

COMMITTENTE:



ALTA SORVEGLIANZA:



GENERAL CONTRACTOR:



**INFRASTRUTTURE FERROVIARIE STRATEGICHE DEFINITE DALLA
LEGGE OBIETTIVO N. 443/01
LINEA A.V. /A.C. TORINO – VENEZIA Tratta MILANO – VERONA
Lotto Funzionale Brescia-Verona
PROGETTO DEFINITIVO**

**GALLERIA ARTIFICIALE
G. A. LONATO OVEST - PK.104+550.000
A K.105+950.000
RELAZIONE GENERALE**

IL PROGETTISTA
LAND CONSULTING S.r.l.
Il direttore tecnico



IL PROGETTISTA INTEGRATORE

saipem spa
Tommaso Taranta
Dottore in Ingegneria Civile Iscritto all'albo
degli Ingegneri della Provincia di Milano
al n. A23408 - Sez. A Settori:
a) civile e ambientale b) industriale c) dell'informazione
Tel. 02.52020557 - Fax 02.52020309
C.F. e P.IVA 00825790157

ALTA SORVEGLIANZA		Verificato	Data	Approvato	Data

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

I	N	0	5	0	0	D	E	2	R	O	G	A	0	6	0	0	0	0	1	0
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

PROGETTAZIONE GENERAL CONTRACTOR									Autorizzato/Data
Rev.	Data	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Consorzio Cepav due Project Director (Ing. F. Lombardi) Data:
0	31.03.14	Emissione per CdS		31.03.14		31.03.14		31.03.14	

SAIPEM S.p.a. COMM. 032121	Data: 31.03.14	Doc. N.: 30962_04.doc
----------------------------	----------------	-----------------------



Progetto cofinanziato
dalla Unione Europea

CUP.: F81H91000000008

GENERAL CONTRACTOR

Cepav due



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N. 30962_04

Progetto

IN05

Lotto

00

Codifica Documento

D-E2-RO-GA0600-001

Rev.

0

Foglio

2 di 17

INDICE

1. PREMESSA	3
2. DESCRIZIONE DELL'OPERA	5
3. ELABORATI DI RIFERIMENTO	12
4. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI	13
5. ASPETTI GEOTECNICI ED IDRAULICI	14
6. TIPOLOGIE COSTRUTTIVE E FASI ESECUTIVE	16



1. PREMESSA

Nella presente relazione si riporta la descrizione delle caratteristiche tecniche della galleria artificiale Lonato Ovest di lunghezza pari a circa 1431 m circa.

Con riferimento al binario dispari (direzione Verona), la galleria artificiale Lonato Ovest è posta tra progr. 0+399.00 e progr. 1+806.00, mentre con riferimento al binario pari (direzione Milano) la galleria si sviluppa tra progr. 104+550.00 e progr. 105+981.00 per una lunghezza complessiva pari a 1407.00 m.

La galleria in oggetto è contigua alla omonima galleria naturale, prevede i tracciati dei binari pari e dispari affiancati (disposti pertanto ad interasse di 4.72 m) nel tratto iniziale per poi divaricarsi sempre più sino a connettersi con le due canne della galleria naturale Lonato.

Il tracciato si sviluppa in stretto affiancamento all'A4 in una ristretta fascia delimitata da un lato dal margine autostradale e dall'altro da alcuni edifici talvolta di notevoli dimensioni.

La galleria artificiale Lonato Ovest, dopo un primo tratta che si sviluppa tra muri ad "U", dalla Pr. 104+535.00 alla Pr. 104.740.00 con interposto una parte in scatolare per una lunghezza di 15.00 m per dare continuità ad una viabilità trasversale, sarà realizzata mediante l'impiego di cinque differenti sezioni tipo. Quattro sezioni saranno eseguite mediante il metodo Milano (opere indicate con la lettera "M") ed una sarà costituita da uno scatolare in c.a. (opera indicata con la lettera "S"). Il dettaglio delle tratte in cui si inserisce ogni tipologia di sezione, con riferimento al binario dispari ed al binario pari, è riportato nelle seguenti tabelle.

Galleria artificiale Lonato Ovest binario pari (direzione Milano)

SEZIONE	Progr. in [m]	Progr. fin [m]	L [m]	Hric [m]	Lc [m]
Sezione M1 (canna singola)	104+740.00	105+053.00	313.00	1.00	19.00
Sezione M2 (canna doppia)	105+053.00	105+260.00	207.00	1.00	11.80
Sezione M3 (canna doppia)	105+260.00	105+468.00	208.00	4.00	14.50
Sezione M4 (canna singola)	105+468.00	105+640.00	172.00	5.00	9.40
Sezione S4	105+640.00	105+880.00	240.00		
Sezione S4	105+880.00	105+926.00	46.00		
G.A. di raccordo	105+926.00	105+950.00	24.00		
G.A. policentrica	105+950.00	105+981.00	31.00		

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N. 30962_04

Progetto

IN05

Lotto

00

Codifica Documento

D-E2-RO-GA0600-001

Rev.

0

Foglio

4 di 17

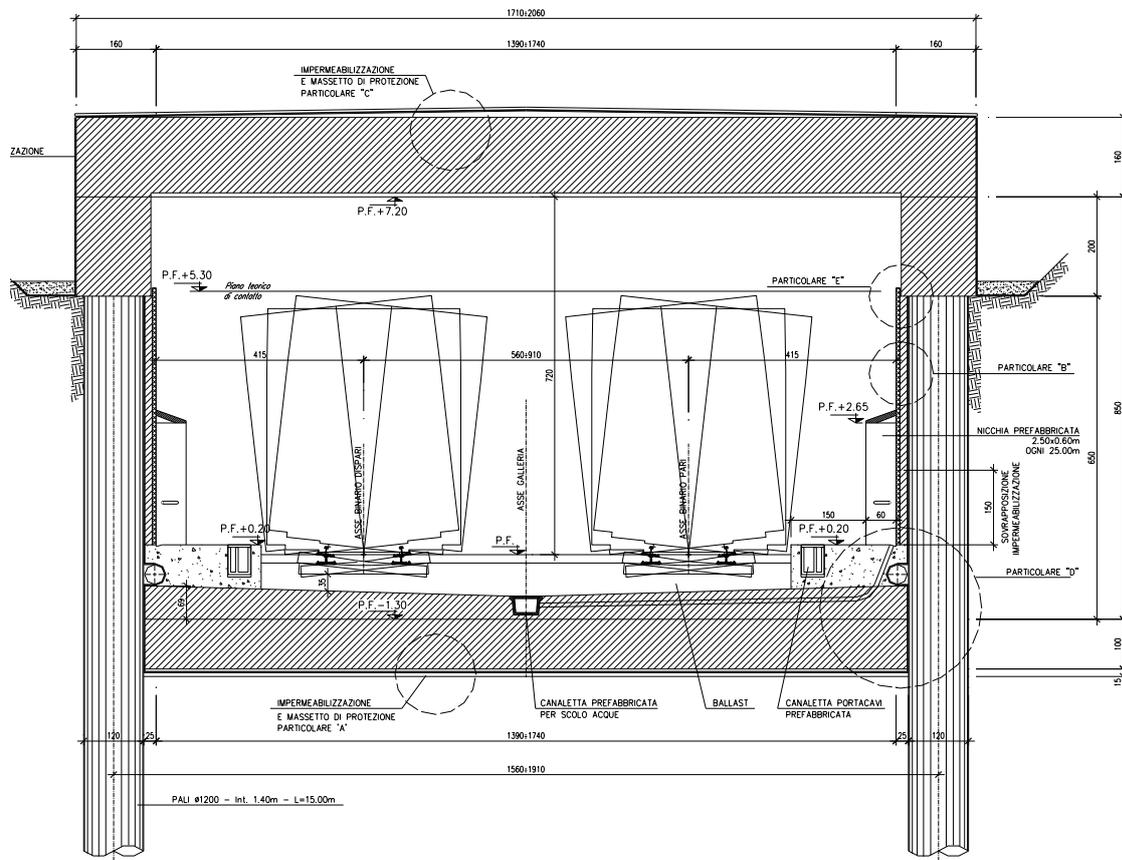
In cui:

L = lunghezza tratto di galleria

Hric = altezza di ricoprimento sopra la soletta;

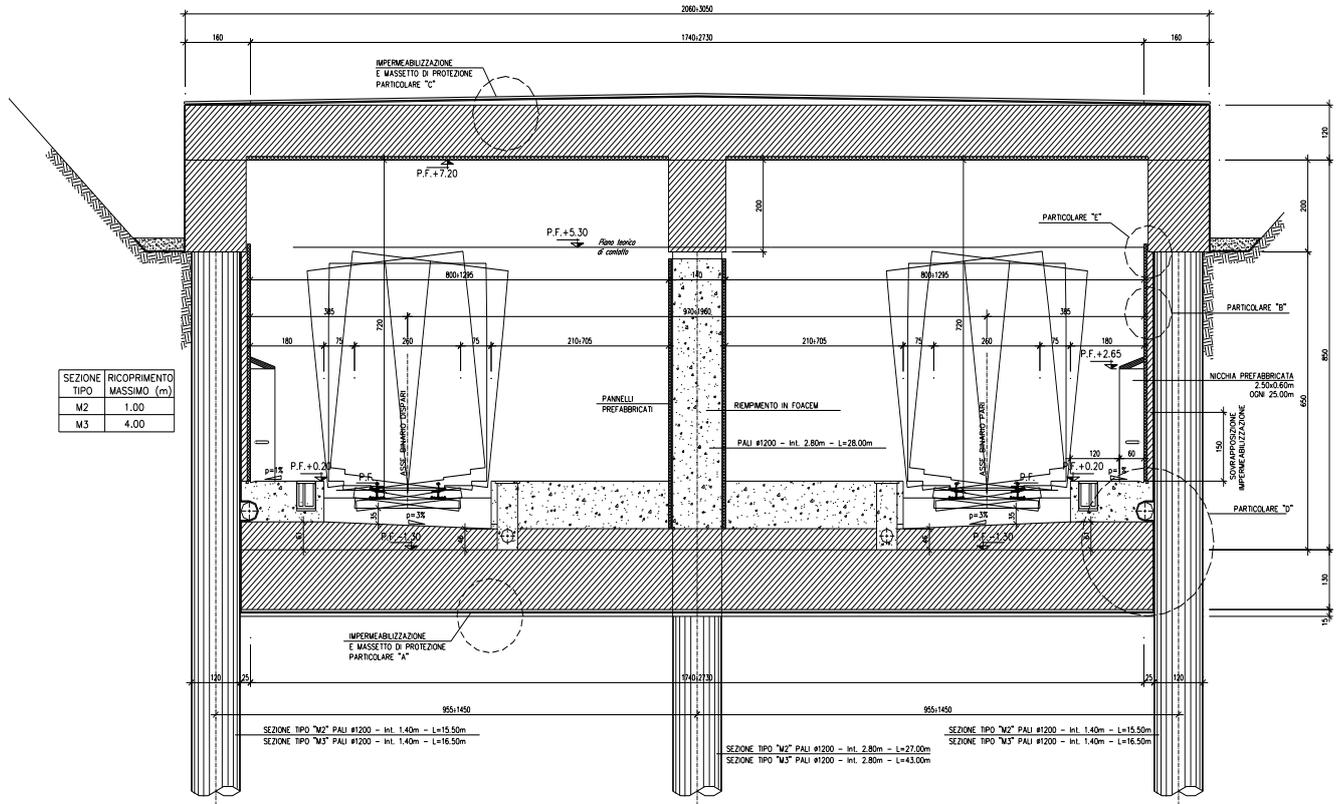
Lc = luce di calcolo (asse palo-asse palo)

L'area in cui ricade l'opera è classificata come sismica di III categoria.



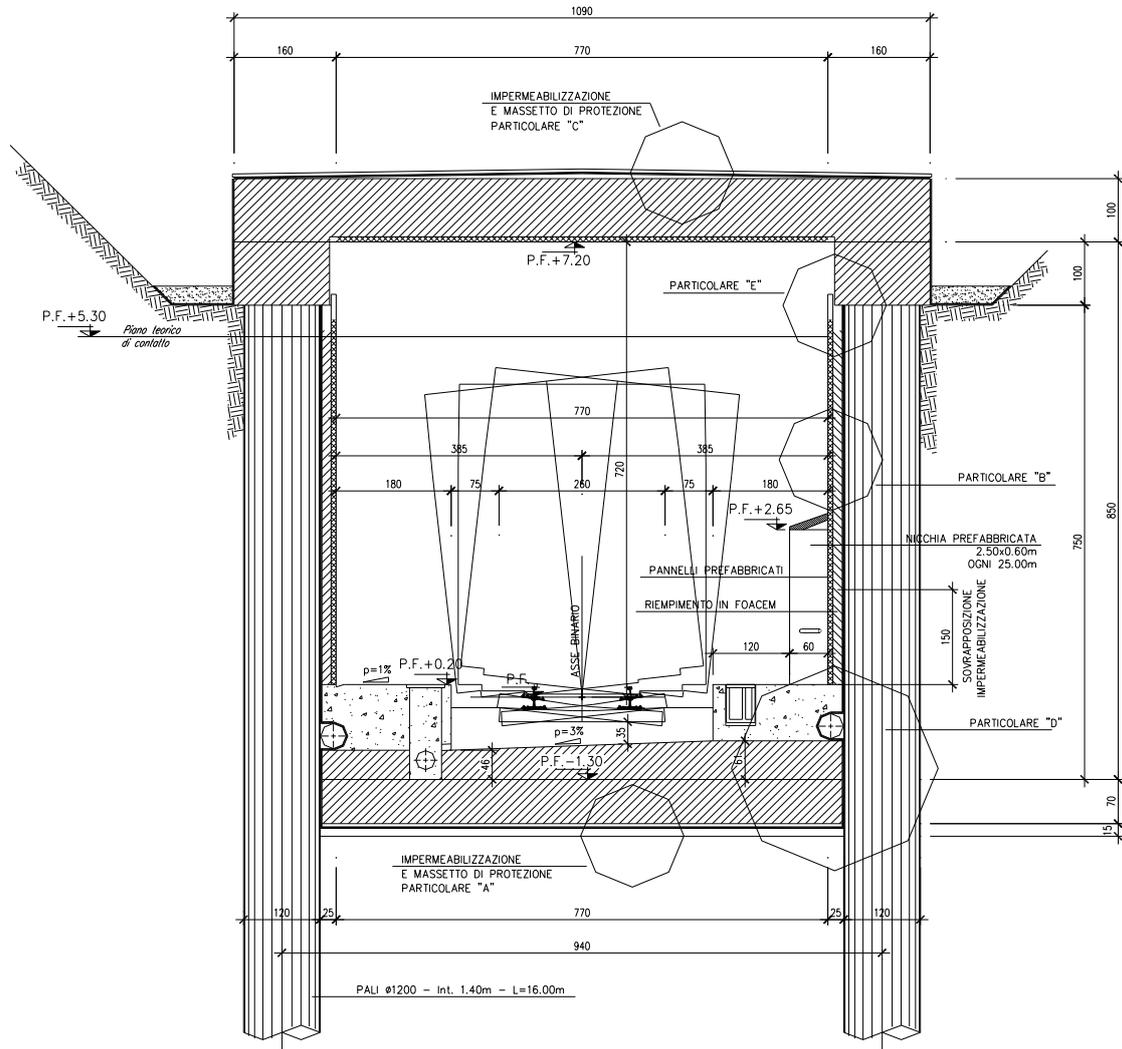
Sezione M1

Si osserva che quando la distanza netta tra le paratie supera il valore di 17.40 m si prevede l'inserimento di un sostegno intermedio costituito da una terza fila di pali ϕ 1200 disposti ad interasse di 2.80 m secondo quanto illustrato nella figura seguente.



Sezione M2-M3

La galleria prosegue con costante allontanamento dei binari e pertanto al km 105+468 circa è prevista la prosecuzione dell'opera secondo due canne distinte ciascuna con la sezione riportata di seguito.



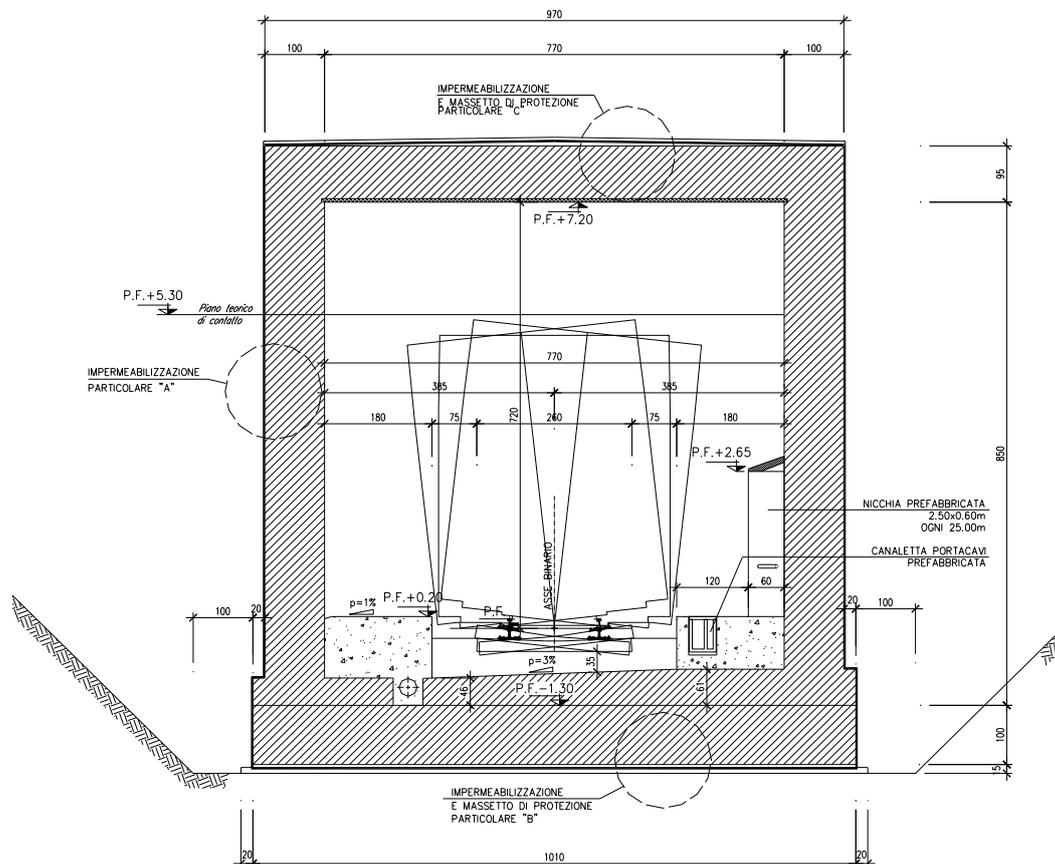
Sezione M4

Dalla Pr. 105+640.00, sia la galleria relativa al binario pari che quella relativa al binario dispari proseguono con la sezione tipo S4 sino all'imbocco della galleria naturale, con una protezione di una paratia provvisoria in affiancamento all'Autostrada A4.



SEZIONE TIPO "S4"

Scala 1:50



La galleria artificiale in esame alla prg. 104+575 interseca il rilevato nord di approccio al cavalcavia n° 233 dell'autostrada (km 114 dell'A4), come detto precedentemente, in questa zona è stata prevista una trincea tra muri ad "U", all'interno della quale è stato inserito un tratto in scatolare di 15.00 m di lunghezza, proprio per dare continuità a codesta viabilità. Proseguendo lambisce un fabbricato tra il km 104+700 e 104+800 e successivamente interseca il piazzale antistante i corpi di fabbrica della ditta "Feralpi" tra il km 104+900 e 105+100. La galleria prosegue ed interseca il rilevato nord di approccio al cavalcavia n° 234 (Via Campagna) sull'autostrada A4 al km 105+594.

Per quanto riguarda i ricoprimenti si osserva che questi risultano estremamente modesti nel primo tratto sino al km 105+200 circa per poi aumentare sino a valori massimi di circa 7 m. In corrispondenza dell'innesto con la galleria naturale è previsto un tratto di raccordo dello sviluppo di 24 m.



Sulle pareti, all'interno di tale tratto, sono previsti elementi di raccordo aerodinamico, in carpenteria metallica.

In via generale le fasi operative prevedono per le sezioni scatolari il preventivo scavo a cielo aperto, la successiva esecuzione del manufatto ed infine il rinterro. Per le sezioni tipo M1-M2-M3-M4 tra paratie di pali ϕ 1200, le fasi operative comprendono un iniziale prescavo di circa $3 \div 4$ m, l'esecuzione delle paratie di pali, il solettone di copertura, lo scavo all'interno della galleria ed infine il completamento della struttura. Nel paragrafo 4 della presente relazione si riporta una descrizione più dettagliata delle tipologie costruttive e delle fasi esecutive.

E' utile osservare infine che in alcuni casi è risultato necessario prevedere anche limitazioni ai prescavi necessari per il metodo Milano mediante l'impiego di palandole metalliche da infiggere nel terreno. Tale condizione si verifica in modo alquanto diffuso sul lato adiacente all'autostrada e in due breve tratti in adiacenza a due edifici.

In conclusione si osserva che per la galleria artificiale Lonato Ovest non si ravvedono problematiche particolarmente complesse. E' stato verificato che la falda, nei casi più sfavorevoli raggiunge il fondo scavo e pertanto non risulta necessario prevedere impianti di aggettamento particolari. Si osserva inoltre che l'assenza della falda sulle pareti della galleria ha consentito di evitare la costruzione dello scatolare all'interno delle paratie di pali come, ad esempio, è risultato necessario per i tratti tra paratie presenti nella galleria artificiale San Giorgio in Salice dove la falda risulta al di sopra del piano ferro.

Tra le interferenze si rileva quella dei cavalcavia presenti alle prg. 104+580 (n° 233) e 105+595 (n° 234). Per il cavalcavia n° 233 si può prevedere la temporanea interruzione del traffico, la costruzione delle opere previste e la successiva riapertura della viabilità esistente, il tutto senza particolari problemi.

Non ci sono interferenze tra le opere da realizzare e le fondazioni della contigua spalla del cavalcavia e pertanto non sussistono problemi di fattibilità. Le fasi prevedono l'interruzione del traffico, lo scavo preliminare con rimozione di parte del rilevato del cavalcavia ed il successivo rifacimento del rilevato di approccio con ripristino del collegamento originario.

GENERAL CONTRACTOR

Cepav due



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N. 30962_04

Progetto

IN05

Lotto

00

Codifica Documento

D-E2-RO-GA0600-001

Rev.

0

Foglio

11 di 17

Per il cavalcavia n° 234 al km 105+595 non è consentita l'interruzione temporanea del traffico, pertanto risulta necessaria la realizzazione di un nuovo cavalcaferrovia che sostituirà definitivamente quello esistente.



3. ELABORATI DI RIFERIMENTO

Gli elaborati di riferimento sono i seguenti (TUTTI GLI ELABORATI DI RIFERIMENTO CITATI ALL'INTERNO DEL DOCUMENTO SONO DA INTENDERSI CON CODICE COMMESSA "IN05" IN LUOGO DI "A202"):

LONATO OVEST-RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI	A20200DE2CLGA06000030
LONATO OVEST-Planimetria (TAV1/2)	A20200DE2P7GA06000010
LONATO OVEST-Planimetria (TAV2/2)	A20200DE2P7GA06000020
LONATO OVEST-Profilo longitudinale (TAV1/2)	A20200DE2F7GA06000010
LONATO OVEST-Profilo longitudinale (TAV2/2)	A20200DE2F7GA06000020
LONATO OVEST-Sezioni trasversali (TAV1/6)	A20200DE2W9GA06000010
LONATO OVEST-Sezioni trasversali (TAV2/6)	A20200DE2W9GA06000020
LONATO OVEST-Sezioni trasversali (TAV3/6)	A20200DE2W9GA06000030
LONATO OVEST-Sezioni trasversali (TAV4/6)	A20200DE2W9GA06000040
LONATO OVEST-Pianta P.F. vista dall'alto e sez. long.(TAV1/8)	A20200DE2P9GA06000010
LONATO OVEST-Pianta P.F. vista dall'alto e sez. long.(TAV2/8)	A20200DE2P9GA06000020
LONATO OVEST-Pianta P.F. vista dall'alto e sez. long.(TAV3/8)	A20200DE2P9GA06000030
LONATO OVEST-Pianta P.F. vista dall'alto e sez. long.(TAV4/8)	A20200DE2P9GA06000040
LONATO OVEST-Pianta P.F. vista dall'alto e sez. long.(TAV5/8)	A20200DE2P9GA06000050
LONATO OVEST-Pianta P.F. vista dall'alto e sez. long.(TAV6/8)	A20200DE2P9GA06000060
LONATO OVEST-Sezioni tipo - Carpenteria e particolari (TAV1/2)	A20200DE2BZGA06000010
LONATO OVEST-Sezioni caratteristiche (TAV1/2)	A20200DE2BBGA06000010
LONATO OVEST-Sezioni caratteristiche (TAV2/2)	A20200DE2BBGA06000020
LONATO OVEST-Sezioni trasversali (TAV5/6)	A20200DE2W9GA06000050
LONATO OVEST-Sezioni trasversali (TAV6/6)	A20200DE2W9GA06000060
LONATO OVEST-Pianta P.F. vista dall'alto e sez. long.(TAV7/8)	A20200DE2P9GA06000070
LONATO OVEST-Pianta P.F. vista dall'alto e sez. long.(TAV8/8)	A20200DE2P9GA06000080
LONATO OVEST-Sezioni tipo - Carpenteria e particolari (TAV2/2)	A20200DE2BZGA06000020
LONATO OVEST-Tipologico armatura sez. tipo M2	A20200DE2BZGA06000030
LONATO OVEST-Pianta scavi (TAV1/2)	A20200DE2P7GA06020010
LONATO OVEST-Pianta scavi (TAV2/2)	A20200DE2P7GA06020020
LONATO OVEST-Fasi costruttive (TAV1/2)	A20200DE2P7GA06000030
LONATO OVEST-Fasi costruttive (TAV2/2)	A20200DE2P7GA06000040
LONATO OVEST-Relazione Generale	A20200DE2ROGA06000010
LONATO OVEST-Relazione di calcolo galleria	A20200DE2CLGA06000010
LONATO OVEST-Relazione geotecnica	A20200DE2RBGA06000010
LONATO OVEST-Relazione sul monitoraggio	A20200DE2CLGA06000020
LONATO OVEST-Muri ad U-Planimetria e profilo	A20200DE2L7TR04000010
LONATO OVEST-Muri ad U-Carpenterie e particolari	A20200DE2BZTR04000010
LONATO OVEST-Muri ad U-Sezioni trasversali	A20200DE2W9TR04000010

4. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

Per la realizzazione delle opere oggetto della presente relazione sono da impiegare i materiali di seguito elencati:

parti in cls:

- calcestruzzo di classe 35 MPa
 - modulo elastico $E_c = 33722 \text{ MPa}$
 - tensione normale ammissibile $\sigma_c = 11.00 \text{ MPa}$
 - tensione tangenziale $\tau_{co} = 0.67 \text{ MPa}$
 - tensione tangenziale $\tau_{c1} = 1.97 \text{ MPa}$
- acciaio per armature Feb 44 K
 - modulo elastico $F_f = 210000 \text{ MPa}$
 - tensione ammissibile $\sigma_f = 255.0 \text{ MPa}$



5. ASPETTI GEOTECNICI ED IDRAULICI

L'area in esame è mediamente pianeggiante (circa 138÷144 m s.l.m.).

Per la caratterizzazione geotecnica del sito sono disponibili numerosi sondaggi che si sono spinti fino ad una profondità massima di 30 m dal p.c.. Nel corso dei sondaggi sono state effettuate prove penetrometriche SPT e prelevati campioni rimaneggiati sui quali sono state eseguite analisi granulometriche in laboratorio. In alcuni fori di sondaggio sono presenti piezometri tipo Casagrande per il monitoraggio del livello piezometrico.

Tutte le indagini di interesse progettuale sono documentate ed elaborate nell'apposita Relazione Geotecnica, alla quale si rimanda per i dettagli. Nel seguito si richiamano in sintesi i principali risultati di interesse progettuale.

Le stratigrafie dei sondaggi e dei pozzetti mostrano una netta prevalenza di materiali a grana grossa (sabbie e ghiaie).

Le caratteristiche geotecniche dei depositi sabbioso-ghiaiosi sono state determinate essenzialmente in base alle prove SPT effettuate nei sondaggi: si sono misurati valori di NSPT generalmente maggiori di 60, anche alle basse profondità, con la maggior parte delle prove a rifiuto.

Tali terreni sono risultati da mediamente densi a densi, quindi con caratteristiche geotecniche buone.

Si hanno angoli di resistenza intorno ai 35°÷40°; con moduli di taglio, G_0 , a piccole-piccolissime deformazioni compreso tra 100 MPa e 500 MPa, crescente nell'ambito della profondità di indagine (dal p.c. a 50 m di profondità). Occorre sottolineare che, nell'ottica di una analisi lineare, i parametri deformativi da introdurre nel modello sono da intendersi dei moduli secanti, ovvero riferiti ad un determinato livello deformativo del terreno in esercizio. Quindi si dovranno considerare valori operativi del modulo opportunamente ridotti (nel caso in esame $G = G_0 / 5 \div 10$).

Il livello della falda è stato rilevato ad una profondità variabile tra 15 m e 18 m dal p.c.; pertanto la stessa non interferisce con gli scavi necessari per la realizzazione delle opere scatolari.

Per i dettagli si rimanda alla Relazione Geotecnica. Nel seguito si riportano in sintesi per l'unità geotecniche di interesse progettuale, i principali parametri geotecnici di progetto.

**unità G/S**

$$\gamma = 19 \div 20 \text{ kN/m}^3$$

peso di volume;

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

coesione efficace;

$$\varphi' = 35^\circ \div 40^\circ$$

angolo di resistenza al taglio;

$$\text{NSPT} = 40 \div 90 \text{ colpi} / 0.3 \text{ m}$$

nell'ambito delle profondità di progetto (primi 50 m dal p.c.).

$$G_0 = 250000 \cdot (p'/100)^{0.6} \text{ kPa} \quad \text{modulo tangenziale riferito ad un livello di piccole deformazioni } [p' = (\sigma'_v + 2 \cdot \sigma_h) / 3].$$

Nelle analisi per il dimensionamento, i parametri geotecnici operativi sono stati scelti in conformità con gli indirizzi della Relazione Geotecnica sopra richiamati. Ci si è orientati su valori sufficientemente cautelativi al fine di massimizzare le sollecitazioni sulle strutture.

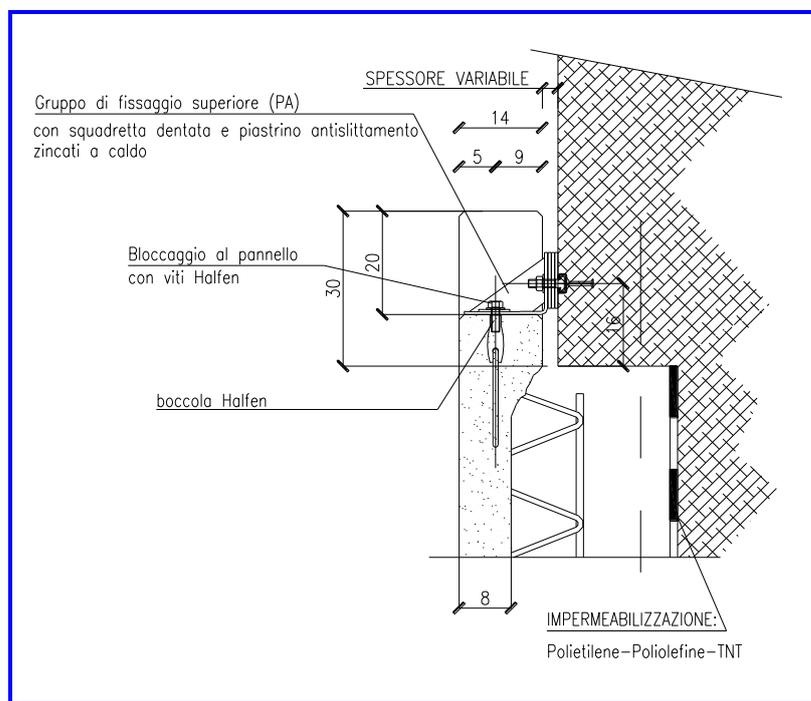
La galleria in esame non presenta aspetti idraulici di rilievo in quanto le acque di linea a monte dell'opera vengono intercettate all'imbocco e portate e recapito. Per il tratto di galleria in se non si prevedono apporti significativi di acqua alle canalette che pertanto si collegano per continuità a quelle della galleria naturale.

L'apporto per filtrazione nei tratti chiusi è stato stimato, in analogia con le gallerie naturali, pari a 5 l/sec a chilometro.

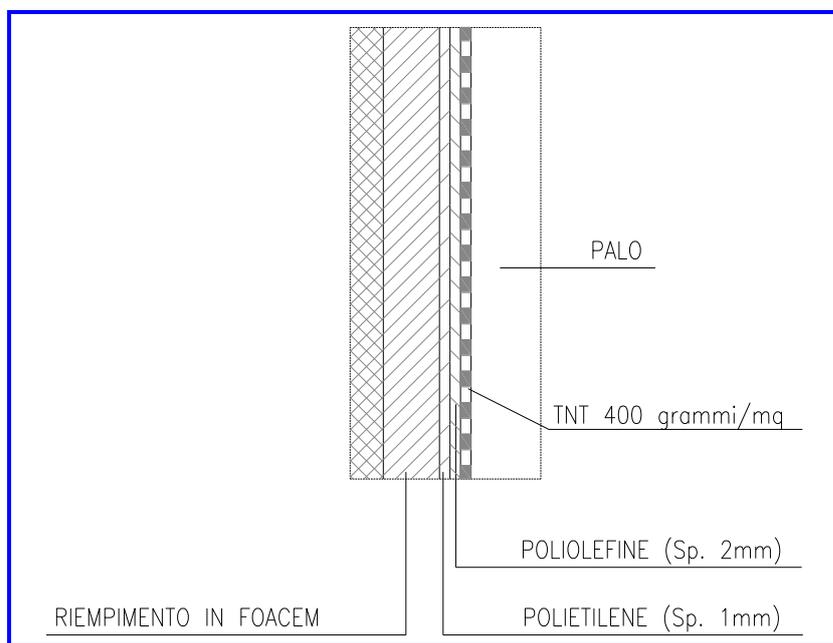
6. TIPOLOGIE COSTRUTTIVE E FASI ESECUTIVE

Le sezioni con paratie del tipo M1, M2, M3 ed M4 sono state impiegate, come detto, nei tratti adiacenti all'autostrada o a zone edificate ove è necessario contenere al massimo l'impronta dello scavo. Le operazioni di cantiere prevedono un prescavo di altezza mediamente pari a $2 \div 3$ m e successivamente la realizzazione di paratie dei pali ϕ 1200 disposti ad interasse di 1.4 m. Si prosegue pertanto con la realizzazione dei cordoli e della copertura. Si procede quindi allo scavo da effettuare all'interno della galleria. Le paratie durante tale fase risulteranno punzonate alla sommità. Si procede inoltre alla realizzazione del solettone di fondo. Tale elemento costituisce un ulteriore elemento di contrasto tra le paratie.

Si procede poi al completamento delle pareti interne effettuando prima la regolarizzazione della superficie mediante spritz-beton, disponendo poi l'impermeabilizzazione, il pannello prefabbricato ed il riempimento in FOACEM a tergo del pannello.



L'impermeabilizzazione è costituita da strati di poliolefine, polietilene e da TNT secondo quanto riportato nella figura seguente.



Per quanto inoltre riguarda il tratto previsto con sezione scatolare tipo S4 si osserva che una volta effettuato lo scavo viene realizzato un primo strato di calcestruzzo magro sul quale viene disposta l'impermeabilizzazione e da un successivo massetto di protezione. Il magrone e il massetto di protezione costituiscono un pacchetto dello spessore di 15 cm.

L'impermeabilizzazione, dei piedritti sarà costituita da una guaina in PVC di spessore 2 mm, armata con doppio strato di TNT (400 g/mq). Si prosegue effettuando la fondazione e, successivamente, vengono eseguiti i piedritti.

Una volta eseguite le pareti si dispongono le predalles tralicciate per la realizzazione della copertura. Una volta completata, si effettuerà, all'estradosso, un massetto per le pendenze (1.5%) secondo un profilo a schiena d'asino. Su di questo si dispone lo strato di materiale impermeabile ed il relativo massetto di protezione.

Una volta completata la struttura scatolare viene effettuato il ritombamento ricostituendo, in via generale, il profilo preesistente del terreno. Nei brevi tratti ove il ricoprimento risulterebbe di altezza superiore a 6 m si effettua una lieve riprofilatura del pendio.