = 0.30 \times f_{ck}^{2/3} = 3.1 \text{ MPa}$
Resist. a trazione caratteristica:	$f_{ctk} = 0.70 \times f_{ctm} = 2.17 \text{ MPa}$
Modulo elastico:	$E_{cm} = 22000 \times [f_{cm}/10]^{0.3} = 33643 \text{ MPa}$
Resist. tangenz. caratt. di aderenza ($\phi < 32 \text{ mm}$):	$f_{bk} = 2.25 f_{ctk} = 4.88 \text{ MPa}$
Coefficiente di dilatazione termica	$\alpha = 1.0 \times 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$

Valori di progetto

Coeff. sicurezza materiali:	$\gamma_c = 1.50$
Coeff. riduttivo carichi lunga durata:	$\alpha_{cc} = 0.85$
Resistenza a compressione di progetto:	$f_{cd} = \alpha_{cc} \times f_{ck} / \gamma_c = 18.81 \text{ MPa}$

Limiti di tensione in SLE:

Tensione limite di trazione,	$\sigma_t = f_{ctm} / 1.2$
Tensione limite a compressione in SLE rara	$\sigma_{c,rara} = 0.6 f_{ck}$
Tensione limite a compressione in SLE quasi perm.	$\sigma_{c,qp} = 0.45 f_{ck}$

3.6 REQUISITI DI LIMITAZIONE DELLA FESSURAZIONE

Condizioni ambientali ([2] §4.1.2.2.4.3): Ordinarie, cordoli opere provvisoriale e riempimento pozzi, fondazioni pile, spalle e solettoni (XC2)

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE:		PROGETTO ESECUTIVO					
Mandatario:	Mandanti:						
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria						
11 - OPERE CIVILI		COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione tecnico illustrativa		IBOU	1BEZZ	RG	VI000001	C	20 di 25

Aggressive per elevazione pile (compresi pulvini, baggioli e ritegni), spalle e strutture scatolari (XC4+XF1). Quest'ultima condizione è stata aggiunta rispetto al progetto esecutivo in modo da garantire la durabilità della struttura anche a fronte degli attacchi gelo/disgelo.

CONDIZIONI AMBIENTALI	CLASSE DI ESPOSIZIONE
Ordinarie	XC0, XC1, XC2, XC3, XF1
Aggressive	XC4, XD1, XS1, XA1, XA2, XF2, XF3
Molto aggressive	XD2, XD3, XS2, XS3, XA3, XF4

Tabella 1 NTC 2008: Tab.4.IV - Descrizione delle condizioni ambientali

Gruppo di armature ([2] §4.1.2.2.4.5): poco sensibile.

Scelta dello stato limite di fessurazione ([2] §4.1.2.2.4.5):

Gruppi di esigenze	Condizioni ambientali	Combinazione di azioni	Armatura			
			Sensibile		Poco sensibile	
			Stato limite	w_d	Stato limite	w_d
a	Ordinarie	frequente	ap. fessure	$\leq w_2$	ap. fessure	$\leq w_3$
		quasi permanente	ap. fessure	$\leq w_1$	ap. fessure	$\leq w_2$
b	Aggressive	frequente	ap. fessure	$\leq w_1$	ap. fessure	$\leq w_2$
		quasi permanente	decompressione	-	ap. fessure	$\leq w_1$
c	Molto aggressive	frequente	formazione fessure	-	ap. fessure	$\leq w_1$
		quasi permanente	decompressione	-	ap. fessure	$\leq w_1$

Tabella 2 NTC 2008: Tab.4.IV – Criteri di scelta dello stato limite di fessurazione

Dove:

$w_1 = 0,2$ mm

$w_2 = 0,3$ mm

$w_3 = 0,4$ mm

3.7 PRESCRIZIONI DI DURABILITÀ

Cordoli opere provvisionali e riempimento pozzi

Classe di esposizione	XC2
Tipo di cemento	CEM III÷V
Classe di lavorabilità:	S4
Cemento	32.5
Quantità cemento	300 kg/m ³

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE:		PROGETTO ESECUTIVO					
Mandatario:	Mandanti:						
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria						
11 - OPERE CIVILI		COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione tecnico illustrativa		IBOU	1BEZZ	RG	VI0000001	C	21 di 25

Massimo rapporto a/c: ≤ 0.6
Diametro massimo inerte: 32 mm
Copriferro: 40 mm

Fondazione pile, anelli sottomurazione, spalle e solettoni

Classe di esposizione XC2
Tipo di cemento CEM III÷V
Classe di lavorabilità: S4
Massimo rapporto a/c: ≤ 0.6
Diametro massimo inerte: 25 mm
Copriferro: 40 mm

Elevazione pile (compresi pulvini, baggioli e ritegni), spalle e strutture scatolari

Classe di esposizione XC4+XF1
Tipo di cemento CEM III÷V
Classe di lavorabilità: S4
Massimo rapporto a/c: ≤ 0.5
Diametro massimo inerte: 25 mm
Copriferro: 40 mm

3.8 ACCIAIO PER CALCESTRUZZO ARMATO

Tipologia di acciaio B450C
Modulo elastico $E = 206.000 \text{ N/mm}^2$
Tensione caratteristica di rottura $f_{tk} = 540 \text{ N/mm}^2$
Tensione caratteristica di snervamento $f_{yk} = 450 \text{ N/mm}^2$
Coeff. sicurezza materiali: $\gamma_s = 1.15$
Resistenza di progetto: $f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s = 391.3 \text{ MPa}$

APPALTATORE: 	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SWS Engineering S.p.A. Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO					
11 - OPERE CIVILI Relazione tecnico illustrativa	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA RG	DOCUMENTO VI0000001	REV. C	FOGLIO. 22 di 25

3.9 VERNICIATURA

La verniciatura viene effettuata prescrivendo il massimo livello di corrosività e la massima classe di durabilità. Questo risulta superiore al necessario, in quanto "I cicli di verniciatura su substrato in acciaio dovranno avere una durabilità, intesa come durata dell'efficacia di una verniciatura protettiva fino al primo intervento importante di manutenzione, "alta" (durata superiore a 15 anni) ai sensi di quanto indicato nella norma UNI EN ISO 12944-1".

Descrizione dell'ambiente	Classe di corrosività	Spessore nominale del film secco
Ambienti con basso livello di inquinamento (ad esempio, le aree rurali). Ambienti urbani e industriali, con modesto inquinamento da anidride solforosa. Zone costiere con bassa salinità.	C3	200 µm (160 µm con primer zincante)
Aree industriali e zone costiere con moderata salinità.	C4	280 µm (240 µm con primer zincante)
Aree industriali con alta umidità e atmosfera aggressiva (distanza da aree industriali inferiore a 500 m)	C5-I	320 µm
Zone costiere con alta salinità (distanza dalla costa inferiore a 500 m)	C5-M	320 µm

Il livello (C5-I) della "classe di corrosività" prevede secondo il Capitolato RFI uno spessore secco totale di 320microns, indipendentemente dalla composizione del ciclo adottato;

La classe di durabilità (VH, very High), con durata non inferiore a 25 anni, previa verifica della disponibilità di cicli omologati da RFI. Si tratta di una classe di durabilità introdotta dalla più recente edizione della UNI EN ISO 12944-1.

Table B.2 — Summary of the minimum number of coats (MNOC) and minimum NDFT of the paint system depending on durability and corrosivity category on abrasive blasted steel substrates

Durability	Low (l)			Medium (m)			High (h)			Very high (vh)			
	Zn (R)	Misc.		Zn (R)	Misc.		Zn (R)	Misc.		Zn (R)	Misc.		
Type of primer	ESI, EP, PUR	EP, PUR, ESI	AK, AY	ESI, EP, PUR	EP, PUR, ESI	AK, AY	ESI, EP, PUR	EP, PUR, ESI	AK, AY	ESI, EP, PUR	EP, PUR, ESI	AK, AY	
Binder base of primer	ESI, EP, PUR	EP, PUR, ESI	AK, AY	ESI, EP, PUR	EP, PUR, ESI	AK, AY	ESI, EP, PUR	EP, PUR, ESI	AK, AY	ESI, EP, PUR	EP, PUR, ESI	AK, AY	
Binder base of subsequent coats	EP, PUR, AY	EP, PUR, AY	AK, AY	EP, PUR, AY	EP, PUR, AY	AK, AY	EP, PUR, AY	EP, PUR, AY	AK, AY	EP, PUR, AY	EP, PUR, AY	AK, AY	
C2	MNOC	a			—	—	1	1	1	1	2	2	2
	NDFT	a			—	—	100	60	120	160	160	180	200
C3	MNOC	—	—	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2
	NDFT	—	—	100	60	120	160	160	180	200	200	240	260
C4	MNOC	1	1	1	2	2	2	2	2	2	3	2	—
	NDFT	60	120	160	160	180	200	200	240	260	260	300	—
C5	MNOC	2	2	—	2	2	—	3	2	—	3	3	—
	NDFT	160	180	—	200	240	—	260	300	—	320	360	—

The abbreviations are described in Table A.1. For single coats, the binder base of the primer is recommended.

In addition to polyurethane technology, other coating technologies may be suitable, e.g. polysiloxanes, polyaspartic and fluoropolymer [fluoroethylene/vinyl ether co-polymer (FEVE)].

^a If a coating is desired, use a system from a higher corrosivity category or durability, e.g. C2 high or C3 medium.

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
11 - OPERE CIVILI Relazione tecnico illustrativa	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA RG	DOCUMENTO VI0000001	REV. C	FOGLIO. 23 di 25

4. VITA NOMINALE, CLASSE D'USO E PERIODO DI RIFERIMENTO, CLASSE DI ESECUZIONE

4.1 VITA NOMINALE E CLASSE D'USO.

La vita nominale di un'opera strutturale V_N è intesa come il numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve potere essere usata per lo scopo al quale è destinata. La vita nominale dei diversi tipi di opere è quella riportata nella Tab. 2.5.1.1.1.1 del manuale di progettazione RFI DTC SI PS MA IFS001 C, di cui si riporta l'estratto di seguito:

TIPO DI COSTRUZIONE ⁽¹⁾	Vita Nominale V_N [Anni] ⁽¹⁾
OPERE NUOVE SU INFRASTRUTTURE FERROVIARIE PROGETTATE CON LE NORME VIGENTI PRIMA DEL DM 14.01.2008 A VELOCITÀ CONVENZIONALE ($V < 250$ Km/h)	50
ALTRE OPERE NUOVE A VELOCITÀ $V < 250$ Km/h	75
ALTRE OPERE NUOVE A VELOCITÀ $V \geq 250$ km/h	100
OPERE DI GRANDI DIMENSIONI: PONTI E VIADOTTI CON CAMPATE DI LUCE MAGGIORE DI 150 m	≥ 100 ⁽²⁾
(1) – La stessa V_N si applica anche ad apparecchi di appoggio, coprigiunti e impermeabilizzazione delle stesse opere.	
(2) - Da definirsi per il singolo progetto a cura di FERROVIE.	

La struttura in esame si fa riferimento alla seconda dicitura "Altre opere nuove a velocità $V < 250$ km/h" a cui corrisponde un valore per la vita nominale pari a $V_N = 75$ anni.

In presenza di azioni sismiche, con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso, le costruzioni sono suddivise quattro classi d'uso a seconda dell'importanza dell'opera.

La struttura in esame viene classificata come di **classe III (opera d'arte del sistema di grande viabilità ferroviaria)** a cui corrisponde un coefficiente d'uso $C_U = 1.5$.

TIPO DI COSTRUZIONE	Classe d'uso	Coefficiente d'uso [CU]
GRANDI STAZIONI	C IV	2,00
OPERE D'ARTE DEL SISTEMA DI GRANDE VIABILITÀ FERROVIARIA	C III	1,50
ALTRE OPERE D'ARTE	C II	1,00

I valori sono stati quindi ripresi dal progetto definitivo.

4.2 PERIODO DI RIFERIMENTO PER L'AZIONE SISMICA

Le azioni sismiche su ciascuna costruzione vengono valutate in relazione ad un periodo di riferimento V_R che si ricava, per ciascun tipo di costruzione, moltiplicandone la vita nominale V_N per il coefficiente d'uso C_U .

$$V_R = V_N \times C_U = 75 \text{ anni} \times 1.5 = 112.5 \text{ anni}$$

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
11 - OPERE CIVILI Relazione tecnico illustrativa	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA RG	DOCUMENTO VI0000001	REV. C	FOGLIO. 24 di 25

4.3 CLASSE DI ESECUZIONE

La "classe di esecuzione" per le strutture metalliche viene definita in base ai requisiti riportati nella UNI EN 1090-2:2018 "Esecuzione delle strutture di acciaio e di alluminio - Parte 2: Requisiti tecnici per le strutture in acciaio", espressamente richiamata dal D.M. 17/172018 (par. 4.2).

La determinazione della classe avviene tenendo conto dei seguenti due parametri:

- Classe di conseguenza o affidabilità (CC o RC)
- Classe di servizio (SC)

Le classi di conseguenza sono descritte nel prospetto B.1 della UNI EN 1990:2006.

Prospetto B.1 – Definizione della classe di conseguenze		
Classe di conseguenze	Descrizione	Esempi di edifici e di opere di ingegneria civile
CC3	Elevate conseguenze per perdita di vite umane, o conseguenze molto gravi in termini economici, sociali o ambientali	Gradinate in impianti sportivi, edifici pubblici nei quali le conseguenze del collasso sono alte (per esempio, una sala concerti)
CC2	Conseguenze medie per perdita di vite umane, conseguenze considerevoli in termini economici, sociali o ambientali	Edifici residenziali e per uffici, edifici pubblici nei quali le conseguenze del collasso sono medie (per esempio un edificio per uffici)
CC1	Conseguenze basse per perdita di vite umane, e conseguenze modeste o trascurabili in termini economici, sociali o ambientali	Costruzioni agricole, nei quali generalmente nessuno entra (per esempio, i magazzini), serre

TABELLA 3 UNI EN 1990:2006 ANNESSO A PROSPETTO B.1 -

La classe di conseguenza idonea si può affermare che sia la classe CC3.

Le classi di servizio si dividono in:

- Carichi statici o quasi statici o struttura sismica DCL (bassa duttilità);
- Struttura soggetta a fatica, o sismica classificata DCM o DCH (duttilità media o alta)

Trattandosi di una serie di impalcati in acciaio non si può che scegliere la seconda classe di servizio in quanto si tratta di struttura soggetta a fatica.

La scelta della classe di esecuzione è guidata dalla tabella C.1. nell'appendice C della UNI EN 1993-1-1-/2014 di seguito riportata.

Classi di Affidabilità (RC) o Classi di Conseguenze (CC)	Quasi-statico e/o classe di duttilità sismica DCL (¹)	Soggette a fatica (²) e/o classe di duttilità sismica DCM o DCH (¹)
RC3 o CC3	EXC3(³)	EXC3(³)
RC2 o CC2	EXC2	EXC3
RC1 o CC1	EXC1	EXC2

(¹) Classi di duttilità definite in EN 1998-1; DCL=bassa, DCM=media, DCH=alta.
(²) Vedi EN 1993-1-9.
(³) Per strutture nelle quali il superamento degli stati limite di servizio ed ultimi porti a conseguenze giudicate particolarmente onerose, può essere specificata la classe EXC4.

TABELLA 4 UNI EN 1993-1-1:2005/A1:2014 TAB. C.1 APPENDICE C - DETERMINAZIONE DELLE CLASSI DI ESECUZIONE SECONDO

APPALTATORE: 	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA" PROGETTO ESECUTIVO																	
PROGETTAZIONE: Mandatario: SWS Engineering S.p.A. Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;">COMMESSA</th> <th style="text-align: left;">LOTTO</th> <th style="text-align: left;">CODIFICA</th> <th style="text-align: left;">DOCUMENTO</th> <th style="text-align: left;">REV.</th> <th style="text-align: left;">FOGLIO.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">IBOU</td> <td style="text-align: center;">1BEZZ</td> <td style="text-align: center;">RG</td> <td style="text-align: center;">VI000001</td> <td style="text-align: center;">C</td> <td style="text-align: center;">25 di 25</td> </tr> </tbody> </table>						COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.	IBOU	1BEZZ	RG	VI000001	C	25 di 25
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.													
IBOU	1BEZZ	RG	VI000001	C	25 di 25													
11 - OPERE CIVILI Relazione tecnico illustrativa																		

La tabella definisce che per strutture con la più elevata "classe di conseguenza" (CC3, caratteristica di strutture il cui collasso provochi "elevate conseguenze per la perdita di vite umane o conseguenze molto gravi in termini economici, sociali ed ambientali) abbiano, indipendentemente dal regime di carico, la classe di esecuzione EXC 3.

Solo in caso di "conseguenze estreme" di un eventuale collasso, è prevista la adozione della classe di esecuzione EXC4.

In ogni caso in considerazione della strategicità e della complessità dell'opera si assume la classe di esecuzione EXC4, che risulta la più esigente in termini di controlli e di tolleranze per tutti gli aspetti dell'approvvigionamento, della costruzione in officina, del montaggio e della protezione superficiale.