

COMMITTENTE



PROGETTAZIONE:



DIREZIONE TECNICA

U.O. GALLERIE

PROGETTO DEFINITIVO

VELOCIZZAZIONE LINEA SAN GAVINO – SASSARI – OLBIA

Variante di Bonorva-Torralba

Relazione tecnica delle opere in sotterraneo

SCALA:

-

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

RR0H 04 D 07 RG GN0000 001 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	EMISSIONE ESECUTIVA	A.Amato <i>A.Amato</i>	Marzo 18	H.Mohamed <i>H.Mohamed</i>	Marzo 18	T.Paoletti <i>T.Paoletti</i>	Marzo 18	A.Sciotti Marzo 2018 ITALFERR S.p.A. U.O. GALLERIE Dott. Ing. Alessandra Sciotti Ordine degli Ingegneri di Roma n° 19816 <i>A.Sciotti</i>

File: RR0H04D07RGGN0000001A.doc

n. Elab.: 401

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>VELOCIZZAZIONE LINEA SAN GAVINO – SASSARI – OLBIA</b> <b>Variante di Bonorva- Terralba</b>					
	Relazione tecnica delle opere in sotterraneo	COMMESSA <b>RR0H</b>	LOTTO <b>04 D 07</b>	CODIFICA <b>RG</b>	DOCUMENTO <b>GN 00 00 001</b>	REV. <b>A</b>

## INDICE

1	PREMESSA .....	4
2	SCOPO DEL DOCUMENTO .....	4
3	NORMATIVA DI RIFERIMENTO .....	4
3.1	LEGGI E NORMATIVE COGENTI .....	4
3.2	NORMATIVE NON COGENTI E RACCOMANDAZIONI.....	4
3.3	PRESCRIZIONI E SPECIFICHE TECNICHE (RFI, ITF) .....	5
4	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO .....	5
4.1	DOCUMENTI REFERENZIATI .....	5
4.2	DOCUMENTI CORRELATI.....	5
4.3	DOCUMENTI SUPERATI .....	5
5	ALLEGATI .....	5
6	DOCUMENTI PRODOTTI A SUPPORTO .....	6
7	DESCRIZIONE DELL’OPERA.....	7
7.1	IL TRACCIATO E LE GALLERIE DI LINEA.....	7
7.2	USCITE DI EMERGENZA .....	11
8	METODOLOGIA DI LAVORO .....	14
9	FASE CONOSCITIVA .....	14
9.1	INQUADRAMENTO GEOLOGICO.....	14
9.1.1	<i>Unità vulcanico oligo-miocenico</i> .....	14
9.1.2	<i>Successione continentale quaternaria</i> .....	15
9.2	INDAGINI GEOTECNICHE.....	16
9.3	CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOTECNICA .....	16
10	FASE DI DIAGNOSI.....	17

10.1	CLASSI DI COMPORTAMENTO DEL FRONTE DI SCAVO.....	17
10.2	DETERMINAZIONE DELLE CATEGORIE DI COMPORTAMENTO.....	18
10.3	DEFINIZIONE DELLE TRATTE A COMPORTAMENTO TENSIO-DEFORMATIVO OMOGENEO.....	18
11	FASE DI TERAPIA .....	19
11.1	METODOLOGIA DI SCAVO.....	19
11.1.1	<i>11.1.1 Criteri di scelta del sistema di scavo.....</i>	19
11.1.2	<i>11.1.2 Scavo tradizionale. Gallerie di linea.....</i>	19
11.1.2.1	<i>11.1.2.1 Sezione tipo A1 .....</i>	20
11.1.2.2	<i>11.1.2.2 Sezione tipo A2 .....</i>	21
11.1.2.3	<i>11.1.2.3 Sezione tipo B1 .....</i>	22
11.1.3	<i>11.1.3 Scavo tradizionale. Uscite di emergenza.....</i>	23
11.1.3.1	<i>11.1.3.1 Sezione tipo A1 .....</i>	23
11.1.3.2	<i>11.1.3.2 Sezione tipo A2 .....</i>	23
11.1.3.3	<i>11.1.3.3 Sezione tipo B1 .....</i>	24
11.2	RISCHI POTENZIALI CHE INCIDONO SULLA REALIZZAZIONE DELLE GALLERIE .....	25
11.2.1	<i>11.2.1 Venute d'acqua.....</i>	25
11.2.2	<i>11.2.2 Fenomeni di caduta massi in corrispondenza delle aree d'imbocco.....</i>	25
12	FASE DI VERIFICA E MESSA A PUNTO DEL PROGETTO.....	25
12.1	MONITORAGGIO IN CORSO D'OPERA.....	25
13	CONCLUSIONI .....	26

	<b>VELOCIZZAZIONE LINEA SAN GAVINO – SASSARI – OLBIA</b> <b>Variante di Bonorva- Terralba</b>					
	Relazione tecnica delle opere in sotterraneo	COMMESSA <b>RR0H</b>	LOTTO <b>04 D 07</b>	CODIFICA <b>RG</b>	DOCUMENTO <b>GN 00 00 001</b>	REV. <b>A</b>

## 1 PREMESSA

La presente relazione è parte integrante del progetto definitivo di Velocizzazione della linea San Gavino – Sassari – Olbia ed è relativa alla variante Bonorva - Torralba che si sviluppa per circa 6,7 Km a partire dalla linea storica in prossimità della stazione di Bonorva per ricongiungersi con la stessa in prossimità della stazione di Torralba.

La presente relazione sintetizza gli aspetti principali della progettazione definitiva delle opere civili in sotterraneo.

## 2 SCOPO DEL DOCUMENTO

Scopo del documento è la descrizione delle principali soluzioni tecnico-progettuali individuate per la realizzazione delle tratte in naturale delle gallerie e le relative opere accessorie.

## 3 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

### 3.1 Leggi e normative cogenti

- Rif. [1] Decreto Ministero delle Infrastrutture e Trasporti 14/01/2008, “Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni”;
- Rif. [2] C.S.LL.PP., Circolare n°617 del 02/02/2009, “Istruzioni per l’applicazione delle “nuove norme tecniche per le costruzioni” di cui al DM 14/01/2008”;
- Rif. [3] Decreto Ministeriale 28/10/2005. “Sicurezza nelle gallerie ferroviarie”;
- Rif. [4] Regolamento del 18/11/2014 della Commissione dell’Unione Europea – 1303/2014 - relativa alla Specifica Tecnica di Interoperabilità concernente “la sicurezza nelle gallerie ferroviarie” nel sistema ferroviario transeuropeo convenzionale e ad alta velocità;
- Rif. [5] Regolamento del 18/11/2014 della Commissione dell’Unione Europea – 1300/2014 - relativa ad una Specifica Tecnica di Interoperabilità concernente le “persone a mobilità ridotta” nel sistema ferroviario transeuropeo convenzionale e ad alta velocità;
- Rif. [6] Regolamento del 18/11/2014 della Commissione dell’Unione Europea – 1299/2014 - relativa ad una Specifica Tecnica di Interoperabilità per il sottosistema “infrastruttura” del sistema ferroviario transeuropeo ad alta velocità.

### 3.2 Normative non cogenti e raccomandazioni

- Rif. [7] SIG, “Linee guida per la progettazione, l’appalto e la costruzione di opere in sotterraneo”, 1997;
- Rif. [8] ITA, “Guidelines for the design of tunnels”, 1988;

	<b>VELOCIZZAZIONE LINEA SAN GAVINO – SASSARI – OLBIA</b> <b>Variante di Bonorva- Terralba</b>					
	Relazione tecnica delle opere in sotterraneo	COMMESSA <b>RR0H</b>	LOTTO <b>04 D 07</b>	CODIFICA <b>RG</b>	DOCUMENTO <b>GN 00 00 001</b>	REV. <b>A</b>

### 3.3 Prescrizioni e specifiche tecniche (RFI, ITF)

Rif. [9] RFI, doc RFI DTC SI MA IFS 001 A “Manuale di Progettazione delle opere civili ” datato Dic 2016;

Rif. [10] ITALFERR, Specifica Tecnica PPA.0002403 “Linee guida per la progettazione geotecnica delle gallerie naturali” datato Dicembre 2015.

## 4 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

### 4.1 Documenti Referenziati

Come input per il presente documento sono stati utilizzati gli elaborati di progetto relativi alle precedenti fasi progettuali:

Rif. [11] ITALFERR, Progetto Preliminare (2006);

Rif. [12] ITALFERR, Aggiornamento del Progetto Preliminare (2017);

Nel presente documento si fa inoltre riferimento ai seguenti elaborati allegati al progetto:

Rif. [13] U.O. Geologia, Gestione Terre e Bonifiche, Elaborati Specialistici;

Rif. [14] U.O. Progettazione linee Nodi ed Armamento, Elaborati Specialistici;

Rif. [15] U.O. Gallerie, doc RR0H04D07F5GN0000001A “Profilo geotecnico – Galleria Monte Martis – Galleria Giave” datato Marzo 2018;

Rif. [16] U.O. Gallerie, doc RR0H04D07F5GN0300001A “Profilo geotecnico – Uscita di emergenza Giave” datato Marzo 2018

### 4.2 Documenti Correlati

Rif. [17] Lunardi P. (2006). Progetto e Costruzione di Gallerie: Analisi delle deformazioni controllate nelle rocce e nei suoli - ADECO-RS – (Hoepli Ed.).

### 4.3 Documenti Superati

Non sono presenti documenti superati.

## 5 ALLEGATI

Non sono presenti documenti allegati.

	<b>VELOCIZZAZIONE LINEA SAN GAVINO – SASSARI – OLBIA</b> <b>Variante di Bonorva- Terralba</b>					
Relazione tecnica delle opere in sotterraneo	COMMESSA <b>RR0H</b>	LOTTO <b>04 D 07</b>	CODIFICA <b>RG</b>	DOCUMENTO <b>GN 00 00 001</b>	REV. <b>A</b>	FOGLIO <b>6 di 27</b>

## 6 DOCUMENTI PRODOTTI A SUPPORTO

I contenuti della presente relazione sono utilmente completati e arricchiti dagli elaborati grafici specialistici e dalle relazioni geotecniche e di calcolo allegati al progetto.

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>VELOCIZZAZIONE LINEA SAN GAVINO – SASSARI – OLBIA</b> <b>Variante di Bonorva- Terralba</b>					
	Relazione tecnica delle opere in sotterraneo	COMMESSA <b>RR0H</b>	LOTTO <b>04 D 07</b>	CODIFICA <b>RG</b>	DOCUMENTO <b>GN 00 00 001</b>	REV. <b>A</b>

## 7 DESCRIZIONE DELL'OPERA

### 7.1 Il tracciato e le gallerie di linea

Nell'ambito dello progetto di velocizzazione della linea San Gavino Sassari Olbia è prevista la realizzazione di una variante di tracciato denominata "Variante Bonorva Terralba": tale variante si sviluppa per circa 6.7 km di cui 2,5 km in sotterraneo, mediante 2 gallerie naturali a singolo binario denominate rispettivamente Bauladu e Monte Martis.

La velocità di tracciato è di 140 km/h, la pendenza massima longitudinale in linea è del 16 ‰, la massima sopraelevazione in curva è pari a 13 mm e il raggio di curvatura minimo è di 1100 m.

In tabella sono riportate le progressive delle opere in sotterraneo di linea previste nella Variante Bonorva Torralba e delle opere di imbocco ad esse connesse.

GALLERIA	P <sub>kinizio</sub>	P <sub>kfinale</sub>	L	Opera	L <sub>TOT</sub>
[-]	[m]	[m]	[m]		[m]
Monte Martis	1268,00	1283,50	15,5	GA policentrica lato Bonorva	935,12
	1283,50	2187,80	904,3	GN01	
	2187,80	2203,12	15,32	GA policentrica lato Chilivani	
Giave	2378,50	2394,00	15,50	GA policentrica lato Bonorva	1591,50
	2394,00	3846,50	1452,50	GN01	
	3846,50	3970,00	123,50	GA policentrica lato Chilivani	

**Tabella 1 – Progressive delle gallerie di linea della Variante Bonorva -Torralba**

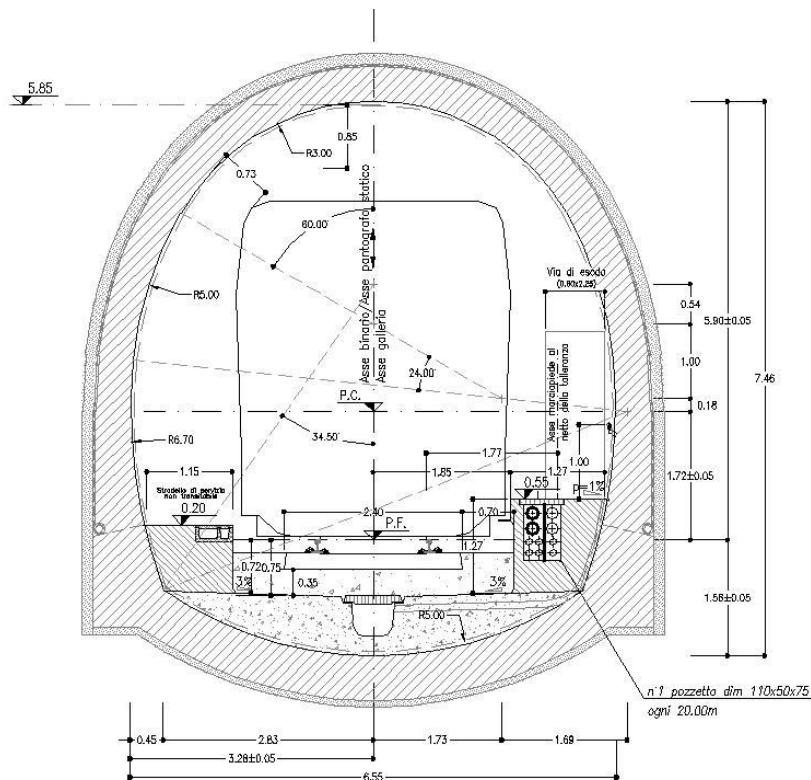
Le sezioni di intradosso utilizzate per gallerie di linea a singolo binario in scavo tradizionale sono in accordo con le sezioni tipo del Manuale di Progettazione RFI (Rif. [9]), idonee al transito del gabarit B+ (P.M.O. n°3) e velocità di progetto sino a 160 km/h. La linea ferroviaria è prevista a trazione. La galleria al suo interno prevede l'alloggiamento dell'armamento tradizionale con traverse tipo "RFI-240" poggiate su ballast ed è predisposta per l'eventuale elettrificazione in c.c. a 3 kV.

Dette sezioni hanno un raggio di calotta pari a 3.00 metri, il raggio alle reni pari a 5.00 metri e il raggio di piedritto pari a 6.70 metri sviluppando complessivamente un'area libera di 32.3 m<sup>2</sup> ed un perimetro di 21.7 metri. Lo stradello di servizio è a geometria variabile, secondo quanto prescritto dal Manuale di Progettazione RFI (Rif. [9]), e, adattandosi alla configurazione trasversale del binario, è caratterizzato dal ciglio posto ad altezza fissa, misurata perpendicolarmente al piano di rotolamento del piano attiguo, pari a +55 cm e a distanza dal bordo interno della

più vicina rotaia, misurata parallelamente al piano di rotolamento, pari a 113 cm. Pertanto la larghezza del camminamento in rettilineo è pari a 127 centimetri al netto della tolleranza costruttiva.

Galleria Monte Martis: la massima sopraelevazione è pari a 60 mm per il tratto di marciapiede in esterno curva pertanto quest'ultimo varierà da una larghezza massima di 132 cm con un'altezza massima di 65 cm alle condizioni in retta.

Galleria Giave: la massima sopraelevazione è di 75 mm millimetri per il tratto di marciapiede in interno curva pertanto quest'ultimo varierà da una larghezza minima di 124 cm con un'altezza minima di 49 cm alle condizioni in retta.



**Figura 1 - Sezione di intradosso gallerie di linea e gallerie artificiali policentriche (sezione corrente in retta.)**

Con riferimento al Manuale di Progettazione RFI (Rif. [9]), le gallerie non sono dotate di nicchie di ricovero personale ma esclusivamente di nicchie LFM previste circa ogni 250 m, di dimensioni utili interne pari a circa 1,75x2,00m. Le nicchie tecnologiche, previste alle pk 2+120.00 e 2+420.00, sono caratterizzate da dimensioni interne pari a 3,4 m x 2,80 m.

Di seguito si riporta una breve descrizione delle opere in sotterraneo di linea e delle opere di imbocco ad esse connesse. Per maggiori dettagli descrittivi si rimanda agli elaborati grafici specialistici allegati al progetto.



	<b>VELOCIZZAZIONE LINEA SAN GAVINO – SASSARI – OLBIA</b> <b>Variante di Bonorva- Terralba</b>					
	Relazione tecnica delle opere in sotterraneo	COMMESSA <b>RR0H</b>	LOTTO <b>04 D 07</b>	CODIFICA <b>RG</b>	DOCUMENTO <b>GN 00 00 001</b>	REV. <b>A</b>

### Galleria Monte Martis

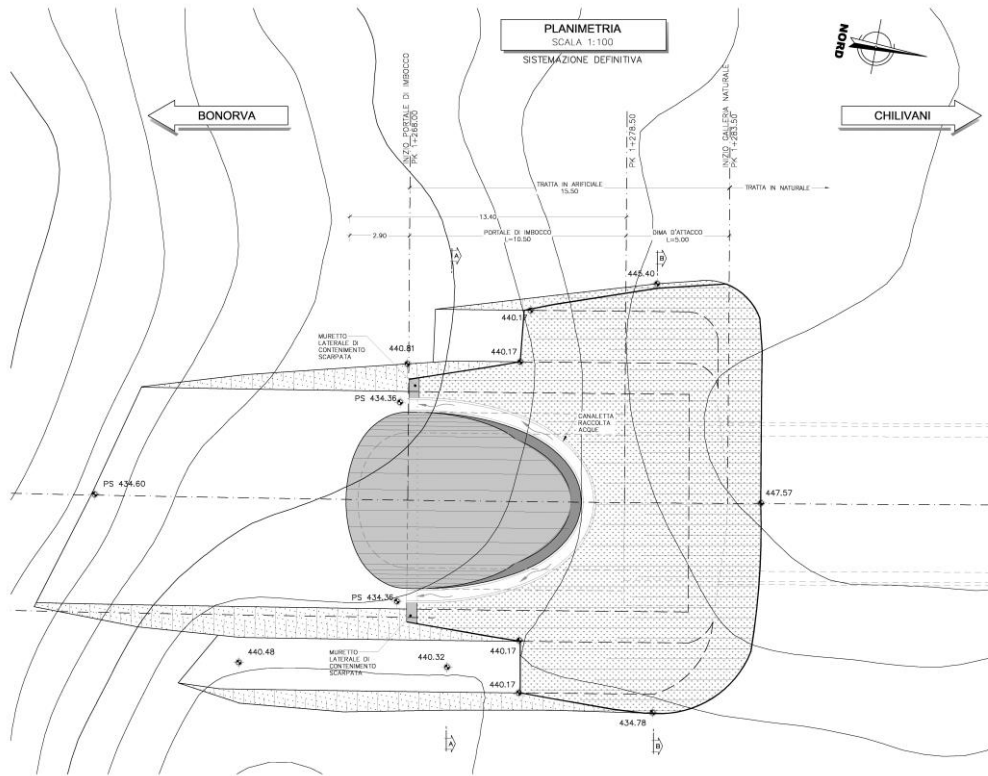
La quota di imbocco lato Bonorva è pari a circa 440 m s.l.m. mentre quella lato Chilivani è pari a circa 420 m s.l.m. La galleria è monopendente con pendenza del 16‰ in discesa verso Chilivani. Procedendo dall'imbocco lato Bonorva le coperture dopo un primo tratto con valori fino a 20 m crescono fino a raggiungere il massimo di 70. Dalla copertura massima a pk 1+900 km, le coperture degradano fino all'imbocco lato Chilivani.

La realizzazione degli imbocchi è prevista senza l'ausilio di opere provvisorie con "attacco diretto". Le trincee di approccio alle pareti di attacco dello scavo in naturale sono previste mediante scavi aventi pendenza 4/1 (H/L) nelle Ignimbriti mentre nelle coltri eluvio-colluviali avranno pendenza 2/3 (H/L). Le superfici delle trincee nelle Ignimbriti saranno protette nelle fasi provvisorie da uno strato di calcestruzzo proiettato e da una maglia di bullonature passive. In fase definitiva si provvederà alla realizzazione in tali tratti di 2 gallerie artificiali policentriche ( solo nel tratto sotto la dima) che saranno ritombate e di portali a becco di flauto inverso.

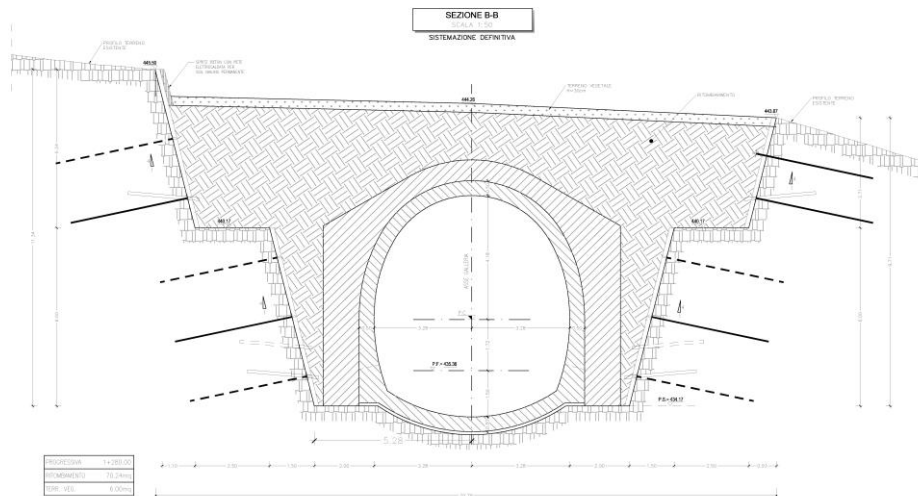
### Galleria Giave

La quota di imbocco lato Bonorva è pari a circa 415 m s.l.m mentre quella lato Chilivani è pari a circa 400 m s.l.m. La galleria è monopendente con pendenza del 16‰ in discesa verso Chilivani. Procedendo dall'imbocco lato Bonorva le coperture crescono rapidamente fino a raggiungere i valori max. di 200 m. Dalla copertura massima a pk 3+100 km, le coperture degradano fino all'imbocco lato Chilivani.

Le trincee di approccio alle pareti di attacco dello scavo in naturale sono previste mediante scavi aventi pendenza 4/1 (H/L) nelle Ignimbriti mentre nelle coltri eluvio-colluviali avranno pendenza 2/3 (H/L). Le superfici delle trincee nelle Ignimbriti saranno protette nelle fasi provvisorie da uno strato di calcestruzzo proiettato e da una maglia di bullonature passive. In fase definitiva si provvederà alla realizzazione in tali tratti di 2 gallerie artificiali policentriche che saranno ritombate e lato Bonorva sarà disposto un portale a becco di flauto inverso mentre lato Chilivani un portale "retto".

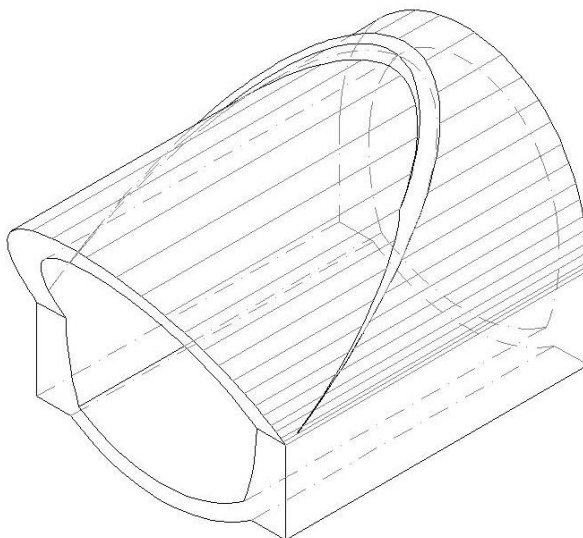


**Figura 2 Planimetria Definitiva Imbocco lato Bonorva Galleria Monte Martis.**



**Figura 3 Sezione sistemazione definitiva Galleria Monte Martis lato Bonorva.**

	<b>VELOCIZZAZIONE LINEA SAN GAVINO – SASSARI – OLBIA</b> <b>Variante di Bonorva- Terralba</b>					
	Relazione tecnica delle opere in sotterraneo	COMMESSA <b>RR0H</b>	LOTTO <b>04 D 07</b>	CODIFICA <b>RG</b>	DOCUMENTO <b>GN 00 00 001</b>	REV. <b>A</b>



**Figura 4 Portale a "Becco di flauto inverso".**

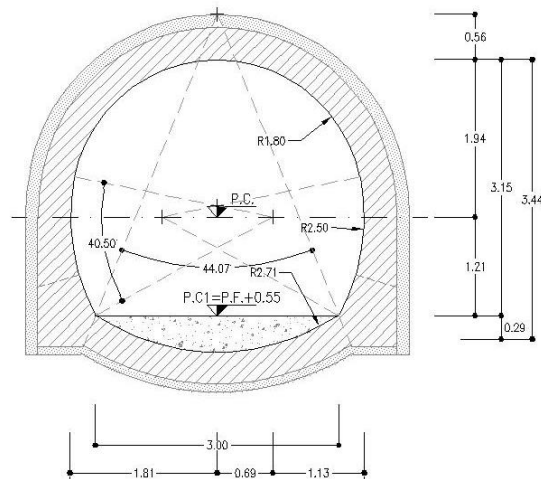
## 7.2 Uscita di emergenza

In accordo a quanto richiesto dalle Specifiche Tecniche di Interoperabilità concernenti la sicurezza nelle gallerie ferroviarie nel sistema ferroviario transeuropeo convenzionale e ad alta velocità, che prevedono uscite di emergenza laterali e/o verticali ogni 1000 m, considerato lo sviluppo della galleria di linea, è stata progettata 1 uscita/accesso di emergenza pedonale intermedia solo per la galleria Giave che ha un'estesa superiore ai 1000m. La sezione dell'uscita/accesso ha un'altezza di 3.15 m ed una larghezza utile sul piano di calpestio pari a 3.00 m. All'innesto con la galleria di linea l'uscita di emergenza è dotata di una sezione allargata avente un raggio di 2,35 m in calotta e larghezza utile al piano di calpestio pari a 3,80 m.

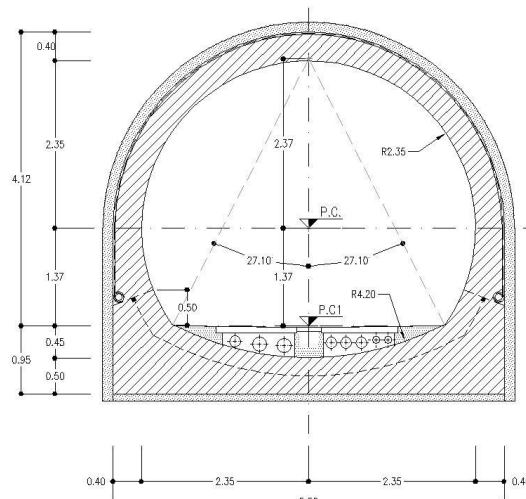
L'uscita/accesso è collegata alla galleria di linea attraverso zone filtro, con accesso mediante 2 porte di larghezza utile pari a 90 cm e altezza utile pari a 200 cm. Nel tratto allargato è prevista anche la realizzazione di un locale tecnologico avente lunghezza utile pari a 11 m.

<b>GALLERIA</b>	<b>L<sub>artificiale</sub></b>	<b>L<sub>naturale</sub></b>	<b>L<sub>TOT</sub></b>	<b>Pendenza max</b>
<b>[-]</b>	<b>[m]</b>	<b>[m]</b>	<b>[m]</b>	<b>(%)</b>
Uscita/accesso di emergenza Giave	23.27	598.02	621.29	5.09%

**Figura 5 – Caratteristiche geometriche uscite\accessi pedonali galleria Giave**

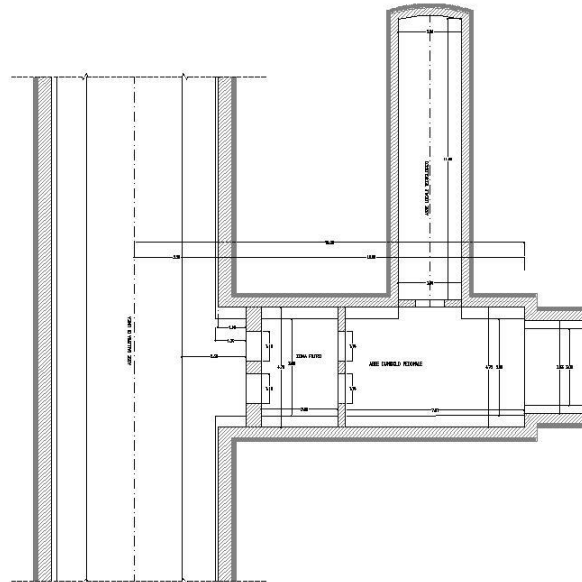


**Figura 6 - Sezione tipo di intradosso uscita di emergenza pedonale sezione corrente.**

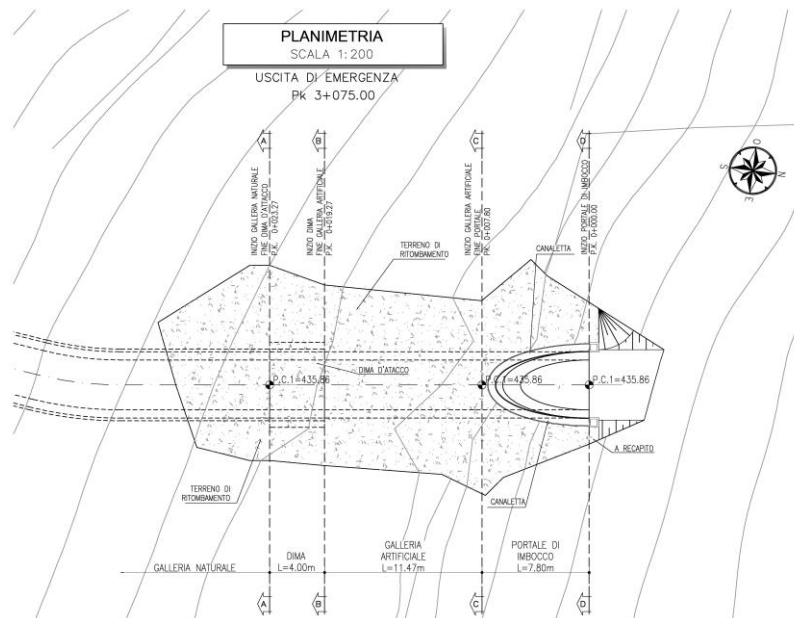


**Figura 7 - Sezione tipo di intradosso uscita di emergenza pedonale zona d'innesto.**

L'imbocco è realizzato con micropali tirantati aventi interasse 0.40 m . In fase definitiva si provvederà alla realizzazione di un tratto di galleria artificiale policentrica che sarà ritombata, l'uscita all'aperto è prevista mediante un portale a becco di flauto.



**Figura 8 – Innesco galleria di linea – cunicolo pedonale.**



**Figura 9 Planimetria Definitiva Uscita\Accesso Giave.**

	<b>VELOCIZZAZIONE LINEA SAN GAVINO – SASSARI – OLBIA</b> <b>Variante di Bonorva- Terralba</b>					
	Relazione tecnica delle opere in sotterraneo	COMMESSA <b>RR0H</b>	LOTTO <b>04 D 07</b>	CODIFICA <b>RG</b>	DOCUMENTO <b>GN 00 00 001</b>	REV. <b>A</b>

## 8 METODOLOGIA DI LAVORO

La progettazione delle opere in sotterraneo, condotta secondo il metodo ADECO-RS (Rif. [17]), si è articolata nelle seguenti fasi:

1. fase conoscitiva: è finalizzata allo studio e all'analisi del contesto geologico e geotecnico in cui deve essere realizzata l'opera;
2. fase di diagnosi: si esegue la valutazione della risposta deformativa dell'ammasso allo scavo in assenza di interventi di stabilizzazione per la determinazione delle categorie di comportamento;
3. fase di terapia: sulla base dei risultati delle precedenti fasi progettuali, si individuano le modalità di scavo e gli interventi di stabilizzazione idonei (sezioni tipo) per realizzare l'opera in condizioni di sicurezza.
4. fase di verifica e messa a punto: il progetto è completato dal piano di monitoraggio da predisporre ed attuare nella fase realizzativa. Nel piano di monitoraggio sono individuati i valori delle grandezze fisiche a cui riferirsi in corso d'opera per controllare la risposta deformativa dell'ammasso al procedere dello scavo, verificare la rispondenza con le previsioni progettuali e mettere a punto le soluzioni progettuali nell'ambito delle variabilità previste.

## 9 FASE CONOSCITIVA

Nella fase conoscitiva si acquisiscono gli elementi necessari alla caratterizzazione e modellazione geologica del sito e alla caratterizzazione e modellazione geotecnica del volume significativo interessato dalle opere in sotterraneo.

Per eventuali approfondimenti sullo studio geologico si rimanda agli specifici elaborati progettuali (Rif. [13]).

### 9.1 Inquadramento geologico

L'area di studio si colloca nella porzione nord-occidentale della Sardegna e interessa il territorio dei comuni di Bonorva e Giave, in provincia di Sassari (SS).

Le formazioni interessate dalle opere in progetto sono:

#### 9.1.1 Unità vulcanico oligo-miocenico

##### Ignimbriti riolitiche

Si tratta di tufi di colore azzurro e grigio-verdastro, giallastro e grigio chiaro per alterazione (**IGR**), a granulometria da fine a grossolana, da mediamente a ben cementati, massivi o in strati da spessi a molto spessi, immersi nella massa di fondo si rinvencono diffuse pomice grigie e litici lavici neri con dimensioni da centimetriche a decimetriche, da scarsi a molto abbondanti.

	<b>VELOCIZZAZIONE LINEA SAN GAVINO – SASSARI – OLBIA</b> <b>Variante di Bonorva- Terralba</b>					
Relazione tecnica delle opere in sotterraneo	COMMESSA <b>RR0H</b>	LOTTO <b>04 D 07</b>	CODIFICA <b>RG</b>	DOCUMENTO <b>GN 00 00 001</b>	REV. <b>A</b>	FOGLIO <b>15 di 27</b>

### Piroclastiti riolitiche

Si tratta di ceneri di colore grigio chiaro e biancastro (**PRR**), a granulometria medio-fine, prevalentemente incoerenti, massive o debolmente laminate, con frequenti e sottili intercalazioni di ceneri grigie da poco a mediamente cementate; a luoghi si rinvengono passaggi di tufi litoidi di colore grigio chiaro, a granulometria medio-fine, in strati da medi a molto spessi.

### **9.1.2 Successione continentale quaternaria**

Le unità sono prevalentemente composte da sedimenti clastici di modesto spessore, di genesi alluvionale, detritica ed eluvio-colluviale.

### Depositi di versante a grossi blocchi

Sono composti da ghiaie poligeniche ed eterometriche, da angolose a sub-angolose (**a1**), in matrice sabbiosa e sabbioso-limosa di colore grigio, marrone e rossastro, da scarsa ad abbondante, con diffusi blocchi poligenici di dimensioni da decimetriche a metriche; a luoghi si rinvengono passaggi di sabbie e sabbie limose di colore grigio e giallastro, a struttura indistinta, con abbondanti ghiaie poligeniche da angolose a sub-angolose.

### Depositi di versante

Si tratta di ghiaie poligeniche ed eterometriche, da angolose a sub-angolose (**a**), in matrice sabbiosa e sabbioso-limosa di colore grigio, marrone e rossastro, generalmente abbondante; a luoghi si rinvengono passaggi di sabbie e sabbie limose di colore grigio e giallastro, a struttura indistinta, con abbondanti ghiaie poligeniche da angolose a sub-angolose.

### Coltri eluvio-colluviali

Questi depositi si rinvengono diffusamente in tutta l'area di studio, soprattutto corrispondenza delle depressioni impluviali o alla base dei rilievi più acclivi ed estesi. Si tratta di sabbie, sabbie limose e limi sabbiosi di colore grigio, marrone e rossastro (**b2**), a struttura indistinta, con diffusi resti vegetali e locali ghiaie poligeniche da angolose a sub-arrotondate; a luoghi si rinvengono passaggi di argille limose e limi argilloso-sabbiosi di marrone e rossastro, a struttura indistinta, con diffusi resti vegetali e sporadiche ghiaie poligeniche da angolose a sub-arrotondate.

Per la descrizione del modello geologico si rimanda agli elaborati di progetto specialistici (Rif. [13]).

	<b>VELOCIZZAZIONE LINEA SAN GAVINO – SASSARI – OLBIA</b> <b>Variante di Bonorva- Terralba</b>					
Relazione tecnica delle opere in sotterraneo	COMMESSA <b>RR0H</b>	LOTTO <b>04 D 07</b>	CODIFICA <b>RG</b>	DOCUMENTO <b>GN 00 00 001</b>	REV. <b>A</b>	FOGLIO <b>16 di 27</b>

## 9.2 Indagini geotecniche

Ai fini della modellazione e della caratterizzazione geotecnica delle unità che interessano le opere in sotterraneo in progetto, sono stati utilizzati i dati relativi alle campagne geotecniche di seguito elencate:

- Campagna indagini 2006 (*Progettazione preliminare per la velocizzazione della tratta San Gavino Sassari Olbia*);
- Campagna indagini 2017 (*“Progettazione definitiva Velocizzazione linea San Gavino - Sassari – Olbia Variante di Bauladu ”*).

sono state realizzate le seguenti indagini:

- n. 8 sondaggi a rotazione e carotaggio continuo strumentati con piezometro;
- n. 1 sondaggio a distruzione non attrezzato;
- n. 7 stendimenti sismici a rifrazione. In onde P ed S
- n. 8 Rilievi geostrutturali
- Prove di laboratorio

## 9.3 Caratterizzazione e modellazione geotecnica

I risultati delle indagini geotecniche, in situ e di laboratorio, hanno permesso di definire il modello geotecnico rappresentativo delle condizioni stratigrafiche e delle caratteristiche fisico-meccaniche dei terreni/rocce interessati dall’opera in sotterraneo lungo il suo tracciato. Il modello geotecnico è rappresentato negli elaborati dei profili geotecnici (Rif. [15], Rif. [16] )

La campagna d’indagini geotecniche svolta è adeguata all’attuale livello di progettazione.

Per la caratterizzazione geotecnica delle singole formazioni si rimanda alle relazioni geotecniche e di calcolo delle gallerie naturali.



	<b>VELOCIZZAZIONE LINEA SAN GAVINO – SASSARI – OLBIA</b> <b>Variante di Bonorva- Terralba</b>					
	Relazione tecnica delle opere in sotterraneo	COMMESSA <b>RR0H</b>	LOTTO <b>04 D 07</b>	CODIFICA <b>RG</b>	DOCUMENTO <b>GN 00 00 001</b>	REV. <b>A</b>

## 10 FASE DI DIAGNOSI

Nella fase di diagnosi, sulla base del modello geotecnico scaturito dagli studi e dalle indagini effettuati nella fase conoscitiva, si procede alla previsione della risposta tensio-deformativa dell'ammasso allo scavo, in assenza di interventi di stabilizzazione.

La valutazione della risposta deformativa dell'ammasso allo scavo è condotta con riferimento alle tre categorie di comportamento fondamentali individuate nel metodo ADECO-RS (Rif. [17]), di seguito brevemente richiamate, sulla base delle quali il tracciato sotterraneo è suddiviso in tratte a comportamento deformativo omogeneo.

I risultati dell'analisi del comportamento deformativo consentono di individuare gli interventi di precontenimento e/o di contenimento più idonei a garantire condizioni di stabilità della galleria in fase di scavo e a lungo termine.

### 10.1 Classi di comportamento del fronte di scavo

Secondo l'approccio ADECO-RS (Rif. [17]) la previsione dell'evoluzione dello stato tensionale a seguito dell'apertura di una galleria è possibile attraverso l'analisi dei fenomeni deformativi, che forniscono indicazioni sul comportamento della cavità nei riguardi della stabilità a breve e a lungo termine. Dati sperimentali e analisi teoriche hanno dimostrato che il comportamento della cavità è significativamente condizionato, oltre che dalle caratteristiche geometriche della galleria stessa e dai carichi litostatici, anche dalle caratteristiche di resistenza e di rigidità del nucleo d'avanzamento, inteso come il volume di terreno a monte del fronte di scavo. Se il nucleo non è costituito da materiale sufficientemente rigido e resistente da mantenere in campo elastico il proprio comportamento tensio-deformativo, si sviluppano fenomeni deformativi e plasticizzazioni rilevanti in avanzamento, a cui consegue l'evoluzione verso condizioni di instabilità del fronte e del cavo. Se, invece, il comportamento del nucleo d'avanzamento si mantiene in campo elastico, il nucleo stesso svolge un'azione di precontenimento del cavo, che si mantiene a sua volta in condizioni elastiche, conservando le caratteristiche di massima resistenza del materiale attraversato e quindi configurazioni di stabilità.

Sulla base di tali considerazioni, il comportamento del nucleo-fronte di scavo, al quale è legato quello della cavità, può essere sostanzialmente ricondotto alle seguenti tre categorie:

#### Categoria A: nucleo-fronte stabile

Tale categoria corrisponde alla condizione in cui lo stato tensionale nel terreno al fronte e al contorno della cavità non supera le caratteristiche di resistenza dell'ammasso; in tal caso le deformazioni sono prevalentemente elastiche, di piccola entità e tendono ad esaurirsi rapidamente con la distanza dal fronte. Il fronte di scavo e il cavo sono stabili e quindi non si rendono necessari interventi preventivi di stabilizzazione, se non localizzati e in misura ridotta. Il rivestimento definitivo costituisce il margine di sicurezza per la stabilità a lungo termine.

#### Categoria B: nucleo-fronte stabile a breve termine

Tale categoria corrisponde alla condizione in cui lo stato tensionale nel terreno al fronte e al contorno della cavità, a seguito delle operazioni di scavo, raggiunge la resistenza dell'ammasso. I fenomeni deformativi tensionali sono di tipo elasto-plastico, di maggiore entità rispetto al caso precedente. Nell'ammasso può prodursi una eventuale riduzione delle caratteristiche di resistenza con decadimento verso i parametri residui. La risposta tensio-

	<b>VELOCIZZAZIONE LINEA SAN GAVINO – SASSARI – OLBIA</b> <b>Variante di Bonorva- Terralba</b>					
	Relazione tecnica delle opere in sotterraneo	COMMESSA <b>RR0H</b>	LOTTO <b>04 D 07</b>	CODIFICA <b>RG</b>	DOCUMENTO <b>GN 00 00 001</b>	REV. <b>A</b>

deformativa può essere opportunamente controllata con adeguati interventi di preconsolidamento del fronte e/o di consolidamento al contorno del cavo. In tal modo si fornisce l'opportuno contenimento all'ammasso perché mantenga un comportamento stabile. Nel caso non si prevedano interventi, lo stato tensio-deformativo può evolvere verso situazioni di instabilità del cavo in fase di realizzazione. Il rivestimento definitivo costituisce il margine di sicurezza per la stabilità a lungo termine.

### Categoria C: nucleo-fronte instabile

Tale categoria corrisponde alla condizione in cui, superata la resistenza del terreno, i fenomeni deformativi evolvono molto rapidamente in campo plastico, producendo la progressiva instabilità del fronte di scavo e un incremento dell'estensione della zona dell'ammasso decompressa ed plasticizzata al contorno della cavità, con rapido decadimento delle caratteristiche meccaniche del materiale. L'espansione della fascia di materiale decompresso al contorno del cavo deve essere contenuta prima dell'arrivo del fronte di scavo, mediante interventi di preconsolidamento in avanzamento, che consentono di creare artificialmente l'effetto arco per far evolvere la risposta tensio-deformativa verso configurazioni di stabilità.

## **10.2 Determinazione delle categorie di comportamento**

Per la determinazione delle categorie di comportamento sono stati utilizzati principalmente due metodi di analisi:

- il metodo delle linee caratteristiche (o convergenza-confinamento) che consente l'analisi 3D semplificata dello scavo di gallerie in relazione alle proprietà meccaniche dell'ammasso attraversato, alle caratteristiche geometriche dell'opera, agli interventi previsti di precontenimento e contenimento, e all'installazione dei rivestimenti provvisori e definitivi. Nella fase di diagnosi, poiché la finalità è la valutazione del comportamento deformativo dell'ammasso in assenza di interventi di stabilizzazione, le analisi consistono nella valutazione della sola curva caratteristica del fronte (e del cavo) senza considerare l'interazione con i sostegni.
- i metodi di analisi della stabilità del fronte all'equilibrio limite.

## **10.3 Definizione delle tratte a comportamento tensio-deformativo omogeneo**

Per le opere in sotterraneo in progetto sono state considerate diverse sezioni di analisi per le diverse condizioni di ammasso e di copertura. Sulla base di queste analisi, il tracciato è stato suddiviso in tratte a comportamento tensio-deformativo omogeneo.

La gallerie Monte Martis e Giave attraversano entrambe la formazione delle Ignimbriti ed è previsto un comportamento allo scavo stabile tipo A.

Per l'uscita di emergenza i criteri di definizione delle tratte a comportamento tensio-deformativo omogeneo sono del tutto analoghi a quelli descritti per le gallerie di linea. L'uscita attraversa nel suo tratto terminale prima di sboccare all'esterno le piroclastiti riolitiche (PRR). Tale formazione non è stata oggetto di indagine diretta nell'area di imbocco e non è stata intercettata dagli altri sondaggi effettuati. Le informazioni in possesso derivano da dati di letteratura e dalle risultanze delle indagini svolte nel 2006 che però non comprendevano prove meccaniche di compressione semplice e/o confinata ma esclusivamente prove di tipo point load. Il comportamento

	<b>VELOCIZZAZIONE LINEA SAN GAVINO – SASSARI – OLBIA</b> <b>Variante di Bonorva- Terralba</b>					
	Relazione tecnica delle opere in sotterraneo	COMMESSA <b>RR0H</b>	LOTTO <b>04 D 07</b>	CODIFICA <b>RG</b>	DOCUMENTO <b>GN 00 00 001</b>	REV. <b>A</b>

allo scavo in tale formazione è stato considerato cautelativamente stabile a breve termine. Sarà, pertanto, eseguito in tale area un sondaggio geognostico ed eseguite opportune prove di laboratorio al fine di confermare le ipotesi progettuali.

Le previsioni di comportamento lungo il tracciato delle gallerie sono illustrate in forma sintetica nel Profilo Geotecnico (Rif. [15] )

## 11 FASE DI TERAPIA

Nel presente capitolo sono definiti gli interventi necessari per garantire la stabilità del cavo a breve e a lungo termine, in accordo con le indicazioni provenienti dalla fase conoscitiva e dall'analisi del comportamento deformativo allo scavo (fase di diagnosi). Sono, quindi, descritte le caratteristiche principali delle sezioni tipo di avanzamento, il loro campo di applicazione e la successione delle fasi esecutive; i dettagli delle sezioni di scavo e consolidamento sono illustrati nei pertinenti elaborati progettuali.

### 11.1 Metodologia di scavo

#### 11.1.1 Criteri di scelta del sistema di scavo

Dall'analisi del tracciato plano-altimetrico e in particolare in relazione alla ridotta estensione delle gallerie naturali La soluzione scelta per lo scavo delle stesse il metodo di scavo tradizionale a piena sezione.

#### 11.1.2 Scavo tradizionale. Gallerie di linea.

In funzione delle caratteristiche geotecniche delle formazioni attraversate e del loro comportamento allo scavo, saranno applicate **3** diverse sezioni tipo, intese come complesso di modalità operative, fasi di lavoro, interventi di stabilizzazione, drenaggi e relative tecnologie esecutive, denominate A1, A2, B1

Per ciascuna sezione tipo sono previsti eventuali opportuni interventi di presostegno e precontenimento al fronte ed al contorno, l'installazione a ridosso del fronte di scavo di un rivestimento provvisorio costituito da spritz-beton fibrorinforzato e centine metalliche ed infine il getto dei rivestimenti definitivi di arco rovescio e calotta. La gestione delle acque in sotterraneo è garantita dall'installazione di 2+2 drenaggi in avanzamento, dall'impermeabilizzazione a tergo dei rivestimenti definitivi di calotta e da un tubo microfessurato, al piede dell'impermeabilizzazione, di presidio per eventuale drenaggio delle acque presenti nelle formazioni attraversate.

Le condizioni omogenee previste lungo lo sviluppo del tracciato delle gallerie di linea che attraversano le Ignimbriti con bassi valori del grado di fratturazione degli ammassi rocciosi hanno comportato l'utilizzo prevalente di sezioni di avanzamento di tipo A ed in particolare per la galleria Monte Martis la sezione tipo A1 mentre per la Galleria Giave la sezione tipo A2 in considerazione delle maggiori coperture raggiunte in quest'ultima.

Nei paragrafi a seguire si riporta una sintetica descrizione delle sezioni tipo definite, che trovano completa rappresentazione negli elaborati grafici di progetto.

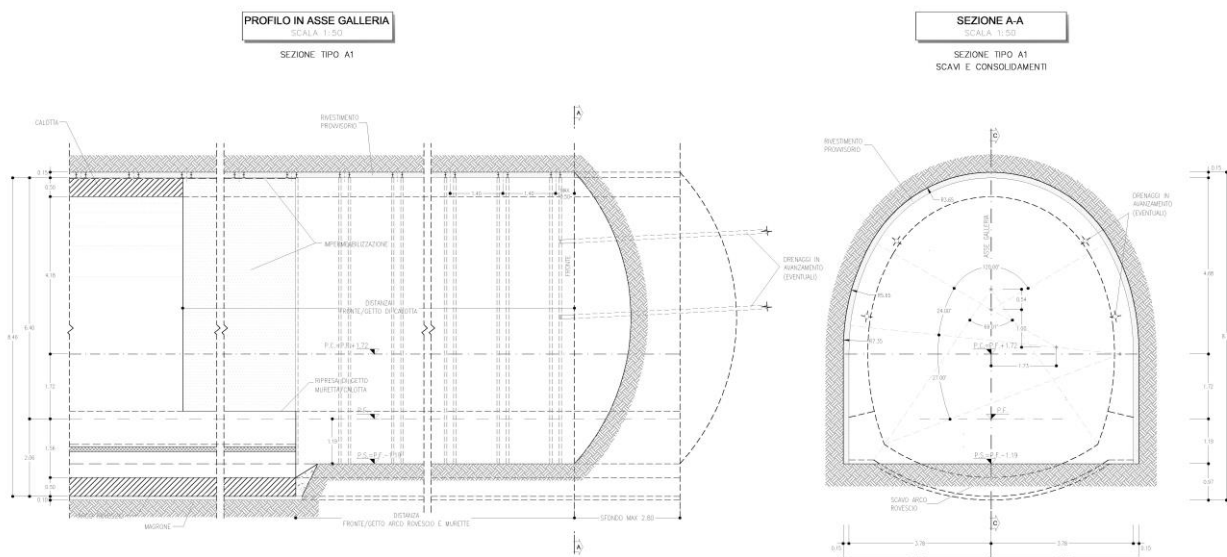
Per la distribuzione delle tratte di applicazione delle diverse sezioni tipo si rimanda invece ai profili geotecnici delle gallerie di linea (Rif. [15])

### 11.1.2.1 Sezione tipo A1

La A1 è una sezione cilindrica che prevede interventi di contenimento al contorno tramite centine e spritz-beton e può essere impiegata solo nelle tratte con comportamento del nucleo-fronte stabile (categoria A); ne è prevista l'applicazione nelle ignimbriti.

Sono di seguito elencati i principali elementi caratterizzanti la sezione A1, ordinati secondo le fasi esecutive previste:

- scavo a piena sezione per singoli sfondi di dimensioni massime 2,80 m;
- rivestimento provvisorio (ad ogni sfondo) composto da 0,15 m di spritz-beton fibrorinforzato e doppie centine IPN160 con passo 1,40 m  $\pm$  20%;
- arco rovescio (spessore 0,50 m) e murette in calcestruzzo non armato gettati ad una distanza massima dal fronte pari a 5 diametri;
- calotta in calcestruzzo non armato (spessore 0,50 m) gettata ad una distanza non vincolata dal fronte.



**Figura 10 Sezione tipo A1 Gallerie Monte Martis e Giave**



 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>VELOCIZZAZIONE LINEA SAN GAVINO – SASSARI – OLBIA</b> <b>Variante di Bonorva- Terralba</b>					
	Relazione tecnica delle opere in sotterraneo	COMMESSA <b>RR0H</b>	LOTTO <b>04 D 07</b>	CODIFICA <b>RG</b>	DOCUMENTO <b>GN 00 00 001</b>	REV. <b>A</b>

### 11.1.2.3 Sezione tipo B1

La B1 è una sezione tronco-conica che prevede interventi di precontenimento del fronte e presostegno al contorno, con campi di avanzamento da 8,5 m; ne è prevista l'applicazione nelle tratte dove lo scavo interessa le ignimbriti aventi un maggiore grado di fratturazione (zone tettonizzate).

Sono di seguito elencati i principali elementi caratterizzanti la sezione B1, ordinati secondo le fasi esecutive previste:

- precontenimento del fronte realizzato mediante eventuali 15 elementi strutturali tubolari in VTR, L=14,5 m (sovrapposizione minima 6,0 m) cementati in foro con miscele cementizie. L'incidenza del preconsolidamento (numero o lunghezza degli elementi) potrà avere una variabilità del  $\pm 20\%$ ;
- presostegno al contorno (entro un angolo di  $120^\circ$  in calotta) realizzato mediante 19 tubi in acciaio L=12 m (sovrapposizione minima 3,5 m, interasse  $0,4 \pm 20\%$  m);
- scavo a piena sezione per singoli sfondi di 1,0 m secondo campi di avanzamento tronco-conici di lunghezza pari a 8,5 m;
- rivestimento provvisorio (ad ogni sfondo) composto da 0,25 m di spritz-beton fibrorinforzato e doppie centine IPN180 con passo 1,0 m;
- arco rovescio (spessore 0,90 m) e murette in calcestruzzo armato gettati ad una distanza massima dal fronte pari a 1,5 diametri;
- calotta non armata (spessore variabile da 0,50 m a 1,15 m) gettata ad una distanza massima dal fronte pari a 4 diametri.

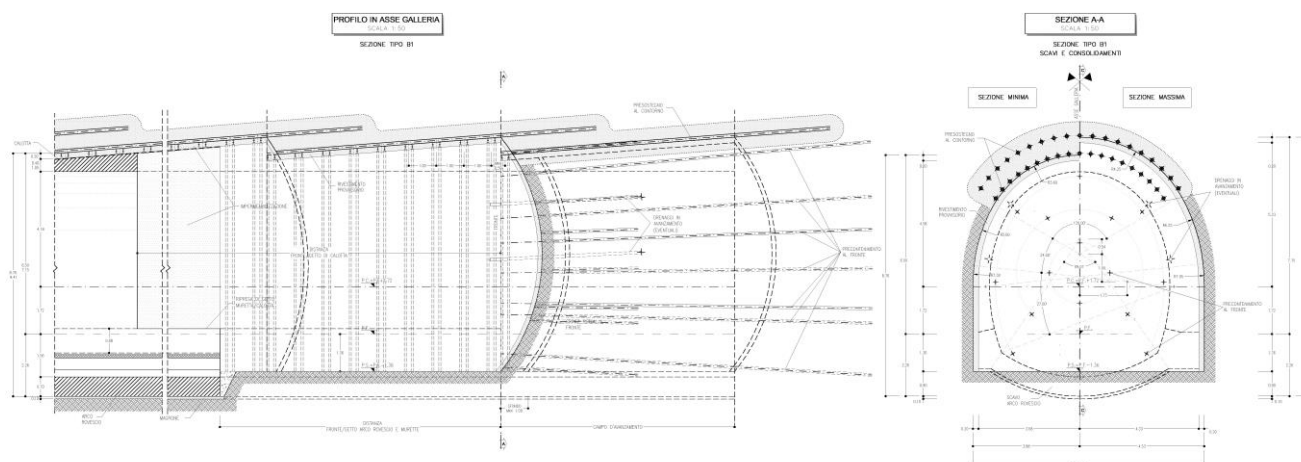


Figura 12 Sezione tipo B1 Gallerie Monte Martis e Giave

	<b>VELOCIZZAZIONE LINEA SAN GAVINO – SASSARI – OLBIA</b> <b>Variante di Bonorva- Terralba</b>					
	Relazione tecnica delle opere in sotterraneo	COMMESSA <b>RR0H</b>	LOTTO <b>04 D 07</b>	CODIFICA <b>RG</b>	DOCUMENTO <b>GN 00 00 001</b>	REV. <b>A</b>

Per la verifica geotecnica e strutturale delle sezioni di avanzamento dello scavo si rimanda alle relazioni di calcolo redatte in accordo al DM 2008.

### **11.1.3 Scavo tradizionale. Uscite di emergenza.**

Per la realizzazione delle tratte in naturale delle uscite di emergenza, si utilizzerà la tecnica dello scavo in tradizionale mediante avanzamenti a piena sezione per singoli sfondi di lunghezza variabile in funzione del contesto geotecnico.

Per le uscite di emergenza pedonale della galleria Giave sono state definite 3 diverse sezioni tipo, denominate A1, A2, B1.

Le tipologie di intervento previste nelle singole sezioni e i criteri di applicazione sono del tutto analoghi a quelli definiti per le gallerie di linea, descritte al precedente §11.1.2 con le precisazioni riportate nel §10.3

Nei paragrafi a seguire si riporta, comunque, una sintetica descrizione delle sezioni tipo definite, con lo scopo di evidenziare le differenze di natura quantitativa degli interventi rispetto a quanto previsto nelle sezioni delle gallerie di linea.

Per la distribuzione delle tratte di applicazione dell'uscita di emergenza si rimanda allo specifico profilo geotecnico Rif. [16]

#### **11.1.3.1 Sezione tipo A1**

La A1 prevista è del tutto analoga alla medesima sezione prevista per le gallerie naturali.

Sono di seguito elencati i principali elementi caratterizzanti la sezione A1, ordinati secondo le fasi esecutive previste:

- scavo a piena sezione per singoli sfondi di dimensioni massime 2,80 m;
- rivestimento provvisorio (ad ogni sfondo) composto da 0,15 m di spritz-beton fibrorinforzato e doppie centine IPN140 con passo 1,4m;
- arco rovescio (spessore 0,50 m) e murette in calcestruzzo non armato gettati ad una distanza massima dal fronte pari a 5 diametri;
- calotta in calcestruzzo non armato (spessore 0,40 cm) gettata ad una distanza non vincolata dal fronte.

#### **11.1.3.2 Sezione tipo A2**

La A1 prevista è del tutto analoga alla medesima sezione prevista per le gallerie naturali.

Sono di seguito elencati i principali elementi caratterizzanti la sezione A2, ordinati secondo le fasi esecutive previste:

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>VELOCIZZAZIONE LINEA SAN GAVINO – SASSARI – OLBIA</b> <b>Variante di Bonorva- Terralba</b>					
	Relazione tecnica delle opere in sotterraneo	COMMESSA <b>RR0H</b>	LOTTO <b>04 D 07</b>	CODIFICA <b>RG</b>	DOCUMENTO <b>GN 00 00 001</b>	REV. <b>A</b>

- scavo a piena sezione per singoli sfondi di dimensioni massime 2,40 m;
- chiodatura radiale mediante 6/7 chiodi ad ancoraggio continuo Ø24 disposti in raggiera alternate, lunghezza 3 m, interasse longitudinale 1,20 m;
- rivestimento provvisorio (ad ogni sfondo) composto da 0,15 m di spritz-beton fibrorinforzato e doppie centine IPN140 con passo 1,2m;
- arco rovescio (spessore 0,50 m) e murette in calcestruzzo non armato gettati ad una distanza massima dal fronte pari a 5 diametri;
- calotta in calcestruzzo non armato (spessore 0,40 cm) gettata ad una distanza non vincolata dal fronte.

### 11.1.3.3 Sezione tipo B1

La B1 prevista è del tutto analoga alla medesima sezione della galleria di

Sono di seguito elencati i principali elementi caratterizzanti la sezione B1, ordinati secondo le fasi esecutive previste.

- precontenimento del fronte realizzato mediante 11 elementi strutturali in VTR, L=13,5 m (sovrapposizione minima 5,0 m) cementati in foro con miscele cementizie. L'incidenza del preconsolidamento (numero o lunghezza degli elementi) potrà avere una variabilità del  $\pm 20\%$ ;
- presostegno al contorno (entro un angolo di  $120^\circ$  in calotta) realizzato mediante 13 tubi in acciaio valvolati, L=12,0 m (sovrapposizione minima 3,5 m, interasse  $0,4 \pm 20\%$  m);
- scavo a piena sezione per singoli sfondi di 1,0 m secondo campi di avanzamento tronco-conici di lunghezza pari a 8,5 m;
- rivestimento provvisorio (ad ogni sfondo) composto da 0,20 m di spritz-beton fibrorinforzato e doppie centine IPN160 con passo 1,0 m;
- arco rovescio (spessore 0,60 m) e murette in calcestruzzo armato gettati ad una distanza massima dal fronte pari a 1,5 diametri;
- calotta in calcestruzzo non armato (spessore variabile da 0,40 m a 1,05 m) gettata ad una distanza massima dal fronte pari a 4 diametri.



	<b>VELOCIZZAZIONE LINEA SAN GAVINO – SASSARI – OLBIA</b> <b>Variante di Bonorva- Terralba</b>					
	Relazione tecnica delle opere in sotterraneo	COMMESSA <b>RR0H</b>	LOTTO <b>04 D 07</b>	CODIFICA <b>RG</b>	DOCUMENTO <b>GN 00 00 001</b>	REV. <b>A</b>

## 11.2 Rischi potenziali che incidono sulla realizzazione delle gallerie

Di seguito si descrivono le principali criticità, legate al contesto geologico, idrogeologico e geotecnico, che potrebbero avere ripercussioni sulla fase realizzativa delle gallerie, e si illustrano le relative possibili azioni di mitigazione o riduzione del rischio.

Non sono state riscontrate particolari criticità incidenti sulla realizzazione delle gallerie.

La mappatura dei diversi rischi individuati nella fase conoscitiva e la relativa gestione definita nella fase di terapia, sono illustrate in forma sintetica negli elaborati dei profili geotecnici (Rif. [15], Rif. [16] )

### 11.2.1 Venute d'acqua

Il potenziale rischio di venute d'acqua in galleria in fase di scavo è stato definito in funzione dei principali caratteri idrogeologici delle formazioni di interesse. Tale rischio dipende dalla conducibilità idraulica dei materiali attraversati, dal carico idraulico e dall'eventuale presenza di zone di faglia e di discontinuità.

La ridotta trasmissività e permeabilità (valore medio  $10^{-6}$  m/s) del complesso idrogeologico tufaceo ignimbrico (Rif. [13]) che caratterizza integralmente lo scavo delle gallerie di linea e parzialmente lo scavo dell'uscita/accesso di emergenza non fa prevedere particolari afflussi d'acqua durante lo scavo delle gallerie. (Rif. [13]),

Sono comunque previsti per minimizzare il rischio di eventuali venute d'acqua, drenaggi al fronte (2+2 per le gallerie di linea e 2+2 per le uscite di emergenza) e l'impermeabilizzazione a tergo del rivestimento definitivo di calotta.

### 11.2.2 Fenomeni di caduta massi in corrispondenza delle aree d'imbocco

Le aree prospicienti i due imbocchi della galleria Monte Martis potrebbero essere soggette a fenomeni di crollo di blocchi di roccia. Le dimensioni di tali blocchi sono comunque limitate ed inferiori a  $1\text{m}^3$  Rif. [13]. Seppur tali fenomeni risultino di modesta rilevanza il progetto prevede la posa in opera di una rete paramassi nelle zone più scoscese dei pendii prospicienti le aree d'imbocco previa un'ispezione ed il disaggio dei blocchi instabili e l'esecuzione di portali d'imbocco a becco di flauto inverso come ulteriore protezione della sede ferroviaria.

## 12 FASE DI VERIFICA E MESSA A PUNTO DEL PROGETTO

### 12.1 Monitoraggio in corso d'opera

Nella fase realizzativa dovrà essere posto in opera un adeguato programma di monitoraggio che consenta di:

- confermare le sezioni tipo previste per le tratte omogenee, come da profilo geotecnico, secondo i criteri di applicazione definiti in progetto;

	<b>VELOCIZZAZIONE LINEA SAN GAVINO – SASSARI – OLBIA</b> <b>Variante di Bonorva- Terralba</b>					
	Relazione tecnica delle opere in sotterraneo	COMMESSA <b>RR0H</b>	LOTTO <b>04 D 07</b>	CODIFICA <b>RG</b>	DOCUMENTO <b>GN 00 00 001</b>	REV. <b>A</b>

- definire le variazioni degli interventi da effettuarsi nell'ambito delle variabilità previste in progetto sulla base di quanto riscontrato in fase di scavo;
- definire il passaggio tra una sezione tipo ed un'altra presente nel progetto all'interno delle tratte omogenee.

Se necessario, il piano di monitoraggio dovrà prevedere anche il controllo degli effetti prodotti dallo scavo in superficie.

Con riferimento, quindi, alla realizzazione degli imbocchi, in sintesi il programma di monitoraggio dovrà prevedere:

- monitoraggio degli spostamenti delle paratie mediante mire ottiche disposte sull'opera di sostegno;
- monitoraggio carico sui tiranti con celle di carico toroidali

Con riferimento alle gallerie di linea, in sintesi il programma di monitoraggio dovrà prevedere:

- il rilievo analitico e speditivo del fronte di scavo;
- il controllo della convergenza del cavo, mediante installazione di stazioni di convergenza con mire ottiche;
- il monitoraggio dello stato tensionale nel rivestimento di prima fase mediante celle di carico, celle di pressione e *strain-gauges*;
- il monitoraggio dello stato tensionale nel rivestimento definitivo mediante barrette estensimetriche;

I dati di monitoraggio dovranno essere inseriti in una piattaforma Web-GIS, in modo tale da garantire l'esame tempestivo e continuativo dei dati rilevati e la trasmissione sistematica dei dati e delle elaborazioni, avendo precedentemente definito ed assegnato le responsabilità per la lettura, l'elaborazione e l'interpretazione dei dati di monitoraggio, nonché per la loro distribuzione.

Le grandezze individuate come rappresentative dovranno essere rilevate e controllate con un sistema di misura che abbia un grado di precisione compatibile con i valori attesi per le grandezze sopra dette, in modo da poter essere confrontati con le previsioni progettuali (i valori attesi) al fine di consentire la verifica e la messa a punto del progetto, e la gestione delle variabilità previste.

Per ulteriori dettagli riguardo le frequenze delle letture e gli altri aspetti legati al monitoraggio delle opere minori si rimanda agli elaborati specialistici allegati al progetto.

### 13 CONCLUSIONI

Nell'ambito del progetto definitivo di Velocizzazione della linea San Gavino – Sassari – Olbia ed è prevista la realizzazione della variante Bonorva - Torralba che si sviluppa per circa 6,7 Km: è prevista la realizzazione di 2 gallerie di linea singolo binario: galleria Monte Martis e galleria Giave.

	<b>VELOCIZZAZIONE LINEA SAN GAVINO – SASSARI – OLBIA</b> <b>Variante di Bonorva- Terralba</b>					
Relazione tecnica delle opere in sotterraneo	COMMESSA <b>RR0H</b>	LOTTO <b>04 D 07</b>	CODIFICA <b>RG</b>	DOCUMENTO <b>GN 00 00 001</b>	REV. <b>A</b>	FOGLIO <b>27 di 27</b>

Completano il progetto delle opere in sotterraneo gli imbocchi delle gallerie, e 1 uscita\accesso di emergenza intermedie, prevista in accordo a quanto richiesto dalle Specifiche Tecniche di Interoperabilità concernenti la sicurezza nelle gallerie ferroviarie nel sistema ferroviario transeuropeo convenzionale e ad alta velocità.

La progettazione delle opere in sotterraneo in progetto è stata condotta secondo il Metodo ADECO-RS (cfr. Rif. [17]) che si articola nelle seguenti fasi:

- fase conoscitiva: è finalizzata allo studio e all'analisi del contesto geologico e geotecnico in cui deve essere realizzata l'opera;
- fase di diagnosi: si esegue la valutazione della risposta deformativa dell'ammasso allo scavo in assenza di interventi di stabilizzazione per la determinazione delle categorie di comportamento;
- fase di terapia: sulla base dei risultati delle precedenti fasi progettuali, si individuano le modalità di scavo e gli interventi di stabilizzazione idonei (sezioni tipo) per realizzare l'opera in condizioni di sicurezza.
- fase di verifica e messa a punto: il progetto è completato dal piano di monitoraggio da predisporre ed attuare nella fase realizzativa. Nel piano di monitoraggio sono individuati i valori delle grandezze fisiche a cui riferirsi in corso d'opera per controllare la risposta deformativa dell'ammasso al procedere dello scavo, verificare la rispondenza con le previsioni progettuali e mettere a punto le soluzioni progettuali nell'ambito delle variabilità previste in progetto.