



COMUNE DI GENOVA



Azienda Mobilità e Trasporti S.p.A.

Codice Fiscale 03783930104

FUNZIONE INFRASTRUTTURE E IMPIANTI VERTICALI
INGEGNERIA CIVILE, IMPIANTI TECNOLOGICI E AMBIENTE



GEOTECHNICAL ENGINEERING & GEOLOGY



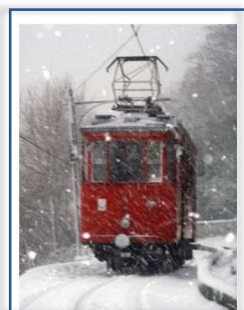
Regione Liguria - Comune di Genova

AMT S.p.A.

FERROVIA A CREMAGLIERA PRINCIPE - GRANAROLO

Progetto definitivo di ammodernamento della linea
dalla stazione Principe alla fermata Bari

R5 - RELAZIONE SULLA FATTIBILITA' GEOLOGICA



*“La vettura storica della ferrovia Principe
Granarolo durante la nevicata del 2009”*

05/2023

	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO
REV 0	05-2023	Maffezzoli	Garassino	Garassino
REV.1				
REV.2				

INDICE

1.	INTRODUZIONE	3
2.	STORICO DEGLI INTERVENTI E RIFERIMENTI ATTUALI	4
3.	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO E NORMATIVE	5
3.1	Documenti di riferimento	5
3.2	Normative	5
4.	CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA E SISMICA	7
4.1	Caratterizzazione geotecnica	7
4.2	Caratterizzazione sismica dei suoli	8
5.	FATTIBILITÀ DEGLI INTERVENTI	12
5.1	Interventi fuori terra (opere con minore interferenza con il sottosuolo)	12
5.2	Interventi fuori terra (opere con modesta interferenza con il sottosuolo)	14
5.3	Interventi strutturali geotecnici e di consolidamento (opere con maggior interferenza con il sottosuolo)	18
6.	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO	23
7.	CONCLUSIONI	26

1. Introduzione

Il presente documento tecnico tratterà la fattibilità del progetto di ammodernamento della linea dalla stazione Principe sino alla fermata Bari.

Tale relazione costituisce parte fondamentale delle “elaborazioni atte a consentire l’avvio del procedimento unico (art. 10 Legge Regionale 5 aprile 2012 n. 10 e s.i.m.)” e della contestuale Conferenza dei Servizi.

Come ampiamente descritto nella relazione tecnica illustrativa di riferimento (FE02_CDS23_R1) l’intervento di ammodernamento prevede una serie di interventi sulla linea nel tratto sopra descritto; per ciascuno di essi, nei capitoli che seguono, verranno affrontati i seguenti punti

- Descrizione sintetica dell’intervento
- Analisi della fattibilità in termini di minima interferenza dell’intervento con il suolo ed il sottosuolo in termini di movimento terra ed incremento di carico.

Prima di affrontare i singoli interventi e sviscerare le questioni relative alla fattibilità dal punto di vista geologico si antepone un piccolo excursus storico degli interventi e sui riferimenti normativi attualmente vigenti.

2. Storico degli interventi e riferimenti attuali

Nel 2010 il tratto di ferrovia che va dalla stazione Granarolo di monte fino alla fermata Bari è stato oggetto di interventi di consolidamento per ripristinarne l'agibilità e la funzionalità.

Oggetto del presente progetto è l'ammodernamento della linea dalla fermata Bari sino alla Stazione di Principe ove i muri a monte e a valle risalgono ai primi del 900.

Il progetto del 2010 e la normativa allora vigente

Gli interventi di sistemazione hanno interessato l'ammodernamento delle fermate sulla linea, l'armamento ferroviario, i tralicci ed il consolidamento di alcuni tratti dei muri di monte e valle alla linea.

I tecnici scriventi, allora facenti parte della Garassino srl si sono occupati della progettazione geotecnica delle opere civili e dei consolidamenti dei muri di sostegno.

La condizione sismica nel progetto del 2010 considerava un'accelerazione su suolo rigido pari a 0.1 g, secondo quanto prescritto dalle precedenti Delibere della Regione Liguria ed in particolare dalla D.G.R. n.1308 del 24-10-2008.

La normativa attualmente vigente

Le normative attualmente vigenti sono il D.M. del gennaio 2018 "*Aggiornamento delle Norme tecniche per le Costruzioni*" e la relativa circolare applicativa, cui si aggiungono le delibere della Regione Liguria di ultima emissione (vedi il Capitolo 3).

In particolare, la classificazione sismica della Regione Liguria (D.G.R. n.216 del 17 marzo 2017) pone la città di Genova in classe 3, per la quale il PGA (peak ground acceleration), l'accelerazione massima su suolo rigido, è pari a 0.15 g.

I parametri geotecnici

La caratterizzazione geotecnica dei terreni contenuta nei documenti di progetto del 2010 della Garassino srl (Rif. [1]), sostenuta dalle elaborazioni contenute nella relazione geologica prodotta dallo Studio Associato Bellini (Rif. [2] e Rif. [3]) si ritiene ancora valida.

3. Documenti di riferimento e normative

Nel corso della relazione si farà riferimento ai documenti e alle norme qui elencati.

3.1 Documenti di riferimento

- Rif.[1] **Garassino S.r.l.** - Ferrovia a cremagliera P. Principe - Granarolo - Relazioni degli interventi di sistemazione dalla stazione Granarolo alla fermata Bari. Relazione varie (2010)
- Rif.[2] **Studio Associato Bellini** - Consulenza geologica ai fini della verifica delle opere di sostegno della sede armata della ferrovia a cremagliera - Relazione geologica, geognostica e geotecnica - Dicembre 2002.
- Rif.[3] **Studio Associato Bellini** - Integrazione alla relazione geologica - Luglio 2004.

3.2 Normative

Quadro normativo vigente all'emissione del progetto di intervento del 2010:

- Rif.[4] **D.M. 14 Gennaio 2008**
Nuove Norme tecniche per le Costruzioni (Testo Unico)
- Rif.[5] **DGR n.1362 del 19 novembre 2010**
D.M. 14 gennaio 2008 - norme tecniche per le costruzioni. Aggiornamento classificazione sismica del territorio della Regione Liguria.
- Rif.[6] **DGR n.1308 del 24 ottobre 2008**
OPCM n.3519/2006 Nuova classificazione sismica della Regione Liguria.
- Rif.[7] **DGR n.530/2003**
individuazione, formazione ed aggiornamento dell'elenco delle zone sismiche dei comuni della Regione Liguria in ottemperanza al disposto di

cui all'OPCM n.3274 del 20 marzo 2003 pubblicata sulla Gazzetta Ufficiale n.105 in data 8 maggio 2003

Quadro normativo attualmente vigente:

- Rif.[8] **D.M. 17 Gennaio 2018**
Aggiornamento delle Norme tecniche per le Costruzioni (Testo Unico)
- Rif.[9] **M.I.T. Circolare n° 7 (21 Gennaio 2019)**
Istruzioni per l'applicazione delle NTC 01/2018
- Rif.[10] **D.G.R. n.297 del 14 aprile 2017**
Differimento termine della D.G.R. n.216 del 17/03/2017. OPCM 3519/2016. Aggiornamento classificazione sismica del territorio ligure
- Rif.[11] **D.G.R. n.216 del 17 marzo 2017**
OPCM 3519/2006. Aggiornamento classificazione sismica del territorio della Regione Liguria

4. Caratterizzazione geotecnica e sismica

La caratterizzazione geotecnica rimane immutata rispetto al progetto del 2010 della Garassino S.r.l., quella sismica viene invece adeguata alla normativa attualmente vigente.

4.1 Caratterizzazione geotecnica

Partendo dalle considerazioni e dai dati forniti nella relazione geologica-geotecnica (Rif. [2] e Rif. [3]), si individuano le seguenti formazioni, i cui parametri geotecnici, definiti nel medesimo documento, sono riportati più sotto:

Strato R: riporti granulari grossolani con spessore medio di 1 m, scarsamente addensati.

Strato C: riporti con granulometria mista e coltre eluvio-colluviale con abbondante matrice limoso argillosa.

Strato RoA: calcari marnosi e marne calcaree, da alterate fino a sane e compatte.

Strato Rs: roccia sana con andamento obliquo della giacitura rispetto alla ferrovia.

In tabella si riassumono i parametri geotecnici di competenza di ciascuno strato.

STRATO	γ	ϕ	c' (per terreni)	c_u (per terreni)	c (per rocce)
	kN/m ³	°	kPa	kPa	kPa
R	18	30	0	0	-
C	21	32÷34	2÷5	30	-
RoA	23	14÷16	-	-	100
Rs	27	27÷30	-	-	300

Tabella 4.1.I - Riepilogo dei parametri geotecnici caratteristici desunti dalla relazione geotecnica di progetto (Fonte: Studio Associato Bellini - Rif. [2])

Essendo:

γ = peso di volume naturale del terreno/roccia;

ϕ = angolo di attrito del terreno/roccia;

c' = coesione in termini di sforzi efficaci;

c_u = resistenza al taglio non drenata, in termini di sforzi totali;

c = coesione per le rocce;

Il parametro dell'intervallo specificato in tabella 4.1.I. è da considerarsi un valore caratteristico.

Le sezioni trasversali elaborate in occasione della integrazione della relazione geologica (Rif. [2]) sono quelle prese a riferimento per il progetto geotecnico della Garassino srl del 2010 e si considerano anche esse invariate.

Come si vede dalle sezioni stratigrafiche e dalla loro ricostruzione in sezione trasversale, la ferrovia poggia su una formazione rocciosa la cui stabilità non è messa in discussione.

4.2 Caratterizzazione sismica dei suoli

Il tracciato della ferrovia Principe-Granarolo (GE) per la nuova classificazione sismica della Regione Liguria ricade in “Zona 3”.

La vigente classificazione sismica della Regione Liguria, ai sensi delle D.G.R. sottoelencate, è mostrata in figura 4.2.1:

- DGR n.216 del 17 marzo 2017

OPCM 3519/2006. Aggiornamento classificazione sismica del territorio della Regione Liguria

- DGR n.297 del 14 aprile 2017

Differimento termine della dgr n.216 del 17/03/2017.

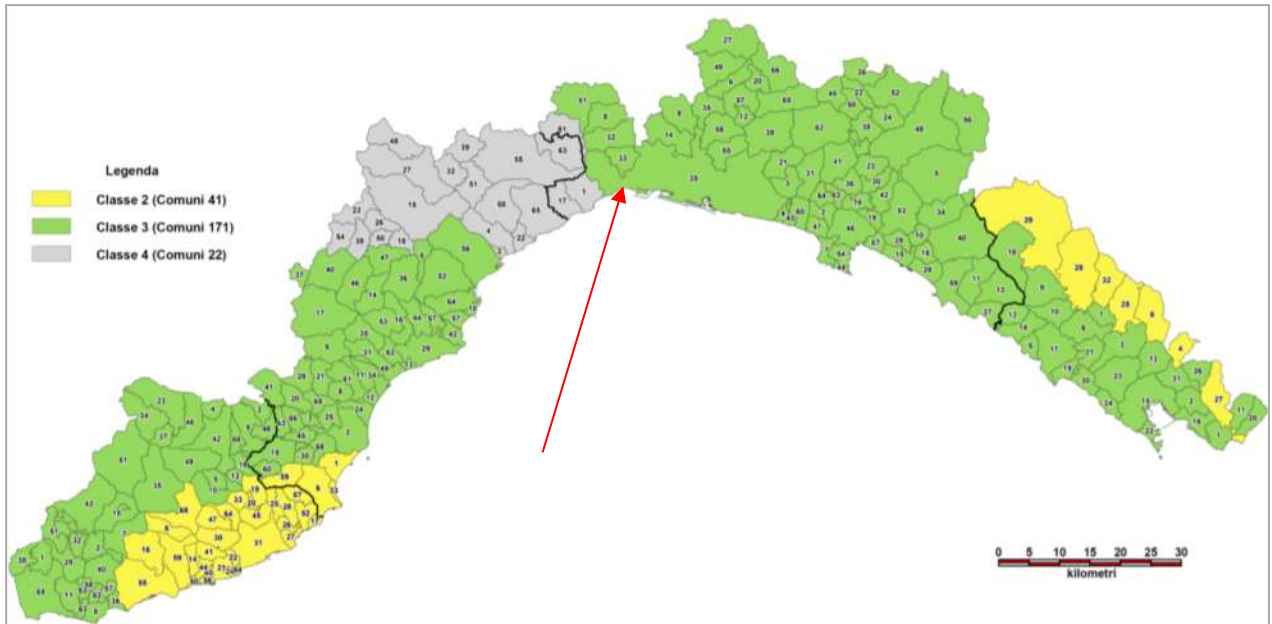


Figura n. 1 -Vigente classificazione sismica della Regione Liguria (DGR n.216 del 17/03/2017)

Genova - N° identificativo 25 - Classe 3

La delibera, approvata nel marzo 2017, fa rientrare il comune di Genova in zona 3 per la quale il PGA (peak ground acceleration), l'accelerazione massima su suolo rigido, è pari a 0.15 g.

La vita nominale dell'opera (V_N) è di **50 anni** (Costruzioni con livelli di prestazioni ordinari), mentre la sua **classe d'uso** è **IV**, a cui corrisponde un coefficiente $c_u = 2$.

L'accelerazione sismica di progetto è quella caratteristica dello stato limite di salvaguardia della vita SLV, avente tempo di ritorno $T_R = 949$ anni, calcolato come segue:

$$T_R = -V_R / \ln(1 - P_{VR}) = 949 \text{ anni}$$

in cui:

- P_{VR} = probabilità di superamento nel periodo di riferimento = 10%;
- V_R = periodo di riferimento = $V_R = V_N \cdot C_U = 50 \text{ anni} \times 2 = 100 \text{ anni}$.

Per il caso in esame (SLV) e considerati i tre punti del tracciato ferroviario presi a riferimento (Stazioni Principe, Bari e Granarolo), si ricava il seguente valore massimo di accelerazione:

$$a_g = 0.088 \text{ g} = 0.863 \text{ m/s}^2,$$

a cui corrisponde il fattore di amplificazione spettrale massima sul sito di riferimento rigido orizzontale (F_0) pari a **2.527**.

Tuttavia, a favore di sicurezza, come accelerazione sismica di progetto verrà adottato il valore massimo previsto dalla Regione Liguria:

$$a_g = 0.150 \text{ g} = 1.471 \text{ m/s}^2.$$

L'accelerazione massima orizzontale attesa al sito si determina, invece, mediante la seguente relazione:

$$a_{\max} = S_S \cdot S_T \cdot a_g$$

in cui

- S_S coefficiente di amplificazione stratigrafica;
- S_T coefficiente di amplificazione topografica (tabellato in normativa in funzione della categoria di sottosuolo, tabella 3.2.IV delle NTC 2018);

Nel caso in esame si ottiene quindi:

- $S_S = 1$ terreno di categoria A;
- $S_T = 1.2$ opera posta in sommità di un pendio;
- $a_{\max} = 1 \cdot 1.2 \cdot 1.471 \text{ m/s}^2 = 1.756 \text{ m/s}^2 = 0.18 \text{ g}$.

Partendo da questi dati, è infine possibile ricavare i valori dei coefficienti sismici orizzontali e verticali:

$$k_h = \beta_S \frac{a_{\max}}{g} \qquad k_v = 0.5 \cdot k_h$$

in cui β_S è il coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito dipendente dalla categoria del sottosuolo e/o dal tipo di opera da verificare.

In particolare, per le **analisi di stabilità globale** e per le **verifiche di muri di sostegno** il valore di β_S tabulato allo stato SLV è pari a **0.38**. Tale coefficiente deve però essere incrementato del 50% per le verifiche a ribaltamento.

Sostituendo opportunamente tale valore nelle formule sopra indicate, si ottengono i seguenti coefficienti sismici:

- per verifiche di stabilità e a scivolamento/schiacciamento

$$\beta_s = 0.38 \rightarrow \quad k_h = 0.0684 \quad k_v = 0.0342$$

- per verifiche di ribaltamento

$$\beta_s = 0.57 \rightarrow \quad k_h = 0.1026 \quad k_v = 0.0513$$

5. Fattibilità degli interventi

Come meglio specificato in seguito le tipologie degli interventi possono essere classificati secondo il DPR 380/2001 come interventi di ristrutturazione edilizia.

L'intervento progettuale, descritto nella presente relazione, si configura come un naturale completamento di quanto già realizzato in precedenza nelle altre porzioni della stessa linea ferroviaria a cremagliera.

Nel seguito verranno descritte le varie tipologie di intervento soffermandosi sui risvolti geotecnici di questi ultimi e sulla interferenza causata dagli eventuali movimenti terra e/o incrementi di carico.

Per far ciò verrà riportata la descrizione contenuta nella relazione tecnica illustrativa a cui seguirà il commento relativo alla sua fattibilità.

5.1 Interventi fuori terra (opere con minore interferenza con il sottosuolo)

- *spazzolatura, carteggiatura e verniciatura di alcune porzioni di recinzioni esistenti in ferro con la medesima colorazione delle porzioni di recente posa (si vedano gli allegati e i foto-inserimenti relativi);*

nessuna interferenza in termini di fattibilità geologica.

- *rimozione e sostituzione delle traversine dei binari ammalorate con nuove traversine in legno a partire dalla Stazione Principe fino alla fermata San Rocco ed in altri punti localizzati della linea fino alla fermata Bari. Lo scopo finale di questa attività è quello di porre le traversine ad un interasse omogeneo di 1 m e di ordinare ed omogeneizzare gli attacchi dei binari e della cremagliera;*

nessuna interferenza in termini di fattibilità geologica.

- *“[...] realizzazione di un camminamento di servizio analogo a quello già posato a monte della fermata Bari. A monte della fermata Centurione tale camminamento verrà gettato in opera mentre a valle si farà uso di elementi prefabbricati. A valle di Centurione è previsto che il camminamento venga posto alla distanza minima consentita dal binario (60 cm). Tale operazione richiederà la demolizione della testa del muro esistente. Il camminamento accoglierà al suo interno i cavidotti elettrici di servizio. Si vedano le tavole degli interventi (in particolare FE02_CDS23_22 - FE02_CDS23_24 e FE02_CDS23_28 - FE02_CDS23_29) per comprendere l'inserimento del camminamento in sezione e le tavole dei particolari dalla FE02_CDS23_32, FE02_CDS23_33 e FE02_CDS23_35. [...]”*

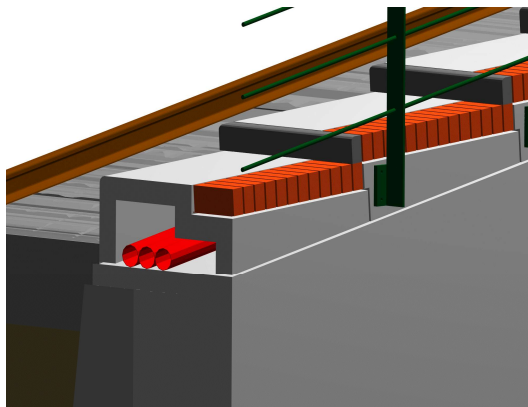


Figura n. 2 - Rendering 3D del camminamento prefabbricato

In questo caso la demolizione del cordolo esistente è contestuale alla messa in opera del nuovo camminamento e produrrà un volume di materiali di risulta di scavo e di demolizione minimo. Dal punto di vista geotecnico/geologico non muterà alcun equilibrio esistente essendo equivalente il volume rimosso a quello posto in opera; si deve infatti tenere presente che il camminamento di servizio avrà l'alloggiamento (parte cava del camminamento) ove saranno posti i cavidotti di servizio alla linea.

Per la stessa ragione sopra riportata non vi sarà alcun incremento di carico in testa ai muri di valle esistenti ma anzi si concretizzerà con un alleggerimento ed una maggiore solidarizzazione della testa dei muri.

Per quanto concerne le acque superficiali, esse verranno comunque convogliate entro la sede ferroviaria e regimate con le nuove canalizzazioni fognarie (che andranno ad implementare e migliorare quanto già esistente)

- “[..] Il camminamento di servizio a valle di Centurione sarà dotato di un parapetto in acciaio di sicurezza del tutto simile a quello già posto in opera a monte della fermata Bari. Si vedano gli abachi delle ringhiere in FE02_CDS23_34. [..]”

Non comporta alcuna interferenza essendo solidarizzato al camminamento esistente. Dal punto di vista dei carichi è certamente uno scarico rispetto all'attuale situazione ove l'azione di contenimento risulta concentrata sulla recinzione e sul cordolo di testa muro mentre con la nuova soluzione sarà distribuita sulla base di fondazione più ampia del nuovo camminamento.

5.2 Interventi fuori terra (opere con modesta interferenza con il sottosuolo)

- “[..] sostituzione e spostamento dei tralicci al di fuori del camminamento (si veda la tavola di tipologico dell’intervento nella tavola FE02_CDS23_41) [..]”

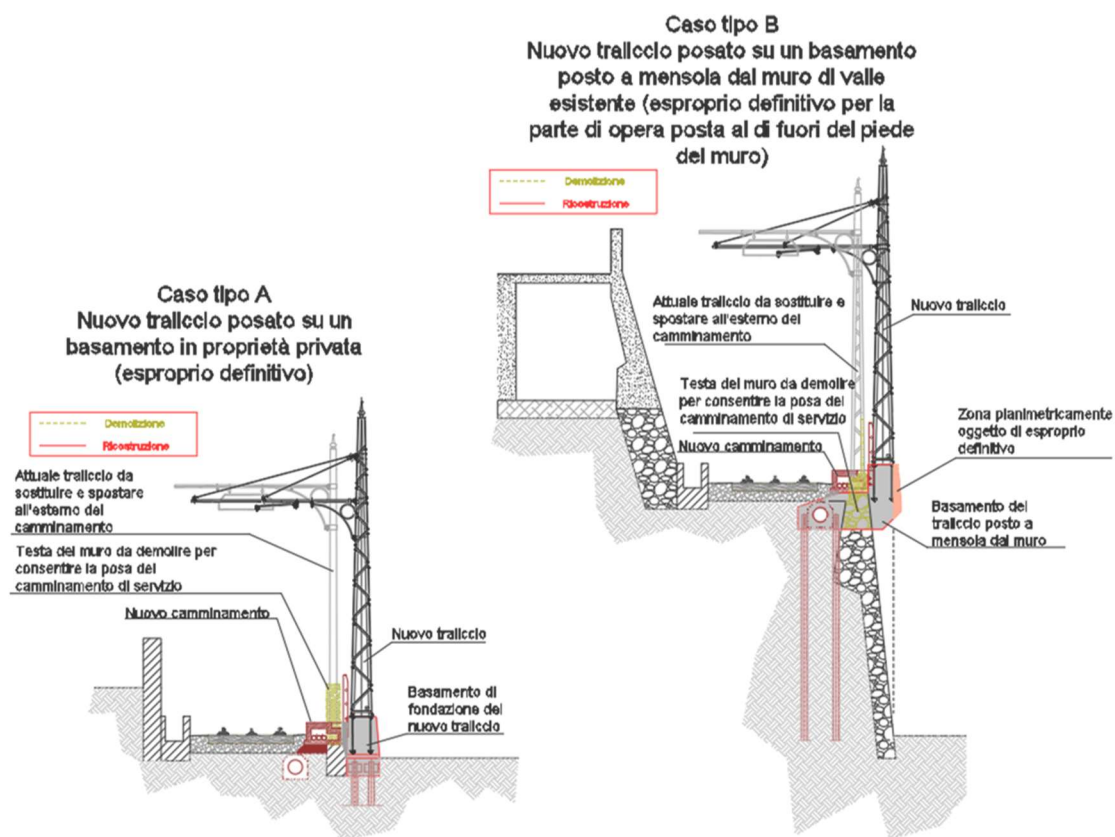


Figura n. 3 - Tipologici di spostamento del traliccio (tratto da tavola P41)

Per i tralicci è prevista la realizzazione di una nuova fondazione indipendente che scaricherà le azioni giungenti dalla struttura tralicciata direttamente al substrato roccioso. Attualmente alcuni tralicci gravano direttamente sui muri di sostegno tramite delle staffe di sostegno.

Pur non essendo carichi di natura importante è possibile comunque affermare che la soluzione prevista nel nuovo progetto produrrà un miglioramento in termini di sgravio delle azioni agenti sui muri esistenti.

Le fondazioni saranno in buona parte poste su micropali e richiederanno un esiguo scavo per la messa in opera. Ove sarà possibile porre in opera la fondazione del traliccio superficialmente essa verrà comunque resa collaborante con il muro di sostegno andando pertanto a costituire una “costola” di irrigidimento del muro stesso.

- “[..] contestualmente al riposizionamento del traliccio all’esterno del camminamento vi sarà la necessità di porre in opera una base in cls ove verrà fissato. Tale base potrà essere un inserto a mensola aggettante dal muro di sostegno di valle della linea oppure sarà un pilastro fondato nella proprietà privata di valle. La determinante tra le due tipologie sarà l’altezza del muro e la minimizzazione dell’impatto per il privato coinvolto (minimizzazione dell’area di esproprio). Si veda la tavola FE02_CDS23_41[.]”

Valgono le stesse considerazioni contenute nel precedente punto

- *Realizzazione di nuovi plinti di fondazione per i tralicci che dovranno essere riposizionati o sostituiti (FE02_CDS23_41);*

Vale quanto scritto per le annotazioni precedenti per la posa dei tralicci

- “[..] sistemazione della linea di contatto ove risultasse vetusta e/o ammalorata [..]”.

La linea di contatto è posta come carico sui tralicci e non muterà, se non in minima parte, rispetto all’attuale situazione.

Le variazioni saranno contestuali a minime correzioni nel posizionamento dei tralicci dettate dal voler limitare i disagi causati a privati rispetto alla procedura di esproprio.

Pertanto, nessuno scavo rilevante e nessun incremento di carico in riferimento a tale attività.

“[..] realizzazione della nuova fermata a valle di quella esistente a Centurione. Al fine di conservare uno stile omogeneo su tutta la linea ferroviaria, sono state adottate le stesse scelte architettoniche delle fermate a monte di Bari (si vedano le tavole da FE02_CDS23_25 a FE02_CDS23_27). Attualmente è presente una banchina dismessa da anni che andrà demolita per essere ricostruita, pertanto, l’intervento è inquadrabile come ripristino della banchina esistente. [..]”.

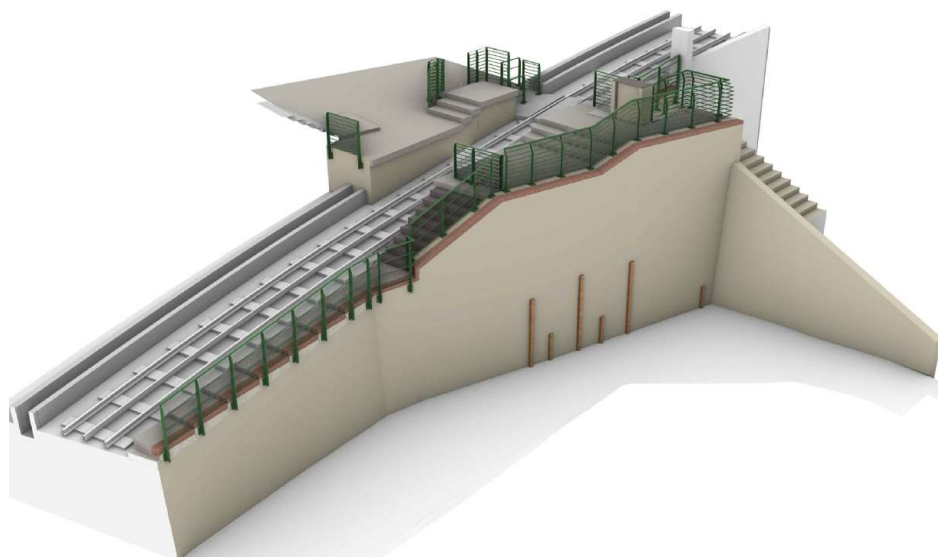


Figura n. 4 -Rendering della nuova fermata Centurione

È presente una banchina di Centurione di valle ormai vetusta e dismessa da tempo. Tale banchina, al momento, grava sulla testa del muro di valle che è rivolta verso un cortile privato. Tale muro è particolarmente alto (circa 4-5 m) e risulta un poco deformato con la testa un poco aggettante rispetto alla base. Tali deformazioni sono presenti da molto tempo e gli scriventi ne hanno traccia sin dai primi anni di progettazione prima del 2010. Da allora non vi è stato alcun progresso dello stato deformativo come dimostrato dai monitoraggi che negli anni AMT ha condotto in corrispondenza di questo manufatto.

Tuttavia, nell'ottica di miglioramento della condizione statica del manufatto e contestualmente alla ricostruzione della banchina di valle, gli scriventi ed AMT hanno, di concerto, optato per l'intervento in progetto al fine di sgravare il muro dalle azioni provenienti dalla banchina di valle (nuova banchina posta su micropali), ridurre le spinte idrauliche (mediante l'implementazione dei drenaggi esistenti con una serie di microdreni e di un nuovo collettamento delle acque al piede del muro) e migliorare la capacità contenitiva del muro mediante un consolidamento con chiodatura passiva collaborante con un nuovo rivestimento (in spritz-beton e armatura di ripartizione).

Per quanto concerne le operazioni di scavo/movimento terra si deve considerare che la banchina esistente andrà completamente demolita per far spazio alla nuova banchina. I volumi di risulta sono quelli relativi a tale demolizione che non potrà essere evitata nell'ottica del miglioramento della attuale situazione.

Le quote della nuova banchina sono un poco più alte della esistente dovendo essere poste in linea con quanto presente nella fermata di monte. Tuttavia, la nuova banchina sarà posta su micropali e non graverà sul muro di valle esistente che avrà la testa un

poco ribassata per far posto alla nuova banchina e che, per tale motivo, risulterà meno sollecitato in termini di spinta di contenimento rispetto all'attuale condizione.

Per le ragioni sopra descritte si ritiene tale intervento oltre che fattibile dal punto di vista geologico e geotecnico anche estremamente necessario al fine di migliorare l'attuale condizione di vetustà del muro di valle.

- *“[...] adeguamento della fermata Centurione esistente in termini di larghezza della banchina e pavimentazione della stessa. [...]”.*

Si tratta di un intervento con una rilevanza inferiore in riferimento alla fattibilità geologica. Lo scavo di risulta qui si riferisce alla sostituzione della pavimentazione esistente al fine di riqualificarla sia in termini di abbattimento delle barriere architettoniche (per i non vedenti) sia per adeguare l'aspetto architettonico della due banchine che si affacceranno l'una all'altra.

- *“[...] nell'ottica di abbattimento delle barriere architettoniche è inoltre prevista la messa in opera di percorsi per i non vedenti, come sono stati installati nelle stazioni e fermate oggetto di precedenti interventi. [...]”.*

Si veda quanto commentato nel punto precedente.

- *Ripristino della funzionalità idraulica delle canalette di scarico delle acque esistenti (si veda lo schema tipologico di intervento sull'armamento ferroviario, FE02_CDS23_36);*

Il progetto di smaltimento delle acque superficiali (Ing. Misurale) prevede il ripristino delle vasche di accumulo partendo dalle posizioni esistenti, la messa in opera di alcune tubazioni e pozzetti per sgravare l'attuale canalizzazione a cielo aperto da situazioni di pioggia estrema mediante una nuova condotta fognaria parallela alla linea ed interrata.

Si tratta di scavi superficiali effettuati subito al di sotto del ballast e che si ritengono utili al miglioramento della capacità di regimazione delle acque superficiali della linea. Dal punto di vista dei carichi statici, non si ha alcun incremento.

- *realizzazione di nuovi drenaggi delle acque superficiali e loro canalizzazione in una nuova condotta fognaria lungo la linea (in tutte le tavole tipologiche di intervento è stata inserita anche la posizione della nuova condotta idraulica). Si vedano elaborati grafici FE02_CDS23_47, FE02_CDS23_48 e la relativa relazione idraulica FE02_CDS23_R4 per ulteriori dettagli.*

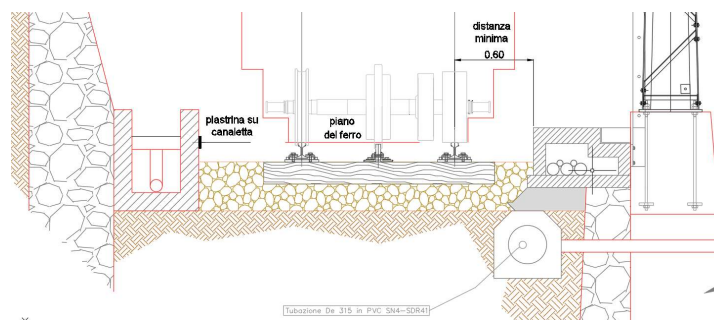


Figura n. 5 -Un dettaglio di una sezione tipologica dell'armamento ferroviario e dell'ubicazione della nuova condotta fognaria parallela alla linea e posta lateralmente al di sotto del nuovo camminamento,

Il progetto della nuova condotta fognaria consentirà lo smaltimento delle acque superficiali in condizioni di pioggia intensa e di sgravare la canaletta aperta esistente da condizioni di piena.

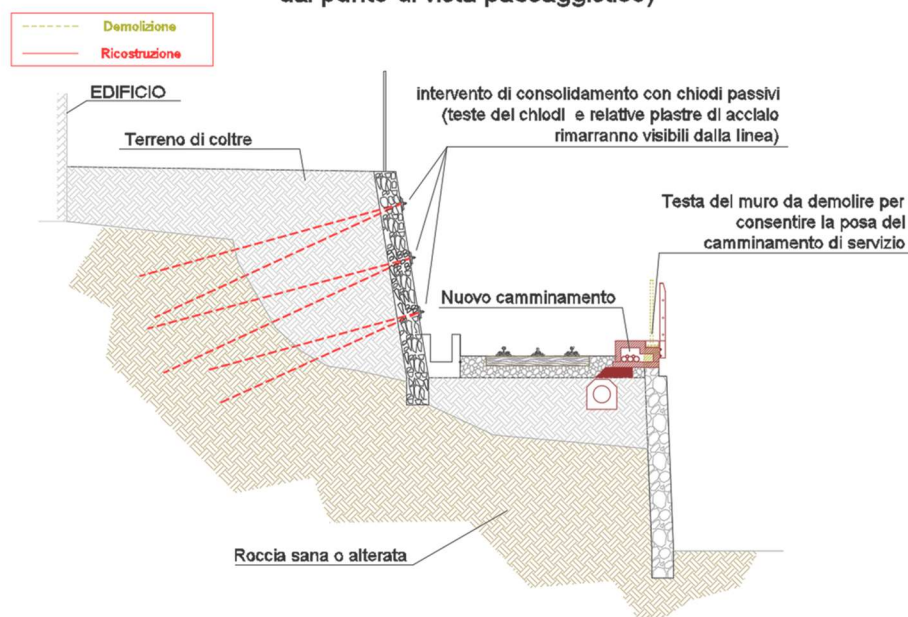
Si rimanda alla relazione idraulica di riferimento per ulteriori dettagli tecnici.

Il nuovo progetto si ritiene fattibile dal punto di vista geologico (sia in termini di carichi sia di movimento terra) ed assolutamente necessario nell'ottica di ammodernamento e riqualificazione della linea.

5.3 Interventi strutturali geotecnici e di consolidamento (opere con maggior interferenza con il sottosuolo)

- *interventi strutturali di stabilizzazione/consolidamento, laddove necessario, sui muri di sostegno di monte. In questo caso si tratta di interventi di consolidamento con chiodi passivi che termineranno lasciando in evidenza la testa e la piastra di fissaggio del chiodo. L'effetto risultante dal punto di vista paesaggistico sarà quello tipico delle fortificazioni medioevali (è già presente e visibile un intervento eseguito nel recente passato sui muri di monte). Le tavole di riferimento per questo intervento sono la FE02_CDS23_22 e la FE02_CDS23_23.*

Intervento tipologico dei consolidamenti dei muri in pietra di monte mediante la posa di chiodi passivi (modesto impatto dal punto di vista paesaggistico)



- **Figura n. 6** -Tipologico di intervento con chiodature nei muri di monte

Tali interventi sono stati posti in progetto al fine rendere geotecnicamente compatibili alcuni muri di sostegno a secco presenti a monte della linea con i riempimenti di terreno che le sezioni trasversali geologiche hanno posto in evidenza.

Tali muri sono in opera verosimilmente dai primi del 900 e non mostrano particolari criticità. Tuttavia, nell'ottica di dover porre le verifiche geotecniche con i criteri di nuova normativa la necessità di tali interventi sembra non essere rimandabile.

Si vuole dare continuità ad un intervento già eseguito negli anni scorsi (a firma dell'ing. Navone) che riteniamo avere una invasività geotecnica minima: quello delle chiodature passive.

Le chiodature hanno il compito di sgravare il muro da gran parte delle spinte dei terreni di coltre (R e C) andando ad intestarsi su una formazione di natura rocciosa (RoA o Rs).

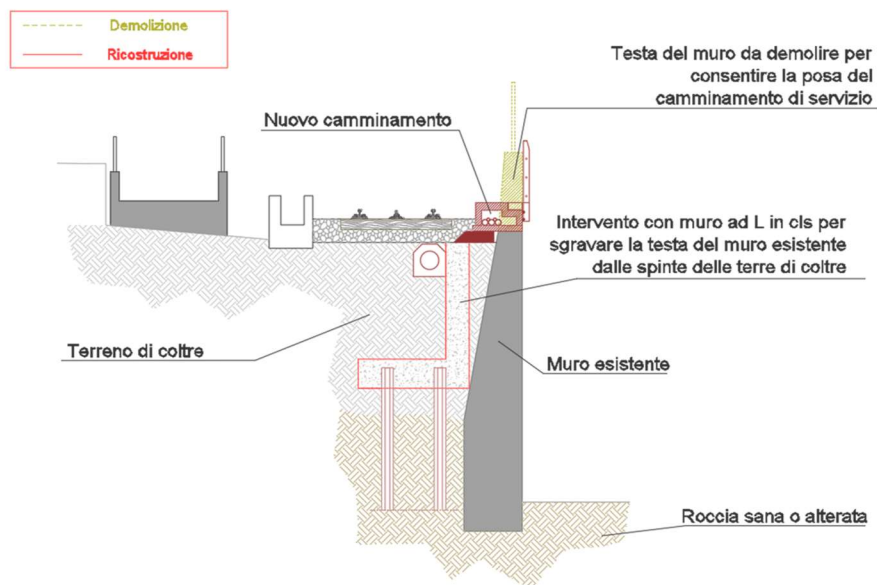
Dal punto di vista dello scavo si tratta di una minima estrazione di materiale di risulta della perforazione (che se fatta con chiodo autoperforante sarà di minima entità).

Le chiodature saranno intestate in una formazione di substrato roccioso.

Dal punto di vista delle azioni si tratterà di un consolidamento e quindi andrà a sgravare i muri esistenti rispetto all'attuale condizione di carico.

- *Interventi strutturali di stabilizzazione/consolidamento, laddove necessario, sui muri di sostegno di valle. In questo caso si tratta o di interventi di miglioramento delle caratteristiche geotecniche a partire dal piano ferrovia o della messa in opera di strutture (es. muri ad L in cls) che vadano a ridurre le spinte geotecniche sui muri di valle. In entrambe le soluzioni, terminate le lavorazioni, non vi sarà alcuna evidenza di modifiche del paesaggio rispetto all'attuale condizione. Si vedano le tavole FE02_CDS23_28 e FE02_CDS23_29.*

Intervento con muro ad L al di sotto del piano ferrovia (nessun impatto visivo dell'intervento al termine dei lavori)



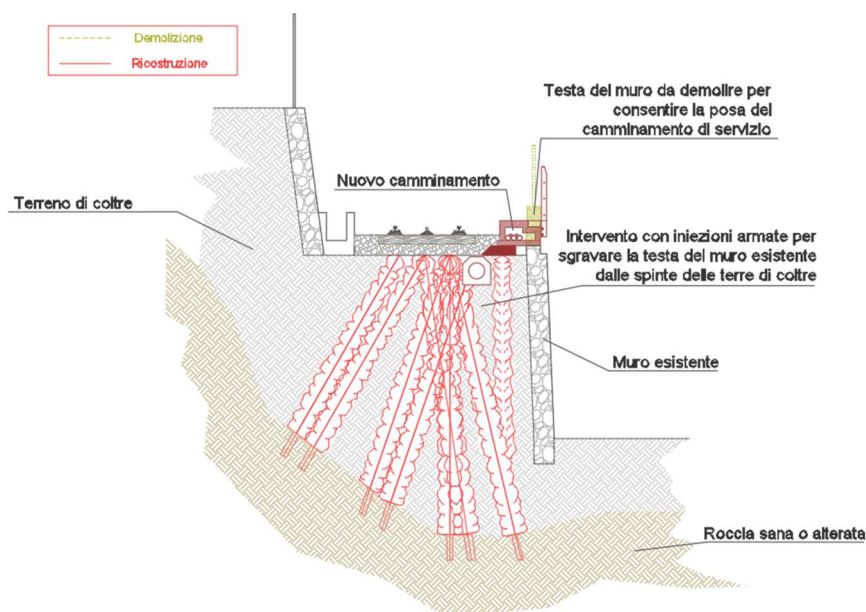
- **Figura n. 7** -Tipologico dell'intervento con muro a "L" subito a monte dell'esistente - in rosso l'intervento in progetto.

Oltre all'intervento sul muro di centurione di valle è presente un altro intervento posto più a monte con un muro ad L in cls da ubicare al di sotto della linea e con funzione di scarico/sgravio per il muro di valle.

Come nel caso dei muri di monte, infatti, anche a valle sono presenti dei tratti ove i muri sono molto alti e la cui geometria e stratigrafia di contenimento sono poco compatibili con le verifiche geotecniche dettate dalle nuove normative.

Anche in questo caso non si tratta di interventi atti a sanare condizioni di distorsione/deformazione maturate nel tempo ma interventi utili a giustificare e soddisfare la verifica statica dei contenimenti di terreno con le altezze importanti evidenziate nelle sezioni trasversali geologiche.

**Intervento tipologico delle iniezioni di consolidamento al di sotto del binario
 (nessun impatto visivo dell'intervento al termine dei lavori)**



**Figura n. 8 -Sezione tipologica dell'intervento tramite pali radice - in rosso
 l'intervento comprensivo del nuovo camminamento**

Un altro intervento relativo ai muri di valle della linea è codificato come intervento in Zona 6 e 7.

L'intervento in questione prevede la stabilizzazione del piano di sedime della linea ferroviaria in un tratto di lunghezza circa 75 metri compreso tra il traliccio 8 e il traliccio 12. L'intervento consiste nella realizzazione di una serie di iniezioni armate con chiodi passivi a costituire dei "pali radice" (soil nailing) fino a raggiungere la roccia sana, con diverse inclinazioni sulla verticale in modo da creare una "foresta" di chiodature che generi l'effetto di miglioramento delle caratteristiche geomeccaniche della coltre di terreno entro cui si "ramificano", riducendo le spinte sui manufatti di contenimento esistenti ed agevolando il lavoro di sostegno di questi ultimi.

A valle della serie di chiodature "intrecciate" è prevista la realizzazione di una fila di iniezioni consolidanti verticali non armate consistenti in iniezioni di boiaccia cementizia per sola gravità e per gradini in modo da evitare di causare danni al muro. Le iniezioni armate che andranno a generare un effetto "radice", avranno lunghezze variabili, che si adatteranno alla profondità della roccia sana lungo il tratto interessato in conformità con le sezioni tipologiche contenute nell'elaborato grafico FE02_CDS23_29.

Dal punto di vista della fattibilità geologica, l'intervento ha lo scopo di migliorare le caratteristiche geomeccaniche del sedime presente al di sotto del ballast ove fosse presente con una certa altezza (le sezioni geologiche e stratigrafiche di riferimento segnalano la presenza di terreni tipo R e C al di sotto del ballast).

La realizzazione delle iniezioni con la tecnica a "radice" consentirà il mantenimento di eventuali circolazioni di acqua ove fossero presenti (che verranno drenate lungo la linea o tramite i barbacani dei muri esistenti di valle).

L'intervento consente di operare dal piano ferrovia e di evitare interventi a partire dai muri e dalle aree private di valle, spesso poste a ridosso dei muri stessi.

L'intervento vuole in primo luogo migliorare le caratteristiche della eventuale coltre presente e di rendere fattibili le verifiche geotecniche dettate dalla nuova normativa.

l'intervento è classificabile come un consolidamento dell'esistente e vuole in primo luogo scaricare i muri dalla eventuale presenza di sacche di terreno (R e C) spingenti.

Come già segnalato in precedenza la totalità di questi muri sono stati posti in opera nei primi del 900 come rivestimento di formazioni rocciose esistenti.

È tuttavia probabile che con gli anni la parte di substrato presente al sotto del ballast (verosimilmente a causa delle circolazioni idrauliche e dello sbarramento offerto dai muri stessi) sia stata esposta ad una accelerazione dei fenomeni di alterazione e che localmente, per alterazione o degrado, possa aver incrementato la propria azione di spinta (e sia passata da RoA alla formazione C).

L'intervento di iniezione vuole ripristinare una condizione più simile a quella riteniamo fosse originariamente presente all'epoca della messa in opera dei muri.

Si ritiene inoltre che durante le fasi di esecuzione le chiodature (e le relative iniezioni) potranno adattarsi in lunghezza intestandosi in maniera pressoché naturale al letto del substrato roccioso.

6. Documenti di riferimento

A supporto della presente relazione, sono stati redatti i seguenti elaborati che fanno parte integrante della documentazione presentata per l'avvio della Conferenza dei Servizi.

RELAZIONI

- FE02 CDS23 R1 - *Relazione tecnico illustrativa*
- FE02 CDS23 R2 - *Relazione in materia di superamento delle barriere architettoniche - miglioramento accessibilità fermata centurione*
- FE02 CDS23 R3 - *Fascicolo della documentazione fotografica*
- FE02 CDS23 R4 - *Relazione sullo smaltimento delle acque meteoriche (progetto ing. Misurale)*
- FE02 CDS23 R6 - *Relazione sulle ripercussioni dell'intervento su manufatti ed edifici adiacenti*
- FE02 CDS23 R7 - *Particellare e espropri*

PLANIMETRIE

- FE02 CDS23 T1 - PLANIMETRIA STATO DI FATTO -- TAVOLA 1 DI 7
- FE02 CDS23 T2 - PLANIMETRIA STATO DI FATTO -- TAVOLA 2 DI 7
- FE02 CDS23 T3 - PLANIMETRIA STATO DI FATTO -- TAVOLA 3 DI 7
- FE02 CDS23 T4 - PLANIMETRIA STATO DI FATTO -- TAVOLA 4 DI 7
- FE02 CDS23 T5 - PLANIMETRIA STATO DI FATTO -- TAVOLA 5 DI 7
- FE02 CDS23 T6 - PLANIMETRIA STATO DI FATTO -- TAVOLA 6 DI 7
- FE02 CDS23 T7 - PLANIMETRIA STATO DI FATTO -- TAVOLA 7 DI 7

- FE02 CDS23 T8 - PLANIMETRIA STATO DI PROGETTO -- TAVOLA 1 DI 7
- FE02 CDS23 T9 - PLANIMETRIA STATO DI PROGETTO -- TAVOLA 2 DI 7
- FE02 CDS23 T10 - PLANIMETRIA STATO DI PROGETTO -- TAVOLA 3 DI 7
- FE02 CDS23 T11 - PLANIMETRIA STATO DI PROGETTO -- TAVOLA 4 DI 7
- FE02 CDS23 T12 - PLANIMETRIA STATO DI PROGETTO -- TAVOLA 5 DI 7
- FE02 CDS23 T13 - PLANIMETRIA STATO DI PROGETTO -- TAVOLA 6 DI 7
- FE02 CDS23 T14 - PLANIMETRIA STATO DI PROGETTO -- TAVOLA 7 DI 7

- FE02 CDS23 T15 - PLANIMETRIA STATO DI RAFFRONTO - TAVOLA 1 DI 7
- FE02 CDS23 T16 - PLANIMETRIA STATO DI RAFFRONTO - TAVOLA 2 DI 6
- FE02 CDS23 T17 - PLANIMETRIA STATO DI RAFFRONTO - TAVOLA 3 DI 7
- FE02 CDS23 T18 - PLANIMETRIA STATO DI RAFFRONTO - TAVOLA 4 DI 7
- FE02 CDS23 T19 - PLANIMETRIA STATO DI RAFFRONTO - TAVOLA 5 DI 7
- FE02 CDS23 T20 - PLANIMETRIA STATO DI RAFFRONTO - TAVOLA 6 DI 7
- FE02 CDS23 T21 - PLANIMETRIA STATO DI RAFFRONTO - TAVOLA 7 DI 7

INTERVENTI A MONTE DELLA LINEA

FE02 CDS23 T22 - MURI IN ZONA ZN_M1 - PLANIMETRIE E SEZIONI

FE02 CDS23 T23 - MURI IN ZONA ZN_M2 - PLANIMETRIE E SEZIONI

INTERVENTI A VALLE DELLA LINEA

FE02 CDS23 T24 - INTERVENTO DI ALLEGGERIMENTO DEL MURO IN ZONA ZN_V1 - PLANIMETRIE E SEZIONI

FE02 CDS23 T25 - FERMATA CENTURIONE ZN_V2 - PLANIMETRIE E SEZIONI (STATO DI FATTO)

FE02 CDS23 T26 - FERMATA CENTURIONE ZN_V2 - PLANIMETRIE E SEZIONI (STATO DI PROGETTO)

FE02 CDS23 T27 - FERMATA CENTURIONE ZN_V2 - PLANIMETRIE E SEZIONI (RAFFRONTO)

FE02 CDS24 T28 - CONSOLIDAMENTO DEL MURO DI CENTURIONE ZN_V2 - PLANIMETRIE E SEZIONI

FE02 CDS23 T29 - INIEZIONI DI CONSOLIDAMENTO ARMATE ZN V3 - PLANIMETRIE E SEZIONI

SCHEMI PER RINGHIERE E RECINZIONI

FE02 CDS23 T30 - PIANTE - SEZIONI - PROSPETTI - PARTICOLARI COSTRUTTIVI

FE02 CDS23 T31 - "SCHEMA DI INSTALLAZIONE RECINZIONE - PIANTE - SEZIONI - PROSPETTI - PARTICOLARI COSTRUTTIVI"

FE02 CDS23 T32 - "SCHEMA DI INSTALLAZIONE RINGHIERA PER CAMMINAMENTO - BLOCCO GRADINO PREFABBRICATO - PIANTE - SEZIONI - PARTICOLARI COSTRUTTIVI - VISTE PROSPETTICHE"

FE02 CDS23 T33 - "SCHEMA DI INSTALLAZIONE RINGHIERA PER CAMMINAMENTO BLOCCO GRADINO PREFABBRICATO PARTICOLARI COSTRUTTIVI - VISTE PROSPETTICHE"

FE02 CDS23 T34 - ABACO RINGHIERE - RECINZIONI - TABELLA ILLUSTRATIVA / RIEPILOGO

FE02 CDS23 T35 - "CAMMINAMENTO DI SERVIZIO - BLOCCO GRADINO PREFABBRICATO CON CHIUSINO DI ISPEZIONE - PIANTE - SEZIONI - PARTICOLARI COSTRUTTIVI E FASI DI LAVORO"

INTERVENTO SULL'ARMAMENTO FERROVIARIO

FE02 CDS23 T36 - ARMAMENTO FERROVIARIO - TIPOLOGICO DI INTERVENTO SULLA LINEA

INTERVENTI SUI TRALICCI

FE02 CDS23 T37 - TRALICCIO E MENSOLA

FE02 CDS23 T38 - MENSOLA DI SOSTEGNO DELLA LINEA AEREA

FE02 CDS23 T39 - ESECUTIVO DEL PALO DI SOSTEGNO DELLA LINEA AEREA PER ALTEZZE LIMITATE

FE02 CDS23 T40 - SUPPORTI DELLA LINEA DI CONTATTO

FE02 CDS23 T41 - TIPOLOGICI DI INTERVENTO DI SOSTITUZIONE DEI TRALICCI

DETTAGLI COSTRUTTIVI DEL NUOVO CAMMINAMENTO DI SERVIZIO

FE02 CDS23 T42 - BLOCCO DEL GRADINO PREFABBRICATO

FE02 CDS23 T43 - BLOCCO DEL GRADINO PREFABBRICATO CON CHIUSINO DI ISPEZIONE

FE02 CDS23 T44 - CAMMINAMENTO IN RAMPA CON CALCESTRUZZO ARCHITETTONICO (I)

FE02 CDS23 T45 - CAMMINAMENTO IN RAMPA CON CALCESTRUZZO ARCHITETTONICO (II)

PARTICELLARE ED ESPROPRI

FE02 CDS23 T46 - PLANIMETRIA GENERALE - SOVRAPPOSIZIONE SU MAPPA CATASTALE

PROGETTO IDRAULICO

FE02 CDS23 T47 - OPERE DI SMALTIMENTO DELLE ACQUE SUPERFICIALI - PLANIMETRIA GENERALE

FE02 CDS23 T48 - OPERE DI SMALTIMENTO DELLE ACQUE SUPERFICIALI - DETTAGLI COSTRUTTIVI

7. Conclusioni

L'intervento avrà carattere permanente e non prevede cambio di destinazione d'uso del suolo, in quanto la linea e le opere che saranno oggetto di intervento (muri di monte e di valle) ricadono entro un'area identificata come "infrastruttura di trasporto". La tipologia di intervento, in accordo alla D.P.R. n. 380 del 6 giugno 2001 e all'art. 10, comma 1, lettera b), della legge n. 120 del 2020, viene classificato come *"intervento di ristrutturazione edilizia, comprendente gli interventi rivolti a trasformare gli organismi edilizi mediante un insieme sistematico di opere che possono portare ad un organismo edilizio in tutto o in parte diverso dal precedente, includendo il ripristino o la sostituzione di alcuni elementi costitutivi dell'edificio, l'eliminazione, la modifica e l'inserimento di nuovi elementi ed impianti"*.

Come appare chiaro dai commenti dei capitoli precedenti, gli interventi in progetto hanno come scopo il miglioramento del servizio di trasporto e di manutenzione delle sue componenti, il miglioramento dell'accessibilità dell'impianto da parte di tutti, l'incremento della sicurezza nelle fasi di servizio e di manutenzione e il miglioramento della stabilità dei terreni entro cui si colloca l'infrastruttura, a garanzia di una maggior continuità del servizio e di una maggior sicurezza.

In conclusione, viste le descrizioni ed i commenti tecnici relativi a ciascuna parte dell'intervento in progetto contenute nel presente documento gli scriventi progettisti attestano la fattibilità dello stesso in quanto:

- riduce al minimo l'interferenza con i suoli e sottosuoli pur nell'ottica di un miglioramento della attuale condizione di vetustà
- gli interventi sono stati progettati allo scopo di soddisfare le verifiche geotecniche nelle condizioni di calcolo e con le fattorazioni imposte dalle nuove normative e di sgravare le strutture esistenti da incrementi di carico dovuti alla messa in opera di nuove strutture/impianti.
- Tutte le opere e gli interventi in progetto non portano modifiche alla situazione geologica entro il tratto di linea della ferrovia che resta, pertanto, immutata.

CONSULET SERVIZI SRL