

COMMITTENTE:



DIREZIONE LAVORI:



APPALTATORE:



PROGETTAZIONE:

MANDATARIA:

MANDANTI:



IL DIRETTORE DELLA PROGETTAZIONE:

Ing. L. LACOPO

Responsabile integrazione fra le varie prestazioni specialistiche

PROGETTO ESECUTIVO

**ITINERARIO NAPOLI – BARI
RADDOPPIO TRATTA CANCELLO - BENEVENTO
II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO
3° SUBLOTTO SAN LORENZO – VITULANO**

GALLERIE NATURALI

Relazione tecnica delle opere in sotterraneo

| | | |
|---|--|--------|
| APPALTATORE | | SCALA: |
| IL DIRETTORE TECNICO Ing. M. FERRONI | | - |

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

I F 2 R 3 2 E Z Z R G G N 0 0 0 0 0 0 1 B

| Rev. | Descrizione | Redatto | Data | Verificato | Data | Approvato | Data | Autorizzato Data |
|------|-------------------------|-------------------------|----------|----------------------|----------|-----------------------------|----------|--|
| A | EMISSIONE | N. Cognome I.Marquez | 01/07/21 | N. Cognome M.Nuti | 01/07/21 | N. Cognome Ing. P.Cucino | 01/07/21 | IL PROGETTISTA N. Cognome 31/10/21 |
| B | REVISIONE A SEGUITO RDV | I.Marquez | 29/10/21 | L.Repetto | 30/10/21 | P.Cucino | 31/10/21 | |
| | | | | | | | | |

File: IF2R.3.2.E.ZZ.RG.GN.00.0.0.001.B.doc

n. Elab.:

| | | | | | | |
|--|--|-------------------|----------------|----------------------------|-----------|-------------------|
| APPALTATORE: TELESE S.c.a.r.l. <small>Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata</small> | ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 3 SUBLOTTO SAN LORENZO – VITULANO | | | | | |
| PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A. | PROGETTO ESECUTIVO | | | | | |
| GALLERIE NATURALI Relazione tecnica delle opere in sotterraneo | COMMESSA IF2R | LOTTO 3.2.E.ZZ | CODIFICA RG | DOCUMENTO GN.00.0.0.001 | REV. B | FOGLIO 2 di 61 |

| | | |
|----------|---|-----------|
| 1 | PREMESSA..... | 5 |
| 2 | SCOPO DEL DOCUMENTO | 6 |
| 3 | NORMATIVA DI RIFERIMENTO..... | 7 |
| 3.1 | LEGGI E NORMATIVE COGENTI | 7 |
| 3.2 | NORMATIVE NON COGENTI E RACCOMANDAZIONI | 7 |
| 3.3 | PRESCRIZIONI E SPECIFICHE TECNICHE (RFI, ITF) | 7 |
| 4 | DOCUMENTI DI RIFERIMENTO..... | 8 |
| 4.1 | DOCUMENTI REFERENZIATI | 8 |
| 4.2 | DOCUMENTI CORRELATI | 10 |
| 4.3 | DOCUMENTI SUPERATI..... | 11 |
| 5 | ALLEGATI..... | 12 |
| 6 | DOCUMENTI PRODOTTI A SUPPORTO..... | 13 |
| 7 | DESCRIZIONE DELL'OPERA | 14 |
| 7.1 | IL TRACCIATO E LE OPERE IN SOTTERRANEO | 14 |
| 7.1.1.1 | Galleria Ponte | 16 |
| 7.1.1.2 | Galleria Reventa..... | 18 |
| 7.1.1.3 | Galleria Le Forche | 19 |
| 7.2 | SINTESI GALLERIE | 20 |
| 7.3 | LA SICUREZZA IN GALLERIA..... | 20 |
| 7.4 | OPERE TECNOLOGICHE..... | 25 |
| 8 | METODOLOGIA DI LAVORO..... | 26 |

| | | | | | | |
|--|--|-------------------|----------------|----------------------------|-----------|-------------------|
| APPALTATORE: TELESE S.c.a.r.l. <small>Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata</small> | ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 3 SUBLOTTO SAN LORENZO – VITULANO | | | | | |
| PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A. | PROGETTO ESECUTIVO | | | | | |
| GALLERIE NATURALI Relazione tecnica delle opere in sotterraneo | COMMESSA IF2R | LOTTO 3.2.E.ZZ | CODIFICA RG | DOCUMENTO GN.00.0.0.001 | REV. B | FOGLIO 3 di 61 |

| | |
|---|-----------|
| 9 FASE CONOSCITIVA | 27 |
| 9.1 INQUADRAMENTO GEOLOGICO | 27 |
| 9.2 CARATTERI STRUTTURALI | 28 |
| 9.3 INDAGINI GEOTECNICHE | 29 |
| 9.4 CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOTECNICA | 30 |
| 9.5 IL REGIME IDRAULICO..... | 34 |
| 10 FASE DI DIAGNOSI..... | 36 |
| 10.1 CLASSI DI COMPORTAMENTO DEL FRONTE DI SCAVO..... | 36 |
| 10.2 DETERMINAZIONE DELLE CATEGORIE DI COMPORTAMENTO | 37 |
| 10.3 DEFINIZIONE TRATTE A COMPORTAMENTO TENSIO-DEFORMATIVO OMOGENEO | 38 |
| 11 FASE DI TERAPIA..... | 40 |
| 11.1 METODOLOGIA DI SCAVO | 40 |
| 11.1.1.1 Criteri di scelta del sistema di scavo | 40 |
| 11.1.1.2 Scavo tradizionale. Gallerie di linea | 40 |
| 11.1.1.3 Sezione tipo A1..... | 41 |
| 11.1.1.4 Sezione tipo A2..... | 41 |
| 11.1.1.5 Sezione tipo A2bis..... | 42 |
| 11.1.1.6 Sezione tipo B1..... | 43 |
| 11.1.1.7 Sezione tipo B2..... | 43 |
| 11.1.1.8 Sezione tipo C1..... | 44 |
| 11.1.1.9 Sezione tipo C1bis..... | 45 |
| 11.1.1.10 Sezione Tipo C2..... | 46 |

| | | | | | | |
|--|--|-------------------|----------------|----------------------------|-----------|-------------------|
| APPALTATORE: TELESE S.c.a.r.l. <small>Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata</small> | ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 3 SUBLOTTO SAN LORENZO – VITULANO | | | | | |
| PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A. | PROGETTO ESECUTIVO | | | | | |
| GALLERIE NATURALI Relazione tecnica delle opere in sotterraneo | COMMESSA IF2R | LOTTO 3.2.E.ZZ | CODIFICA RG | DOCUMENTO GN.00.0.0.001 | REV. B | FOGLIO 4 di 61 |

| | |
|--|-----------|
| 11.1.1.11 Sezione tipo C2p..... | 47 |
| 11.1.1.12 Sezione tipo C2p* | 47 |
| 11.1.1.13 Sezione tipo C2v..... | 48 |
| 11.1.1.14 Sezione tipo C3..... | 49 |
| 11.1.1.15 Scavo tradizionale. Cameroni di manovra | 50 |
| 11.2 AZIONI DI MITIGAZIONE DEI RISCHI POTENZIALI INDIVIDUATI..... | 52 |
| 12 FASE DI VERIFICA E MESSA A PUNTO DEL PROGETTO..... | 59 |
| 12.1 MONITORAGGIO IN CORSO D'OPERA..... | 59 |
| 13 CONCLUSIONI..... | 61 |

| | | | | | | |
|--|--|--------------------------|-----------------------|-----------------------------------|------------------|--------------------------|
| APPALTATORE: TELESE S.c.a.r.l. <small>Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata</small> | ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 3 SUBLOTTO SAN LORENZO – VITULANO | | | | | |
| PROGETTAZIONE: Mandataria: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A. | PROGETTO ESECUTIVO | | | | | |
| GALLERIE NATURALI Relazione tecnica delle opere in sottoterraneo | COMMESSA IF2R | LOTTO 3.2.E.ZZ | CODIFICA RG | DOCUMENTO GN.00.0.0.001 | REV. B | FOGLIO 5 di 61 |

1 PREMESSA

La presente relazione è parte integrante del progetto esecutivo per il raddoppio della linea Cancello-Benevento sull'itinerario Napoli-Bari ed in particolare si riferisce al secondo lotto funzionale compreso tra la Stazione di Frasso Telesino/Dugenta (km 16+500 km) e l'impianto di Vitulano (km 46+950,00) per una estensione complessiva di circa 30,4 Km di linea.

Dall'analisi di tracciato e in funzione delle fasi di esercizio, è prevista una suddivisione dell'intervento in 3 sub lotti funzionali in relazione ai tratti in cui l'infrastruttura dialoga con gli impianti esistenti di Telese e San Lorenzo:

- Lotto 1 (circa 11,2 km): dal km 16+500 fino all'impianto di Telese al km 27+700;
- Lotto 2 (circa 11 km): da Telese fino all'impianto del PC di San Lorenzo (km 38+700);
- Lotto 3 (circa 8,2 km) dall'impianto del PC di San Lorenzo fino a fine intervento (km 46+950 km).

La presente relazione sintetizza gli aspetti principali della progettazione esecutiva delle opere civili in sottoterraneo riguardanti il Lotto 3 (da pk 38+700 km a pk 46+950 km).

| | | | | | | |
|---|---|--------------------------|-----------------------|-----------------------------------|------------------|--------------------------|
| APPALTATORE: TELESE S.c.a.r.l. <small>Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata</small> | ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 3 SUBLOTTO SAN LORENZO – VITULANO | | | | | |
| PROGETTAZIONE: Mandataria: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A. | PROGETTO ESECUTIVO | | | | | |
| GALLERIE NATURALI Relazione tecnica delle opere in sotterraneo | COMMESSA IF2R | LOTTO 3.2.E.ZZ | CODIFICA RG | DOCUMENTO GN.00.0.0.001 | REV. B | FOGLIO 6 di 61 |

2 SCOPO DEL DOCUMENTO

Scopo del documento è la descrizione delle principali soluzioni tecnico-progettuali individuate per la realizzazione delle gallerie naturali e delle relative opere accessorie. Per l'analisi degli aspetti geotecnici e strutturali si rimanda alla Relazione geotecnica e di calcolo delle opere (da Rif. [27] a Rif. [39]).

| | | | | | | |
|--|--|-------------------|----------------|----------------------------|-----------|-------------------|
| APPALTATORE: TELESE S.c.a.r.l. <small>Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata</small> | ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 3 SUBLOTTO SAN LORENZO – VITULANO | | | | | |
| PROGETTAZIONE: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A. <u>Mandante:</u> SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A. | PROGETTO ESECUTIVO | | | | | |
| GALLERIE NATURALI Relazione tecnica delle opere in sotterraneo | COMMESSA IF2R | LOTTO 3.2.E.ZZ | CODIFICA RG | DOCUMENTO GN.00.0.0.001 | REV. B | FOGLIO 7 di 61 |

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.

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.

| | | | | | | |
|--|--|-------------------|----------------|----------------------------|-----------|-------------------|
| APPALTATORE: TELESE S.c.a.r.l. <small>Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata</small> | ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 3 SUBLOTTO SAN LORENZO – VITULANO | | | | | |
| PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A. | PROGETTO ESECUTIVO | | | | | |
| GALLERIE NATURALI Relazione tecnica delle opere in sotterraneo | COMMESSA IF2R | LOTTO 3.2.E.ZZ | CODIFICA RG | DOCUMENTO GN.00.0.0.001 | REV. B | FOGLIO 8 di 61 |

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 (2007);
- Rif. [12] ITALFERR, Aggiornamento del Progetto Preliminare ai requisiti della Legge Obiettivo (2009);
- Rif. [13] Ordinanza n°25 (e relativi Allegati) di approvazione del Progetto Preliminare da parte del Commissario Straordinario, contenente prescrizioni e raccomandazioni per la Progettazione Definitiva (2016).

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

- Rif. [14] U.O. Geologia, Gestione Terre e Bonifiche, Elaborati Specialistici;
- Rif. [15] U.O. Infrastrutture Centro, Elaborati Specialistici;
- Rif. [16] U.O. Gallerie, doc IF2R.3.2.E.ZZ.F6.GN.05.0.0.001 - “Profilo geotecnico – Galleria Ponte” datato Giugno 2021;
- Rif. [17] U.O. Gallerie, IF2R.3.2.E.ZZ.P9.GN.05.0.0.001 “Rimodellazione versante e intervento in jet-grouting dall’alto. Sistemazione provvisoria FASE 1”;
- Rif. [18] U.O. Gallerie, doc IF2R.3.2.E.ZZ.P9.GN.05.0.0.002 “Rimodellazione versante e intervento in jet-grouting dall’alto. Sistemazione provvisoria FASE 2”;
- Rif. [19] U.O. Gallerie, doc IF2R.3.2.E.ZZ.BZ.GN.05.0.0.002 “Rimodellazione versante e intervento in jet-grouting dall’alto. Sviluppata paratia e particolari costruttivi”;
- Rif. [20] U.O. Gallerie, doc IF2R.3.2.E.ZZ.BZ.GN.05.0.0.001 “Rimodellazione versante e intervento in jet-grouting dall’alto. Planimetria e profilo longitudinale del consolidamento dall’alto”;
- Rif. [21] U.O. Gallerie, doc IF2R.3.2.E.ZZ.BZ.GN.05.0.0.003 “Rimodellazione versante e intervento in jet-grouting dall’alto. Sistemazione definitiva”;
- Rif. [22] U.O. Gallerie, doc IF2R.3.2.E.ZZ.F6.GN.06.0.0.001 - “Profilo geotecnico – Galleria Reventa”;
- Rif. [23] U.O. Gallerie, doc IF2R.3.2.E.ZZ.F6.GN.07.0.0.001 - “Profilo geotecnico – Galleria Le Forche (1/2)”;

| | | | | | | |
|--|--|-------------------|----------------|----------------------------|-----------|-------------------|
| APPALTATORE: TELESE S.c.a.r.l. <small>Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata</small> | ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 3 SUBLOTTO SAN LORENZO – VITULANO | | | | | |
| PROGETTAZIONE: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A. <u>Mandante:</u> SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A. | PROGETTO ESECUTIVO | | | | | |
| GALLERIE NATURALI Relazione tecnica delle opere in sotterraneo | COMMESSA IF2R | LOTTO 3.2.E.ZZ | CODIFICA RG | DOCUMENTO GN.00.0.0.001 | REV. B | FOGLIO 9 di 61 |

- Rif. [24] U.O. Gallerie, doc IF2R.3.2.E.ZZ.F6.GN.07.0.0.001 - “Profilo geotecnico – Galleria Le Forche (2/2)”;
- Rif. [25] U.O. Gallerie, doc IF2R.3.2.E.ZZ.F6.GN.10.0.0.001 - “Profilo geotecnico – Galleria Le Forche – Finestra costruttiva/uscita di emergenza pk 44+294,87 km -”;
- Rif. [26] U.O. Gallerie, doc IF2R.3.2.E.ZZ.F6.GN.11.0.0.001 - “Profilo geotecnico – Galleria Le Forche – Finestra Uscita di emergenza pk 45+105,57 km”;
- Rif. [27] U.O. Gallerie, doc IF2R.3.2.E.ZZ.RB.GN.05.0.0.001 - “Galleria Ponte - Relazione geotecnica e di calcolo-”;
- Rif. [28] U.O. Gallerie, doc IF2R.3.2.E.ZZ.RB.GN.06.0.0.001 - “Galleria Reventa - Relazione geotecnica e di calcolo-”;
- Rif. [29] U.O. Gallerie, doc IF2R.3.2.E.ZZ.RB.GN.07.0.0.001 - “Galleria Le Forche - Relazione geotecnica e di calcolo-”;
- Rif. [30] U.O. Gallerie, doc IF2R.3.2.E.ZZ.RB.GN.10.0.0.001 - “Galleria Le Forche – Uscita di emergenza pk 44+294 - Relazione geotecnica e di calcolo-”;
- Rif. [31] U.O. Gallerie, doc IF2R.3.2.E.ZZ.RB.GN.11.0.0.001 - “Galleria Le Forche – Uscita di emergenza pk 44+294 - Relazione geotecnica e di calcolo-”;
- Rif. [32] U.O. Gallerie, doc IF2R.3.2.E.ZZ.RB.GN.10.0.0.001 - “Galleria Le Forche – Uscita di emergenza pk 45+105 km - Relazione geotecnica e di calcolo-”;
- Rif. [33] U.O. Gallerie, doc IF2R.3.2.E.ZZ.RB.GA.12.0.0.001 - “Galleria Ponte – Imbocco lato Canello - Relazione geotecnica e di calcolo delle opere di imbocco”;
- Rif. [34] U.O. Gallerie, doc IF2R.3.2.E.ZZ.RB.GA.13.0.0.001 - “Galleria Ponte – Imbocco lato Benevento - Relazione geotecnica e di calcolo delle opere di imbocco”;
- Rif. [35] U.O. Gallerie, doc IF2R.3.2.E.ZZ.RB.GA.14.0.0.001 - “Galleria Reventa – Imbocco lato Canello - Relazione geotecnica e di calcolo delle opere di imbocco”;
- Rif. [36] U.O. Gallerie, doc IF2R.3.2.E.ZZ.RB.GA.15.0.0.001 - “Galleria Reventa – Imbocco lato Benevento - Relazione geotecnica e di calcolo delle opere di imbocco”;
- Rif. [37] U.O. Gallerie, doc IF2R.3.2.E.ZZ.RB.GA.16.0.0.001 - “Galleria Le Forche – Imbocco lato Canello - Relazione geotecnica e di calcolo delle opere di imbocco”;
- Rif. [38] U.O. Gallerie, doc IF2R.3.2.E.ZZ.RB.GA.17.0.0.001 - “Galleria Le Forche – Imbocco lato Benevento - Relazione geotecnica e di calcolo delle opere di imbocco”;
- Rif. [39] U.O. Gallerie, doc IF2R.3.2.E.ZZ.RB.GA.21.0.0.001 - “Galleria Le Forche –Uscita di emergenza pk 45+105 km - Relazione geotecnica e di calcolo delle opere di imbocco”;

| | | | | | | |
|---|--|-------------------|----------------|----------------------------|-----------|--------------------|
| APPALTATORE: TELESE S.c.a.r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata | ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 3 SUBLOTTO SAN LORENZO – VITULANO | | | | | |
| PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A. | PROGETTO ESECUTIVO | | | | | |
| GALLERIE NATURALI Relazione tecnica delle opere in sotterraneo | COMMESSA IF2R | LOTTO 3.2.E.ZZ | CODIFICA RG | DOCUMENTO GN.00.0.0.001 | REV. B | FOGLIO 10 di 61 |

- Rif. [40] U.O. Gallerie, doc IF2R.3.2.E.ZZ.P9.GN.05.0.0.001 - “Galleria Ponte – Rimodellazione versante e intervento in jet-grouting dall’alto. Sistemazione provvisoria Fase 1”;
- Rif. [41] U.O. Gallerie, doc IF2R.3.2.E.ZZ.P9.GN.05.0.0.002 - “Galleria Ponte – Rimodellazione versante e intervento in jet-grouting dall’alto. Sistemazione provvisoria Fase 2”;
- Rif. [42] U.O. Gallerie, doc IF2R.3.2.E.ZZ.BZ.GN.05.0.0.002 - “Galleria Ponte – Rimodellazione versante e intervento in jet-grouting dall’alto. Sviluppata paratia e particolari costruttivi”;
- Rif. [43] U.O. Gallerie, doc IF2R.3.2.E.ZZ.PZ.GN.05.0.0.001 - “Galleria Ponte – Rimodellazione versante e intervento in jet-grouting dall’alto. Planimetria e profilo longitudinale del consolidamento dall’alto”;
- Rif. [44] U.O. Gallerie, doc IF2R.3.2.E.ZZ.P9.GN.05.0.0.003 - “Galleria Ponte – Rimodellazione versante e intervento in jet-grouting dall’alto. Sistemazione definitiva”;
- Rif. [45] U.O. Gallerie, doc IF2R.3.2.E.ZZ.P7.GN.00.0.0.002 - “Planimetria opere interferenti con livello di danno Tav.1 di 3”;
- Rif. [46] U.O. Gallerie, doc IF2R.3.2.E.ZZ.P7.GN.00.0.0.003 - “Planimetria opere interferenti con livello di danno Tav.2 di 3”;
- Rif. [47] U.O. Gallerie, doc IF2R.3.2.E.ZZ.P7.GN.00.0.0.004 - “Planimetria opere interferenti con livello di danno Tav.3 di 3”;
- Rif. [48] U.O. Gallerie, doc IF2R.3.2.E.ZZ.RH.GN.00.0.0.003 - “Relazione sulla valutazione delle subsidenze e verifica degli effetti indotti sulle interferenze in superficie”.

4.2 DOCUMENTI CORRELATI

- Rif. [49] Lunardi P. (2006). Progetto e Costruzione di Gallerie: Analisi delle deformazioni controllate nelle rocce e nei suoli - ADECO-RS – (Hoepli Ed.).
- Rif. [50] Paratie Plus2 017, Teoria – “Metodo Paratie Plus per la valutazione dei cedimenti verticali” – cap,6 Paratie Plus 2017 – teoria, Milano, Ceas, 2016.
- Rif. [51] Peck R.B. (1969). Deep excavations and tunnelling in soft ground. SOA Report 7th Int. Conf. SMFE Mexico City, State of the Art Volume.
- Rif. [52] O’Reilly, M.P. e New, B.M. (1982). Settlements above tunnels in the united kingdom - their magnitude and prediction. Tunnelling 82. The Institution of Mining and Metallurgy, London.
- Rif. [53] Burland J.B. (1997). Assessment of risk of damage to buildings due to tunnelling and excavation. Earthquake Geotechnical Engineering, Ishihara (ed.). Balkema, Rotterdam.

| APPALTATORE: TELESE S.c.a.r.l. <small>Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata</small> | ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 3 SUBLOTTO SAN LORENZO – VITULANO | | | | | | | | | | | | |
|--|---|----------|---------------|----------|-----------|------|--------|------|----------|----|---------------|---|----------|
| PROGETTAZIONE: <u>Mandatario:</u> <u>Mandante:</u> SYSTRA S.A. SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A. | PROGETTO ESECUTIVO | | | | | | | | | | | | |
| GALLERIE NATURALI Relazione tecnica delle opere in sotterraneo | <table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IF2R</td> <td>3.2.E.ZZ</td> <td>RG</td> <td>GN.00.0.0.001</td> <td>B</td> <td>11 di 61</td> </tr> </tbody> </table> | COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO | IF2R | 3.2.E.ZZ | RG | GN.00.0.0.001 | B | 11 di 61 |
| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO | | | | | | | | |
| IF2R | 3.2.E.ZZ | RG | GN.00.0.0.001 | B | 11 di 61 | | | | | | | | |

Rif. [54] Boscarding M.D., Cording E.G. (1989). Building response to excavation-induced settlement. Jnl. Geo. Engrg. ASCE, 115.

Rif. [55] Potts, D.M. e Addenbrooke, T.I. (1997). A structure's influence on tunnelling-induced ground movements. Proc. Instn. Civ. Engrs. Geotech. Engineering.

4.3 DOCUMENTI SUPERATI

Non sono presenti documenti superati.

| APPALTATORE: TELESE S.c.a.r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata | ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 3 SUBLOTTO SAN LORENZO – VITULANO | | | | | | | | | | | | |
|--|---|----------|---------------|----------|-----------|------|--------|------|----------|----|---------------|---|----------|
| PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A. | PROGETTO ESECUTIVO | | | | | | | | | | | | |
| GALLERIE NATURALI Relazione tecnica delle opere in sotterraneo | <table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IF2R</td> <td>3.2.E.ZZ</td> <td>RG</td> <td>GN.00.0.0.001</td> <td>B</td> <td>12 di 61</td> </tr> </tbody> </table> | COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO | IF2R | 3.2.E.ZZ | RG | GN.00.0.0.001 | B | 12 di 61 |
| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO | | | | | | | | |
| IF2R | 3.2.E.ZZ | RG | GN.00.0.0.001 | B | 12 di 61 | | | | | | | | |

5 ALLEGATI

Non sono presenti documenti allegati.

| APPALTATORE: TELESE S.c.a.r.l. <small>Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata</small> | ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 3 SUBLOTTO SAN LORENZO – VITULANO | | | | | | | | | | | | |
|--|---|----------|---------------|----------|-----------|------|--------|------|----------|----|---------------|---|----------|
| PROGETTAZIONE: <u>Mandatario:</u> <u>Mandante:</u> SYSTRA S.A. SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A. | PROGETTO ESECUTIVO | | | | | | | | | | | | |
| GALLERIE NATURALI Relazione tecnica delle opere in sotterraneo | <table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IF2R</td> <td>3.2.E.ZZ</td> <td>RG</td> <td>GN.00.0.0.001</td> <td>B</td> <td>13 di 61</td> </tr> </tbody> </table> | COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO | IF2R | 3.2.E.ZZ | RG | GN.00.0.0.001 | B | 13 di 61 |
| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO | | | | | | | | |
| IF2R | 3.2.E.ZZ | RG | GN.00.0.0.001 | B | 13 di 61 | | | | | | | | |

6 DOCUMENTI PRODOTTI A SUPPORTO

I contenuti della presente relazione sono illustrati negli elaborati grafici specialistici allegati al progetto.

| | | | | | | |
|--|--|-------------------|----------------|----------------------------|-----------|--------------------|
| APPALTATORE: TELESE S.c.a.r.l. <small>Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata</small> | ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 3 SUBLOTTO SAN LORENZO – VITULANO | | | | | |
| PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A. | PROGETTO ESECUTIVO | | | | | |
| GALLERIE NATURALI Relazione tecnica delle opere in sotterraneo | COMMESSA IF2R | LOTTO 3.2.E.ZZ | CODIFICA RG | DOCUMENTO GN.00.0.0.001 | REV. B | FOGLIO 14 di 61 |

7 DESCRIZIONE DELL'OPERA

7.1 IL TRACCIATO E LE OPERE IN SOTTERRANEO

Il tracciato del Lotto 3, di lunghezza complessiva pari a circa 8,2 km, si sviluppa dall'impianto del PC di San Lorenzo (km 38+700) all'impianto di Vitulano (km 46+950,00). Sono previste tre gallerie naturali a doppio binario denominate Ponte, Reventa e Le Forche, per una lunghezza complessiva di circa 2,9 km. Partendo dall'imbocco lato Canello della galleria Ponte, posto ad una quota di 88 m s.l.m., il tracciato procede in salita con una pendenza massima pari a 11,88 ‰ fino alla pk 45+610 km dove si ha un'inversione di pendenza ed il tracciato prosegue in discesa fino all'imbocco lato Benevento della galleria Le Forche, posto ad una quota pari a circa 106 m s.l.m. La copertura massima è di circa 75 m.

Le gallerie presentano una configurazione a singola canna doppio binario e sono progettate per consentire il transito del Gabarit C (P.M.O. n°5). La velocità di tracciato del Lotto 3 è pari a 180 km/h fatta eccezione per il tratto da pk 45+800 km al D.I. Vitulano nel quale è pari a 160 km/h.

Le sezioni geometrico funzionali di progetto sono in accordo con le sezioni tipo del Manuale di Progettazione RFI (Rif. [9]) per $160 < v \leq 200$ km/h sia per il tratto in naturale ed in artificiale a sezione policentrica (cfr. Tavole 26 e 27 del Manuale di Progettazione RFI) che per il tratto in artificiale realizzato in sezione scatolare (cfr. Tavole 88 e 89 del Manuale di Progettazione RFI).

Le gallerie naturali hanno sezione policentrica con raggio di calotta e piedritti pari a 5,40 metri ed area libera di poco superiore ai 66 m². Le gallerie artificiali a sezione scatolare hanno una larghezza pari a 10,20 m e una altezza libera su piano del ferro pari a 6,80 m (Figura 7-2).

È previsto l'alloggiamento dell'armamento tradizionale con traverse tipo "RFI-240" poggiate su ballast ed elettrificazione a c.c. a 3 kV.

Le sezioni di intradosso delle gallerie presentano marciapiedi d'esodo, posti su entrambi i lati, a geometria variabile, secondo quanto prescritto dal Manuale di Progettazione RFI (Rif. [9]). Adattandosi alla configurazione trasversale del binario, sono caratterizzati 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. Tali camminamenti hanno larghezza non inferiore a 120 cm e sono corredati da mancorrente su entrambi i paramenti della galleria ad una quota di circa 1m dal piano di calpestio del marciapiede.

| | |
|---|--|
| APPALTATORE: TELESE S.c.a.r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata | ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 3 SUBLOTTO SAN LORENZO – VITULANO |
| PROGETTAZIONE: Mandataria: <u>Mandante:</u> SYSTRA S.A. SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A. | PROGETTO ESECUTIVO |
| GALLERIE NATURALI Relazione tecnica delle opere in sotterraneo | COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO IF2R 3.2.E.ZZ RG GN.00.0.0.001 B 15 di 61 |

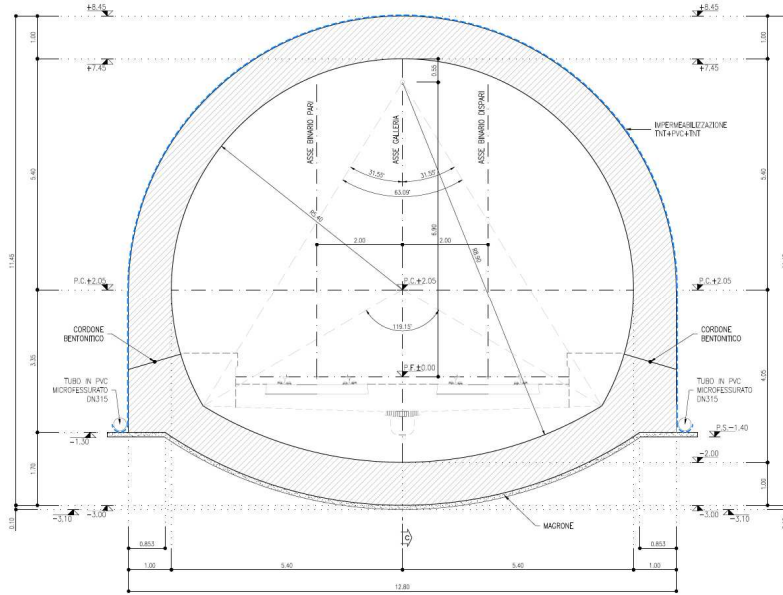


Figura 7-1: Sezione di intradosso gallerie di linea (tratto in naturale)

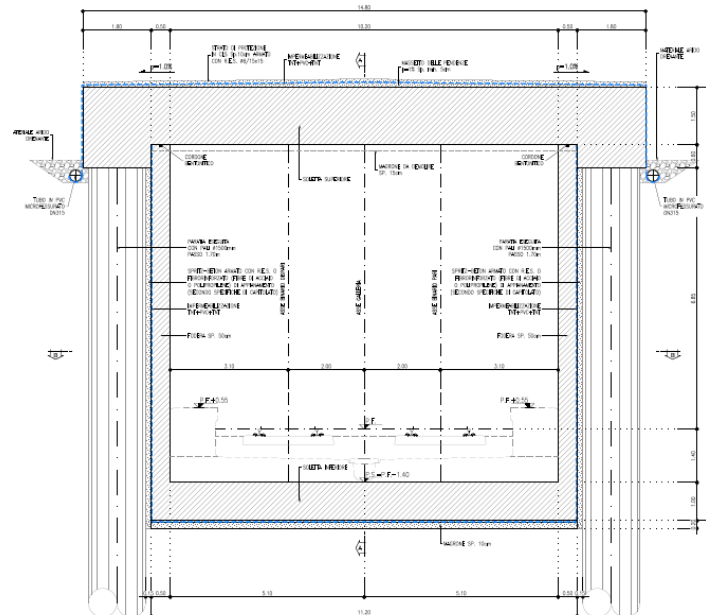


Figura 7-2: Sezione di intradosso gallerie artificiali scatolari (sezione corrente)

| | | | | | | |
|--|--|-------------------|----------------|----------------------------|-----------|--------------------|
| APPALTATORE: TELESE S.c.a.r.l. <small>Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata</small> | ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 3 SUBLOTTO SAN LORENZO – VITULANO | | | | | |
| PROGETTAZIONE: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A. <u>Mandante:</u> SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A. | PROGETTO ESECUTIVO | | | | | |
| GALLERIE NATURALI Relazione tecnica delle opere in sotterraneo | COMMESSA IF2R | LOTTO 3.2.E.ZZ | CODIFICA RG | DOCUMENTO GN.00.0.0.001 | REV. B | FOGLIO 16 di 61 |

Di seguito si riporta una breve descrizione delle opere in sotterraneo di linea previste nel Lotto 3 e delle opere di imbocco ad esse connesse. Per maggiori dettagli descrittivi si rimanda agli elaborati grafici specialistici allegati al progetto.

7.1.1.1 Galleria Ponte

La quota di imbocco lato Canello è pari a circa 88,5 m s.l.m. mentre quella lato Benevento è pari a circa 92 m s.l.m.; partendo dal lato Canello verso Benevento, il tracciato procede in salita con pendenza pari al 2,25‰ fino alla pk 41+960 km dove si ha un incremento di pendenza ed il tracciato procede con pendenza del 11,8‰. La copertura massima è pari a circa 25 m alla pk 42+000 km.

L'imbocco lato Canello, caratterizzato da un tratto in galleria artificiale in scatolare, è interferente con la SP Vitulanese e con edifici di civile abitazione del comune di Torrecuso. Per risolvere tali interferenze, l'imbocco sarà realizzato per fasi, prevedendo dapprima la deviazione provvisoria della SP Vitulanese e successivamente la realizzazione, in corrispondenza della sede stradale interdotta, di una paratia di pali Ø1000 definitivi e della soletta superiore della struttura scatolare. A questo punto sarà possibile riportare la SP Vitulanese nella sua configurazione ante-opera e proseguire con la realizzazione della paratia che avrà pali definitivi e soletta superiore fino a pk 41+859,40 km con diametro 1500mm, in maniera tale da superare il tratto con edifici in adiacenza. Nel tratto con pali di Ø1000mm lo scavo è prevista una galleria scatolare corrente, per poi in corrispondenza dei pali di Ø1500mm sarà realizzata una galleria artificiale scatolare rialzata. Per la sistemazione definitiva dell'imbocco è previsto un ritombamento con completo ricoprimento degli scavi d'approccio e delle strutture di sostegno, finalizzato a ristabilire la configurazione geometrica del profilo originario del piano campagna.

L'imbocco lato Benevento è caratterizzato da paratia provvisoria di pali di grandi diametro Ø800 tirantati e contrastati con travi di ripartizione e nella sua configurazione definitiva da galleria artificiale policentrica, becco di flauto e ritombamento tale da ripristinare la configurazione originaria del versante.

La galleria, infine, sotto attraversa alcuni edifici di civile abitazione del comune di Torrecuso. Per l'esame di tali interferenze si rimanda al paragrafo § 11.2.

In prossimità dell'imbocco lato Benevento, tra le pk 42+107 e 42+184,60, la galleria attraversa un versante che è stato soggetto nel tempo ad attività di cava per estrazione di inerti per costruzione. È inoltre presente una incisione che riduce sensibilmente la copertura della galleria naturale. Per la realizzazione della galleria di linea in questo tratto si prevede di eseguire un intervento di consolidamento del terreno dall'alto, mediante colonne in jet-grouting, e di mettere in opera un riempimento dell'incisione e della cava, con terreno di idonee caratteristiche geotecniche, per

| | | | | | | |
|--|--|-------------------|----------------|----------------------------|-----------|--------------------|
| APPALTATORE: TELESE S.c.a.r.l. <small>Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata</small> | ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 3 SUBLOTTO SAN LORENZO – VITULANO | | | | | |
| PROGETTAZIONE: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A. <u>Mandante:</u> SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A. | PROGETTO ESECUTIVO | | | | | |
| GALLERIE NATURALI Relazione tecnica delle opere in sotterraneo | COMMESSA IF2R | LOTTO 3.2.E.ZZ | CODIFICA RG | DOCUMENTO GN.00.0.0.001 | REV. B | FOGLIO 17 di 61 |

ripristinare la morfologia originaria del versante (da Rif. [40] a Rif. [44]). Per raggiungere la quota di lancio delle perforazioni per il jet-grouting dovranno essere eseguiti degli scavi di sbancamento. Per eseguire tali scavi è necessario realizzare una paratia di pali di diametro Ø800 ad interasse 1 m, tirantata. Gli interventi di consolidamento del terreno ed i rinterri sono propedeutici allo scavo della galleria di linea.

In merito all'intervento di riempimento, le indagini eseguite hanno mostrato che le formazioni interessate dallo scavo delle gallerie presentano caratteristiche in linea con quanto richiesto dal Capitolato RFI-Parte II-Sezione 5 ai fini dell'accettabilità del materiale per la realizzazione di opere di rinterro. In merito alle modalità di costipamento del materiale di rinterro nonché per le caratteristiche minime del materiale costipato si rimanda al Capitolato RFI-Parte II-Sezione 5.

Gli interventi di consolidamento del terreno ed i rinterri sono propedeutici allo scavo della galleria di linea.

Le fasi esecutive dell'intervento prevedono:

FASE 0: Realizzazione del rinterro e della paratia di pali

Su tutta l'area interessata dall'intervento di rinterro si esegue lo scotico e la gradonatura del terreno in sito al fine di eliminare lo strato vegetale superficiale e creare l'ammorsamento del terreno di riporto. Si procede al riempimento della cava e dell'incisione secondo le indicazioni riportate nel Capitolato RFI-Parte II-Sezione 5.

Allo stesso tempo viene realizzato lo scavo per raggiungere la quota di realizzazione del primo intervento in jet-grouting (+ 111,00 m s.l.m.). Propedeuticamente agli scavi per la realizzazione dell'intervento di consolidamento sarà realizzata una paratia di pali di diametro Ø800 tirantata;

FASE 1: Realizzazione del primo intervento di consolidamento in jet-grouting

Si esegue l'intervento di consolidamento dall'alto per mezzo di colonne in jet-grouting secondo le geometrie riportate negli elaborati grafici;

FASE 2: Realizzazione del secondo intervento di consolidamento in jet-grouting

Si eseguono gli scavi di ribasso fino alla quota di realizzazione del secondo intervento di consolidamento in jet-grouting (+ 111,00 m s.l.m.) che sarà realizzato secondo le geometrie riportate negli elaborati grafici;

FASE 3: Ritombamento e ripristino delle condizioni ante-operam

Si esegue l'intervento di ritombamento al fine ripristinare la configurazione originaria del versante (Figura 7-3).

| | | | | | | |
|---|--|-------------------|----------------|----------------------------|-----------|--------------------|
| APPALTATORE: TELESE S.c.a.r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata | ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 3 SUBLOTTO SAN LORENZO – VITULANO | | | | | |
| PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A. | PROGETTO ESECUTIVO | | | | | |
| GALLERIE NATURALI Relazione tecnica delle opere in sotterraneo | COMMESSA IF2R | LOTTO 3.2.E.ZZ | CODIFICA RG | DOCUMENTO GN.00.0.0.001 | REV. B | FOGLIO 18 di 61 |

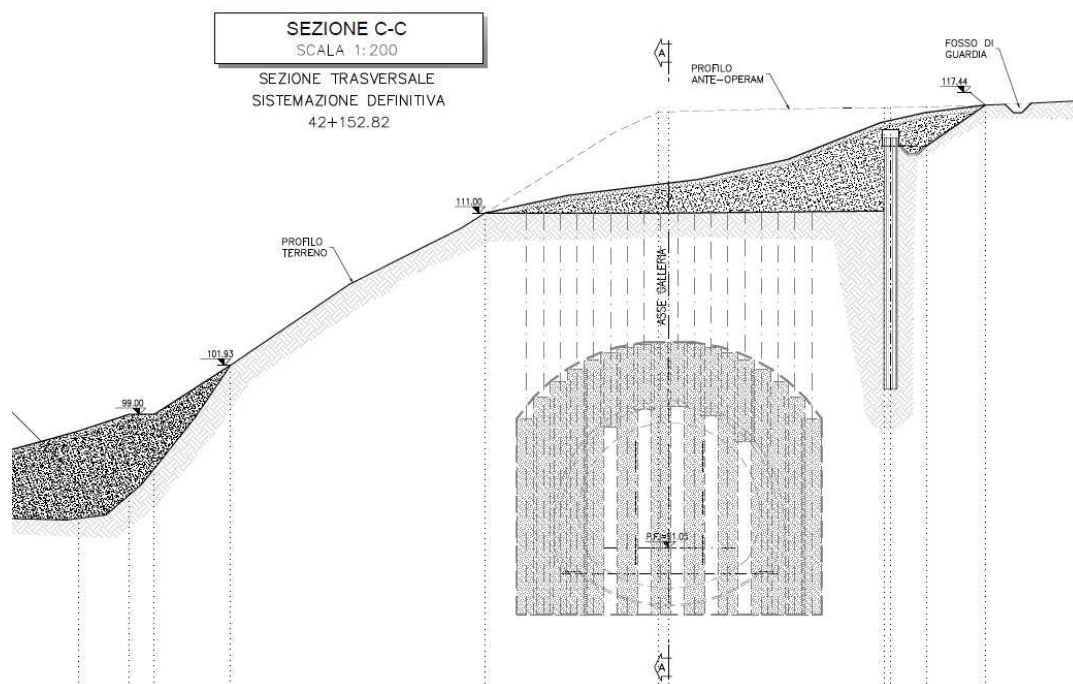


Figura 7-3: Galleria Ponte. Rimodellazione versante e intervento in jet-grouting dall'alto

7.1.1.2 Galleria Reventa

L'imbocco lato Canello è caratterizzato da quota del P.F. pari a 95 m s.l.m. mentre l'imbocco lato Benevento da quota del P.F. pari a circa 96 m s.l.m. La pendenza della livelletta è sempre in ascesa dall'imbocco lato Canello fino all'imbocco lato Benevento ed è pari al 6%. La copertura massima sarà pari a circa 15 m alla pk 43+300 km.

Le trincee di approccio alla parete di attacco dello scavo in naturale nell'imbocco lato Canello sono realizzate mediante scavi sostenuti da paratie di micropali Ø250 armati con tubolare Ø193,7 di spessore 10mm, collegati in testa da una trave di coronamento in c.a. L'area di imbocco è realizzata in affiancamento alla SP106/via G. Ocone, quindi, per garantire la funzionalità della strada durante le fasi di scavo, è prevista una ulteriore berlinese di micropali parallela allo sviluppo della strada stessa. La configurazione definitiva è costituita da una galleria artificiale, per un tratto con sezione policentrica e per un tratto con sezione scatolare; al di sopra di quest'ultima è prevista la sistemazione definitiva della strada, a seguito della quale potrà essere demolita la berlinese di micropali di protezione della antecedente sede stradale, procedendo con la realizzazione delle opere all'aperto.

| | | | | | | |
|--|--|-------------------|----------------|----------------------------|-----------|--------------------|
| APPALTATORE: TELESE S.c.a.r.l. <small>Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata</small> | ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 3 SUBLOTTO SAN LORENZO – VITULANO | | | | | |
| PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A. | PROGETTO ESECUTIVO | | | | | |
| GALLERIE NATURALI Relazione tecnica delle opere in sotterraneo | COMMESSA IF2R | LOTTO 3.2.E.ZZ | CODIFICA RG | DOCUMENTO GN.00.0.0.001 | REV. B | FOGLIO 19 di 61 |

Per l'imbocco lato Benevento, le opere di stabilizzazione degli scavi sono costituite da paratie di pali diametro 1500mm ancorate con più ordini di tiranti e collegati in testa da un cordolo in c.a. L'esecuzione della paratia è preceduta da un pre-scavo che consiste in una riprofilatura del versante lato binario dispari, protetta da rete chiodata, finalizzata a ridurre la lunghezza dei pali e le altezze libere di scavo. A completamento dell'imbocco, è prevista la realizzazione di un tratto in galleria artificiale policentrica e un tratto in galleria scatolare.

La galleria sotto attraversa un edificio di civile abitazioni con annesso edificio accessorio/garage nei pressi dell'imbocco lato Benevento. Per l'esame di tale interferenza si rimanda al paragrafo §11.2.

7.1.1.3 Galleria Le Forche

La galleria Le Forche ha il P.F. a quota 96,4 m s.l.m. all'imbocco lato Canello e a quota circa pari a 106,5 m s.l.m. all'imbocco lato Benevento. La pendenza della livelletta è sempre in ascesa da Canello verso Benevento fatta eccezione per un tratto ridotto a ridosso dell'imbocco lato Benevento (vertice altimetrico a pk 45+610 km). Dall'imbocco lato Canello alla pk 44+920 la pendenza è pari al 2,04‰, da pk 44+920 km a pk 45+610 km è pari all'11,88 ‰ e infine da pk 45+610 km all'imbocco lato Benevento è pari a -9,12‰. La galleria, fatta eccezione per le zone in prossimità degli imbocchi, sarà caratterizzata da coperture rispetto all'estradosso di calotta della galleria che variano da un minimo di 25 m ad un massimo di 77 m.

Le opere di stabilizzazione e sostegno degli scavi sono costituite, per l'imbocco lato Canello, da paratie di micropali Ø250 armati con tubulare Ø193,7 mm di spessore 16 mm, collegati in testa da una trave di coronamento in c.a. con puntoni provvisori per la paratia frontale e con cavallotti per la paratia laterale. L'esecuzione della paratia di imbocco lato Canello è preceduta da un pre-scavo che consiste in una riprofilatura del versante lato binario dispari, protetta da rete chiodata.

Per l'imbocco lato Benevento, le opere di stabilizzazione sono costituite da paratie di pali Ø1500mm e collegati in testa da una trave di coronamento con puntoni provvisori.

A completamento di entrambi gli imbocchi, è prevista la realizzazione di una galleria artificiale policentrica e di un becco di flauto. Per l'imbocco lato Canello, per garantire il contenimento del ritombamento è necessario prevedere muri d'ala a chiusura.

La galleria sotto attraversa un edificio di civile abitazione nel comune di Torrecuso alla pk 44+650 circa ed alla pk 45+400 la SS372 "Telesina" in corrispondenza del km 59+490 (carreggiata Sud) con quota P.F. a circa 105 m s.l.m. e quota piano stradale della SS372 di circa 155 m s.l.m. Per l'esame delle interferenze si rimanda al paragrafo § 11.2.

| | | | | | | |
|---|--|-------------------|----------------|----------------------------|-----------|--------------------|
| APPALTATORE: TELESE S.c.a.r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata | ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 3 SUBLOTTO SAN LORENZO – VITULANO | | | | | |
| PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A. | PROGETTO ESECUTIVO | | | | | |
| GALLERIE NATURALI Relazione tecnica delle opere in sotterraneo | COMMESSA IF2R | LOTTO 3.2.E.ZZ | CODIFICA RG | DOCUMENTO GN.00.0.0.001 | REV. B | FOGLIO 20 di 61 |

7.2 SINTESI GALLERIE

Nella seguente tabella sono riportate le progressive (valutate rispetto al binario dispari) delle opere in sotterraneo di linea previste nel Lotto 3 e delle opere di imbocco ad esse connesse.

| PE FRASSO - VITULANO - LOTTO 3 | | | | | |
|--------------------------------|-----------------------|-----------------------|--------|-------|------------------|
| GALLERIA | P _k inizio | P _k finale | L | Opera | L _{TOT} |
| | [m] | [m] | [m] | | [m] |
| Ponte | 41767,66 | 41859,32 | 91,7 | GA12 | 466.7 |
| | 41859,32 | 42195,75 | 336,4 | GN05 | |
| | 42195,75 | 42234,31 | 38,6 | GA13 | |
| Reventa | 43144,76 | 43196,80 | 52,0 | GA14 | 228.2 |
| | 43196,80 | 43348,74 | 151,9 | GN06 | |
| | 43348,74 | 43372,99 | 24,3 | GA15 | |
| Le Forche | 43490,04 | 43524,56 | 34,5 | GA16 | 2246.8 |
| | 43524,56 | 45688,48 | 2163,9 | GN07 | |
| | 45688,48 | 45736,88 | 48,4 | GA17 | |

Tabella 7-1: Progressive delle gallerie di linea del Lotto 3

7.3 LA SICUREZZA IN GALLERIA

I requisiti di sicurezza previsti per le gallerie del Lotto 3 sono conformi alle disposizioni legislative emanate in campo europeo attraverso la Specifica Tecnica di Interoperabilità STI-SRT 2014 "Safety in Railway Tunnels, in vigore dal 01/01/2015 (Rif. [6]), e le indicazioni del manuale di progettazione delle opere civili di RFI (RFI DTC SI MA IFS 001 A) del 22/12/2017 (Rif. [9]).

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 delle gallerie di linea del Lotto 3, sono state progettate due uscite di emergenza intermedie nella galleria Le Forche:

- Uscita di emergenza/finestra costruttiva con innesto alla pk 44+305,83 km;
- Uscita di emergenza con innesto alla pk 45+116,8 km.

| | | | | | | |
|--|--|-------------------|----------------|----------------------------|-----------|--------------------|
| APPALTATORE: TELESE S.c.a r.l. <small>Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata</small> | ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 3 SUBLOTTO SAN LORENZO – VITULANO | | | | | |
| PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A. | PROGETTO ESECUTIVO | | | | | |
| GALLERIE NATURALI Relazione tecnica delle opere in sotterraneo | COMMESSA IF2R | LOTTO 3.2.E.ZZ | CODIFICA RG | DOCUMENTO GN.00.0.0.001 | REV. B | FOGLIO 21 di 61 |

Le uscite di emergenza della galleria Le Forche, si sviluppo di circa 466,96 m (uscita con innesto alla pk 44+305,83 km) e di circa 333 m (uscita con innesto alla pk 45+116,8 km), sono di tipo carrabile con sezione di intradosso caratterizzata da larghezza del piano di rotolamento (P.R.) pari a circa 6 m.

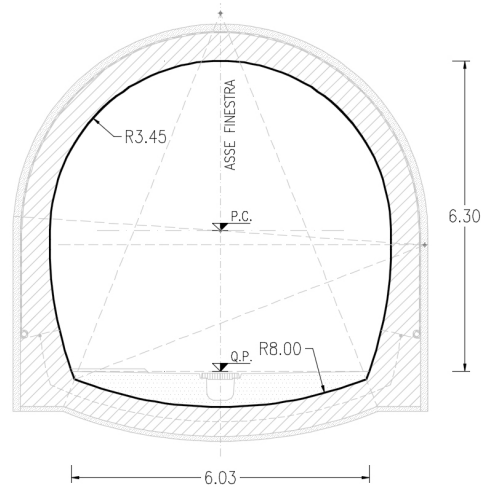


Figura 7-4: Sezione tipo di intradosso uscita di emergenza carrabile (tratto in naturale)

L'uscita con innesto alla pk 44+305,83 km, oltre a svolgere la funzione di uscita di emergenza in esercizio, svolge anche la funzione di finestra costruttiva, consentendo di avere in fase di realizzazione un attacco intermedio per lo scavo della galleria.

L'imbocco della prima uscita di emergenza è caratterizzato da quota del piano di rotolamento pari a circa 125,4 m s.l.m. mentre la galleria di linea in corrispondenza dell'innesto è caratterizzata da P.F. a quota 98 m s.l.m. La pendenza del piano di rotolamento è in discesa verso la galleria ed è pari al 6,5% nel tratto fino al camerone di manovra per i mezzi di soccorso di 15x15 m e alla successiva sezione di innesto con la galleria di linea. Le coperture crescono a partire dall'imbocco fino a raggiungere il valore massimo di circa 71 m in corrispondenza della sezione di innesto.

| APPALTATORE: TELESE S.c.a.r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata | ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 3 SUBLOTTO SAN LORENZO – VITULANO PROGETTO ESECUTIVO | | | | | | | | | | | | |
|--|---|----------|---------------|----------|-----------|------|--------|------|----------|----|---------------|---|----------|
| PROGETTAZIONE: Mandataria: <u> </u> Mandante: <u> </u> SYSTRA S.A. SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A. | | | | | | | | | | | | | |
| GALLERIE NATURALI Relazione tecnica delle opere in sotterraneo | <table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IF2R</td> <td>3.2.E.ZZ</td> <td>RG</td> <td>GN.00.0.0.001</td> <td>B</td> <td>22 di 61</td> </tr> </tbody> </table> | COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO | IF2R | 3.2.E.ZZ | RG | GN.00.0.0.001 | B | 22 di 61 |
| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO | | | | | | | | |
| IF2R | 3.2.E.ZZ | RG | GN.00.0.0.001 | B | 22 di 61 | | | | | | | | |

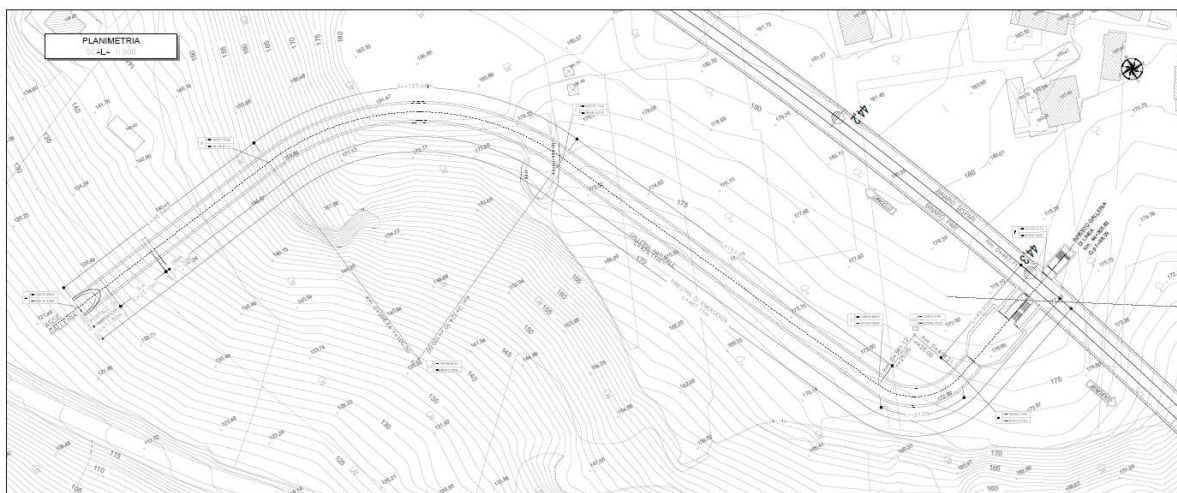


Figura 7-5: Uscita di emergenza carrabile/finestra costruttiva con innesto con la galleria Le Forche a pk 44+305,83 km

Il piano di rotolamento dell'imbocco dell'uscita di emergenza con innesto con la galleria di linea a pk 45+116,8 km è, invece, a quota circa 147 m s.l.m. mentre in corrispondenza dell'innesto con la galleria di linea è a quota 104,5 m s.l.m., quindi è in discesa verso l'innesto con pendenza pari al 14,55% fino a pk 0+065 km circa e al 15,34% nel tratto fino al camerone di manovra per i mezzi di soccorso e alla successiva sezione di innesto con la galleria di linea, dove si raggiungerà la copertura massima pari a 56 m.

| | | | | | | |
|---|--|-------------------|----------------|----------------------------|-----------|--------------------|
| APPALTATORE: TELESE S.c.a.r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata | ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 3 SUBLOTTO SAN LORENZO – VITULANO | | | | | |
| PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A. | PROGETTO ESECUTIVO | | | | | |
| GALLERIE NATURALI Relazione tecnica delle opere in sottoterraneo | COMMESSA IF2R | LOTTO 3.2.E.ZZ | CODIFICA RG | DOCUMENTO GN.00.0.0.001 | REV. B | FOGLIO 23 di 61 |

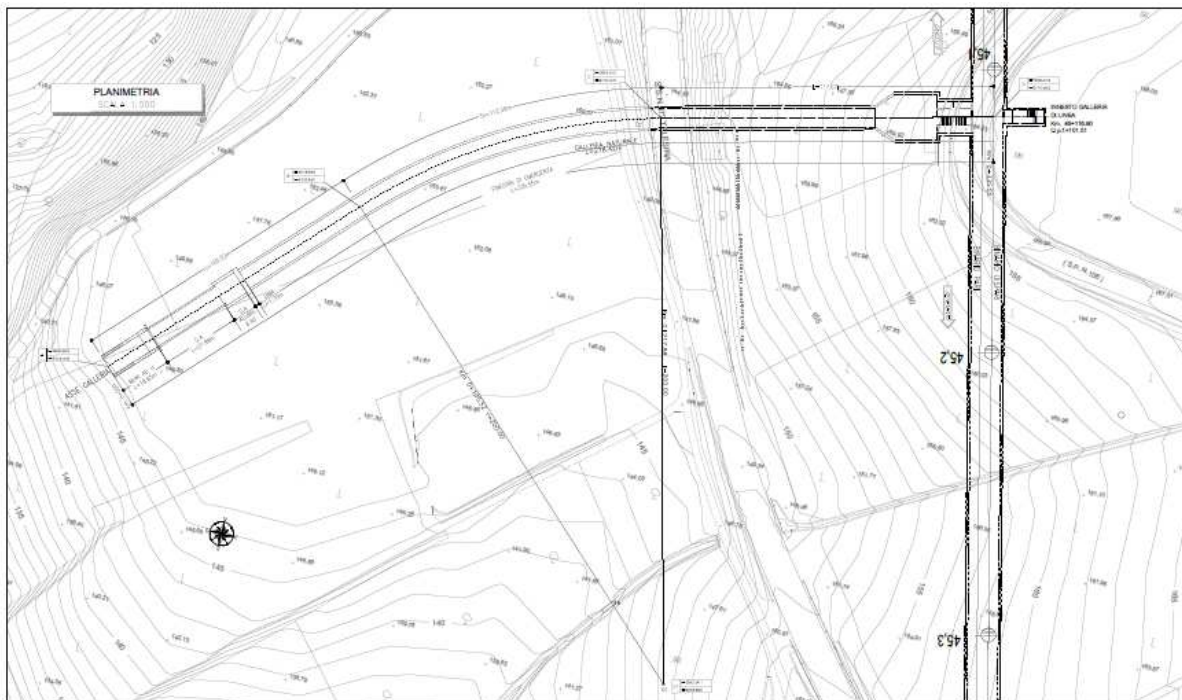


Figura 7-6: Uscita di emergenza carrabile con innesto con la galleria Le Forche alla pk 45+116,80 km

Per entrambi gli imbocchi, le opere di stabilizzazione e sostegno degli scavi sono costituite da paratie di pali Ø1200 posti ad interasse $i=1,40$ m collegati in testa da una trave di coronamento in c.a. Per l'imbocco alla pk 44+305,83 paratie di pali sono puntellate, mentre l'opera definitiva è costituita da galleria artificiale policentrica e becco di flauto.

Per l'imbocco alla pk 45+116,80 l'opera definitiva è costituita da una galleria artificiale scatolare e muri ad U definitivi.

L'uscita di emergenza con innesto alla pk 45+116,80 km sotto attraversa la SS372 "Telesina" in corrispondenza del km 59+140 (carreggiata Sud) con piano di rotolamento della galleria a circa 114 m s.l.m. e quota piano stradale della SS372 a circa 146 m s.l.m. Per l'esame dell'interferenza si rimanda al paragrafo § 11.2.

Come previsto dal Manuale di Progettazione RFI (Rif. [9]) per gallerie a doppio binario, l'innesto delle uscite/accessi di emergenza con le gallerie di linea prevede la realizzazione di un sottopassaggio pedonale per consentire l'esodo dal marciapiede sul lato opposto all'uscita stessa. L'uscita di emergenza carrabile è accessibile dalla galleria di linea mediante 3 porte di larghezza utile pari a 90cm e altezza utile pari a 200cm. È inoltre prevista nella parte terminale lato galleria

| APPALTATORE: TELESE S.c.a.r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata | ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 3 SUBLOTTO SAN LORENZO – VITULANO PROGETTO ESECUTIVO | | | | | | | | | | | | |
|---|---|----------|---------------|----------|-----------|------|--------|------|----------|----|---------------|---|----------|
| PROGETTAZIONE: Mandataria: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A. | | | | | | | | | | | | | |
| GALLERIE NATURALI Relazione tecnica delle opere in sotterraneo | <table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IF2R</td> <td>3.2.E.ZZ</td> <td>RG</td> <td>GN.00.0.0.001</td> <td>B</td> <td>24 di 61</td> </tr> </tbody> </table> | COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO | IF2R | 3.2.E.ZZ | RG | GN.00.0.0.001 | B | 24 di 61 |
| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO | | | | | | | | |
| IF2R | 3.2.E.ZZ | RG | GN.00.0.0.001 | B | 24 di 61 | | | | | | | | |

un camerone di manovra (camera di transizione) delle dimensioni minime pari a 15 m x 15 m atta a consentire l'inversione di marcia dei veicoli di soccorso.

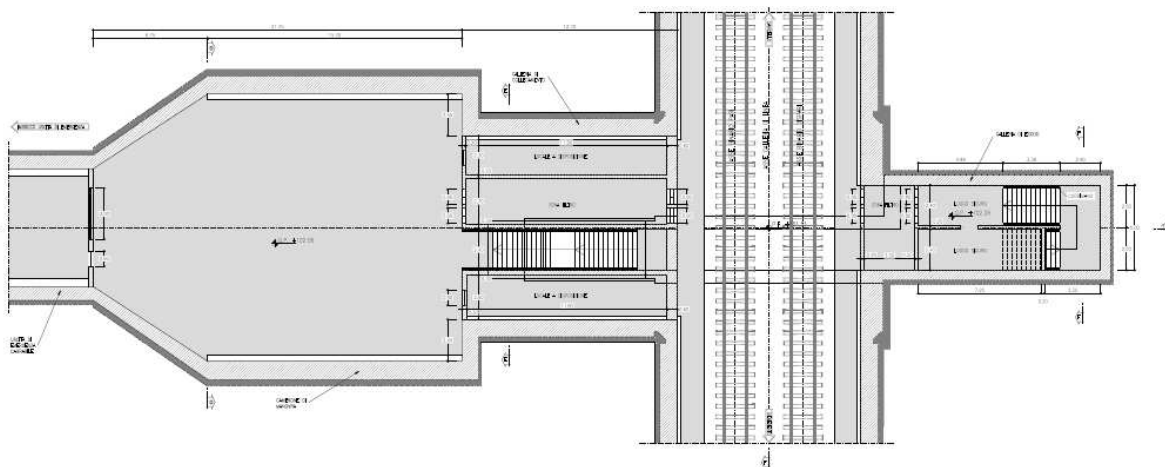


Figura 7-7: Innesso galleria di linea – cunicolo carrabile

| | | | | | | |
|---|--|--------------------------|-----------------------|-----------------------------------|------------------|---------------------------|
| APPALTATORE: TELESE S.c.a.r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata | ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 3 SUBLOTTO SAN LORENZO – VITULANO | | | | | |
| PROGETTAZIONE: Mandataria: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A. | PROGETTO ESECUTIVO | | | | | |
| GALLERIE NATURALI Relazione tecnica delle opere in sotterraneo | COMMESSA IF2R | LOTTO 3.2.E.ZZ | CODIFICA RG | DOCUMENTO GN.00.0.0.001 | REV. B | FOGLIO 25 di 61 |

7.4 OPERE TECNOLOGICHE

Le gallerie non sono dotate di nicchie di ricovero personale (Rif. [9]), ma esclusivamente di nicchie LFM previste circa ogni 250 m e di nicchioni tecnologici ogni 2000 m di dimensioni utili interne rispettivamente pari a circa 1,75x2,00 m e 3,55x2,80 m.

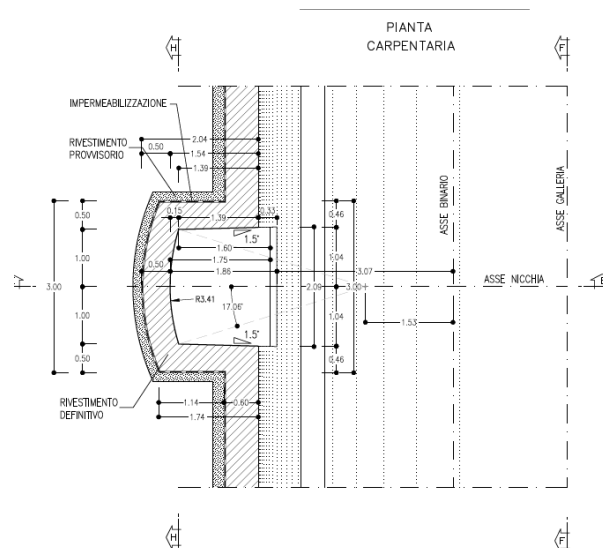


Figura 7-8: Dimensioni nicchia LFM

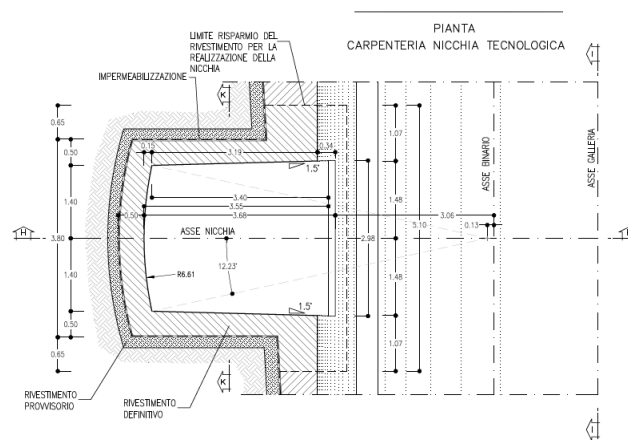


Figura 7-9: Dimensioni nicchione tecnologico

| | | | | | | |
|--|--|-------------------|----------------|----------------------------|-----------|--------------------|
| APPALTATORE: TELESE S.c.a r.l. <small>Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata</small> | ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 3 SUBLOTTO SAN LORENZO – VITULANO | | | | | |
| PROGETTAZIONE: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A. <u>Mandante:</u> SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A. | PROGETTO ESECUTIVO | | | | | |
| GALLERIE NATURALI Relazione tecnica delle opere in sotterraneo | COMMESSA IF2R | LOTTO 3.2.E.ZZ | CODIFICA RG | DOCUMENTO GN.00.0.0.001 | REV. B | FOGLIO 26 di 61 |

8 METODOLOGIA DI LAVORO

La progettazione delle opere in sotterraneo, condotta secondo il metodo ADECO-RS (Rif. [49]) 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.

| | | | | | | |
|---|--|-------------------|----------------|----------------------------|-----------|--------------------|
| APPALTATORE: TELESE S.c.a.r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata | ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 3 SUBLOTTO SAN LORENZO – VITULANO | | | | | |
| PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A. | PROGETTO ESECUTIVO | | | | | |
| GALLERIE NATURALI Relazione tecnica delle opere in sotterraneo | COMMESSA IF2R | LOTTO 3.2.E.ZZ | CODIFICA RG | DOCUMENTO GN.00.0.0.001 | REV. B | FOGLIO 27 di 61 |

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 dall'opera in sotterraneo.

Per eventuali approfondimenti sullo studio geologico si rimanda agli specifici elaborati progettuali (Rif. [14]).

9.1 INQUADRAMENTO GEOLOGICO

L'area di studio si colloca nella porzione nord-occidentale della regione Campania, più precisamente nel territorio dei comuni di Benevento, Ponte e Torrecuso, in provincia di Benevento (BN). Il tracciato progettuale impegna settori di territorio posti a quote comprese tra 70 m s.l.m. e 180 m s.l.m. circa. Dal punto di vista morfologico, l'area di studio è contraddistinta dalla valle del Fiume Calore che, con i suoi depositi alluvionali, separa i rilievi del Taburno-Camposauro a Sud, da quelli del Matese a Nord. La porzione di catena Appenninica interessata dal tracciato è costituita da una spessa unità tettonica meso-cenozoica derivante dalla deformazione di domini paleogeografici di natura bacinale, nota in letteratura come Unità tettonica del Fortore. Su tale unità poggiano, in discordanza stratigrafica, spesse sequenze sin-orogene tardo-mioceniche, costituite da terreni prevalentemente arenaceo-marnosi e conglomeratico-sabbiosi di scarpata e base scarpata. I suddetti depositi sono ricoperti, infine, da estesi depositi quaternari di origine vulcanica, alluvionale e detritico-colluviale.

La galleria Ponte attraversa un rilievo costituito dall'unità denominata "Depositi continentali" (**bn**). Tali depositi affiorano alla base dei rilievi montuosi o in corrispondenza dei principali corsi d'acqua ed hanno origine alluvionale; sono costituiti da tre differenti litofacies a dominante ghiaioso-sabbiosa (**bn1**), sabbioso-limosa (**bn2**) e limoso-argillosa (**bn3**). In particolare, nella zona di interesse è prevalente la litofacies più grossolana (**bn1**), costituita da ghiaie poligeniche ed eterometriche, con locali ciottoli, in matrice sabbiosa e sabbioso-limosa, da scarsa ad abbondante, sciolta o moderatamente cementata; a luoghi si rinvengono passaggi di sabbie, sabbie limose e limi sabbiosi, a struttura indistinta, con sporadici inclusi piroclastici e frequenti ghiaie; localmente sono presenti lenti e/o livelli di conglomerati a clasti poligenici ed eterometrici, in matrice sabbiosa e sabbioso-limosa. Possono essere presenti in maniera sporadica e non continua anche le altre litofacies dei depositi alluvionali terrazzati: la litofacies sabbioso-limosa (**bn2**), formata da sabbie, sabbie limose e limi sabbiosi e la litofacies pelitica (**bn3**), costituita da argille limose, limi argillosi e limi argilloso-sabbiosi; entrambe le litofacies possono presentare inclusi piroclastici e ghiaie.

La galleria Reventa e la galleria Le Forche attraversano un rilievo costituito prevalentemente dalle Argille Varicolori Superiori (**ALV**) appartenenti all'Unità del Fortore. Tale unità è presente a SE del

| | | | | | | |
|---|--|-------------------|----------------|----------------------------|-----------|--------------------|
| APPALTATORE: TELESE S.c.a.r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata | ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 3 SUBLOTTO SAN LORENZO – VITULANO | | | | | |
| PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A. | PROGETTO ESECUTIVO | | | | | |
| GALLERIE NATURALI Relazione tecnica delle opere in sotterraneo | COMMESSA IF2R | LOTTO 3.2.E.ZZ | CODIFICA RG | DOCUMENTO GN.00.0.0.001 | REV. B | FOGLIO 28 di 61 |

centro abitato di Telese, e nella porzione più orientale dell'area di studio, lungo i versanti che bordano il Fiume Calore. Si tratta di depositi marini di bacino profondo costituiti da tre differenti litofacies a dominante argilloso-marnosa, calcareo-marnosa e calcareo-dolomitica. La litofacies a dominante pelitica (**ALVa**) è costituita da argille, argille limose e argille marnose, caotiche o a struttura scagliosa, con intercalazioni sabbioso-limose, passaggi marnosi e ghiaie; a luoghi si rinvengono livelli di calcari e arenarie, in strati da sottili a medi. La litofacies prevalentemente calcareo-marnosa (**ALVb**) è formata da argille, argille limose e argille marnose, caotiche o a struttura scagliosa, in alternanza con calcari in strati da sottili a spessi; a luoghi si rinvengono intercalazioni sabbioso-limose e livelli di arenarie, in strati da sottili a medi; localmente sono presenti fasce cataclastiche, costituite da breccie calcaree in matrice sabbioso-limosa e argilloso-sabbiosa. La litofacies calcareo-dolomitica (**ALVc**) è costituita da calcari da massivi a ben stratificati, con intercalazioni di calcareniti bioclastiche, calcari dolomitici, e conglomerati a matrice marnosa e limoso-argillosa; a luoghi si rinvengono passaggi di marne e marne calcaree, in strati da molto sottili a sottili, e locali livelli di arenarie e siltiti; localmente sono presenti fasce cataclastiche, costituite da breccie calcaree in matrice sabbiosa e sabbioso-limosa.

La formazione delle Argille Varicolori Superiori risulta in contatto tettonico con la Formazione di Altavilla. Tale unità riferibile al Burdigaliano-Tortoniano, si rinviene unicamente nel settore Sud-orientale della galleria Le Forche, ad Est del centro abitato di Torrecuso. Si tratta di depositi marini costituiti da due differenti litofacies a dominante arenarie poco cementate con matrice limoso-argillosa e limi e argille grigie. La litofacies arenarie poco cementate con matrice limoso-argillosa (**ALTa**), sono arenarie di colore generalmente giallastro-grigiastro che mostrano una granulometria da fine a media, tuttavia si osservano lenti con granulometria grossolana e clasti litici di dimensioni centimetriche. La litofacies limi e argille grigie (**ALTb**), è a luoghi marnose con inclusi clasti centimetrici di arenari e calcari.

Depositi eluvio-colluviali (**b2**) di versante e di alterazione del substrato, costituiti da una singola litofacies a dominante limoso-argillosa con inclusi piroclastici, sabbie e ghiaie, poggiano localmente in contatto stratigrafico sulle unità più antiche.

9.2 CARATTERI STRUTTURALI

L'assetto strutturale ha un importante ruolo nell'evoluzione morfologica dell'area interessata dalle opere in progetto. I principali allineamenti strutturali, connessi alla tettonica che ha coinvolto tale porzione di catena a partire dal Miocene, sono rappresentati da *thrust* e faglie dirette o trascorrenti, la cui presenza si riflette sulle caratteristiche fisico-meccaniche degli ammassi interessati dalla realizzazione delle opere.

In particolare, per la galleria Le Forche e le sue uscite di emergenza, i rilievi geomeccanici di campo hanno mostrato che l'ammasso roccioso, calcareo-dolomitico e calcareo-marnoso

| | | | | | | |
|--|--|-------------------|----------------|----------------------------|-----------|--------------------|
| APPALTATORE: TELESE S.c.a.r.l. <small>Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata</small> | ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 3 SUBLOTTO SAN LORENZO – VITULANO | | | | | |
| PROGETTAZIONE: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A. <u>Mandante:</u> SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A. | PROGETTO ESECUTIVO | | | | | |
| GALLERIE NATURALI Relazione tecnica delle opere in sotterraneo | COMMESSA IF2R | LOTTO 3.2.E.ZZ | CODIFICA RG | DOCUMENTO GN.00.0.0.001 | REV. B | FOGLIO 29 di 61 |

appartenente all'unità delle Argille Varicolori Superiori si presenta fortemente disturbato e tettonizzato, in quanto interessato da importanti elementi tettonici, sia distensivi che compressivi; a questi si aggiungono fenomeni di carsismo di bassa intensità. Ulteriori zone di deformazione tettonica si rinvennero nella Formazione di Altavilla e in corrispondenza della porzione pelitica delle Argille Varicolori Superiori.

Il settore più critico è rappresentato dall'imbocco lato Canello della galleria Le Forche, dove si rinvennero numerosi elementi tettonici della facies calcarea delle Argille varicolori superiori (ALVc). La presenza di diffuse fasce tettoniche è confermata dalle risultanze delle indagini geognostiche condotte in sito, che hanno permesso di intercettare calcari estremamente fratturati nel corso delle operazioni di carotaggio.

9.3 INDAGINI GEOTECNICHE

Le campagne geotecniche relative al II lotto funzionale della tratta tra la Stazione di Frasso Telesino/Dugenta (km 16+500 km) e Vitulano (km 46+950,00) sono di seguito elencate (2° e 3° sublotto):

- Campagna indagini 1984-1985 (Concessione delle prestazioni integrate occorrenti per la progettazione definitiva del raddoppio e potenziamento della linea Caserta - Foggia e per la progettazione esecutiva e la realizzazione delle opere occorrenti per una prima fase di raddoppio e potenziamento della suddetta linea);
- Campagna indagini 2007-2009 (Progettazione preliminare per il "Raddoppio tratta Canello - Benevento; Il lotto funzionale Frasso Telesino - Vitulano");
- Campagna indagini 2015 (Indagini propedeutiche alla progettazione definitiva per il " Raddoppio tratta Canello - Benevento; Il lotto funzionale Frasso Telesino - Vitulano").
- Campagna indagini 2017 (Progettazione definitiva per il " Raddoppio tratta Canello - Benevento; Il lotto funzionale Frasso Telesino - Vitulano").
- Campagna indagini integrative 2018 (Progettazione definitiva per il " Raddoppio tratta Canello - Benevento; Il lotto funzionale Frasso Telesino - Vitulano").
- Campagna indagini integrative di PE.

Relativamente al 3° lotto funzionale San Lorenzo – Vitulano sono state realizzate le seguenti indagini:

- n. 41 sondaggi a carotaggio continuo di cui n. 16 non attrezzati, n. 20 attrezzati con piezometro, n. 3 strumentati con inclinometro n. 2 attrezzato per sismica in foro;
- n. 2 sondaggi a distruzione attrezzati con piezometro;
- n. 3 prospezioni sismiche MASW;

| | | | | | | |
|--|--|-------------------|----------------|----------------------------|-----------|--------------------|
| APPALTATORE: TELESE S.c.a.r.l. <small>Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata</small> | ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 3 SUBLOTTO SAN LORENZO – VITULANO | | | | | |
| PROGETTAZIONE: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A. <u>Mandante:</u> SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A. | PROGETTO ESECUTIVO | | | | | |
| GALLERIE NATURALI Relazione tecnica delle opere in sotterraneo | COMMESSA IF2R | LOTTO 3.2.E.ZZ | CODIFICA RG | DOCUMENTO GN.00.0.0.001 | REV. B | FOGLIO 30 di 61 |

- n. 4 indagini tomografiche elettriche;
- n. 18 stendimenti sismici a rifrazione in onde P e S;
- prove di laboratorio.

Per i risultati di tali prove si rimanda agli elaborati specialistici di progetto (Rif. [14]).

9.4 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. [16], Rif. [22] a Rif. [26]).

Di seguito si riportano alcune considerazioni relative alla caratterizzazione delle unità geotecniche attraversate dalle opere in progetto.

Le coltri eluvio-colluviali (**b2**) si rinvengono in corrispondenza delle depressioni impluviali o alla base dei rilievi più acclivi ed estesi. Si tratta di depositi continentali di versante e di alterazione del substrato, di spessore limitato e costituiti da una singola litofacies a dominante limoso-argillosa caratterizzata da ridotti parametri di resistenza e rigidità, tipici delle coltri di detrito.

I depositi alluvionali terrazzati (**bn**) sono costituiti da depositi continentali costituiti da tre litofacies a dominante ghiaioso-sabbiosa (**bn1**), sabbioso-limosa (**bn2**) e limoso-argillosa (**bn3**), di cui nella zona oggetto delle opere risulta prevalente la litofacies più grossolana (bn1). Tali depositi possono presentarsi mediamente cementati, come testimoniato dalle caratteristiche geomorfologiche dei rilievi collinari dell'area di interesse, che presentano pendenze elevate (Figura 9-1). Possono essere presenti in maniera sporadica e non continua anche le altre litofacies (bn2 e bn3). Tali depositi risultano caratterizzati da valori di rigidità crescenti con la profondità, come emerso dalle differenti prove in sito condotte.

| | | | | | | |
|--|--|-------------------|----------------|----------------------------|-----------|--------------------|
| APPALTATORE: TELESE S.c.a.r.l. <small>Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata</small> | ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 3 SUBLOTTO SAN LORENZO – VITULANO | | | | | |
| PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A. | PROGETTO ESECUTIVO | | | | | |
| GALLERIE NATURALI Relazione tecnica delle opere in sotterraneo | COMMESSA IF2R | LOTTO 3.2.E.ZZ | CODIFICA RG | DOCUMENTO GN.00.0.0.001 | REV. B | FOGLIO 31 di 61 |



Figura 9-1: Affioramento G43 (pk 41+830 km) di depositi alluvionali terrazzati (bn1)

Per quanto riguarda le Argille Varicolori Superiori, le tre differenti litofacies, argilloso-marnosa (ALVa), calcareo-marnosa (ALVb) e calcareo-dolomitica (ALVc), sono state caratterizzate in considerazione della medesima origine deposizionale, ed in particolare la componente pelitica della facies ALVb è risultata associabile all'ALVa mentre la componente litoide dell'ALVb ha caratteristiche simili all'ALVc.

Per classificare il comportamento di tali litofacies si è fatto riferimento al rapporto tra la componente litoide e quella pelitica. Tale rapporto è stato calcolato come la media pesata degli spessori litoidi (L) su quelli pelitici (P) rispetto alla lunghezza complessiva del sondaggio considerato.

| Formazione | Litofacies | L/P |
|------------------------------|---------------|---------|
| Argille Varicolori Superiori | ALVa | <0,4 |
| | ALVb pelitico | 0,4÷0,7 |
| | ALVb litoide | 0,7÷1,0 |
| | ALVc | >>1 |



Tabella 9-1: Definizione dell'intervallo del rapporto L/P per le ALV (in foto es. cassetta sondaggio IF15G40)

| | | | | | | |
|---|--|-------------------|----------------|----------------------------|-----------|--------------------|
| APPALTATORE: TELESE S.c.a.r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata | ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 3 SUBLOTTO SAN LORENZO – VITULANO | | | | | |
| PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A. | PROGETTO ESECUTIVO | | | | | |
| GALLERIE NATURALI Relazione tecnica delle opere in sotterraneo | COMMESSA IF2R | LOTTO 3.2.E.ZZ | CODIFICA RG | DOCUMENTO GN.00.0.0.001 | REV. B | FOGLIO 32 di 61 |

Sulla base dei dati ad oggi disponibili, la facies ALVa è caratterizzata da valori del rapporto $L/P \ll 1$ ed in media minori di 0,4. L'unità ALVb è invece caratterizzata da valori del rapporto L/P variabile nell'intervallo $0,4 \div 1$; in particolare, dalle carote di sondaggio sono stati riscontrati tratti più marcatamente lapidei con rapporto L/P compreso tra $0,7 \div 1$ e tratti a maggior contenuto pelitico con rapporto L/P tra $0,4 \div 0,7$.

La facies pelitica (**ALVa**) è assimilabile ad un'argilla a struttura scagliosa caratterizzata da modesti valori dei parametri di resistenza e rigidità. In tale facies la componente pelitica è nettamente prevalente rispetto alla componente litoide ($L/P < 0,4$).

La facies calcareo-marnosa (**ALVb**) risulta estremamente tettonizzata con alternanze di roccia ed argilla scagliosa in struttura caoticizzata. Se il rapporto L/P è compreso tra 0,4 e 0,7 si tratta di un materiale composto da una matrice argillosa a struttura indistinta inglobante scaglie più resistenti e clasti calcarei di dimensioni modeste, ALVb-pelitico. Al contrario, se il rapporto L/P risulta compreso tra 0,7 e 1, le ALVb sono riconosciute come un flysch con componente prevalente marnoso-calcareo, ALVb-litoide. Per la caratterizzazione dell'ALVb-pelitico, sono stati considerati i parametri della facies ALVa. Per la caratterizzazione dell'ALVb-litoide, si è fatto riferimento all'approccio di Hoek e Marinos (2000) che estende l'applicazione della classificazione delle formazioni rocciose basata sul valore di GSI agli ammassi eterogenei rocciosi come i flysch. In tal modo, è stato possibile definire il criterio di rottura di Hoek e Brown per tali ammassi a comportamento geotecnico complesso, adottando parametri di resistenza ridotti rispetto ai valori degli strati litoidi in esso compresi, in modo da tener in conto dell'eterogeneità dell'ammasso roccioso e della sua corrispondente resistenza complessiva.

La facies calcareo-dolomitica (**ALVc**) si presenta in affioramento come ammasso roccioso, alterato e fratturato, in un contesto non privo di elementi tettonici generalmente di notevole importanza. In tale facies la componente litoide predomina rispetto alla componente pelitica ($L/P \gg 1$). In sede di sondaggio, il materiale carotato si presenta caratterizzato da elevato grado di fratturazione. Per la sua caratterizzazione, i valori di resistenza a compressione monoassiale sono stati ricavati da prove di laboratorio; per il modulo elastico della roccia intatta si è fatto riferimento alla misura delle deformazioni ricavate dalle prove di compressione monoassiale ed alle prove di velocità sonica su provino. Per poter adottare il criterio di rottura empirico di Hoek e Brown (1980), la caratterizzazione delle discontinuità è stata riferita principalmente ai rilievi geostrutturali sugli affioramenti, tenendo in considerazione l'elevato grado di fratturazione ed alterazione degli stessi.

La Formazione di Altavilla (**ALT**) è costituita da due differenti litofacies, si tratta depositi di ambiente marino poco profondo (pectinidi, ostreidi e icnofacies), si fa riferimento a Membro arenaceo superiore di Toppo dei Monaci la porzione superiore (ALTa), mentre, al Membro pelitico – arenaceo del Vallone di Tufo la parte basale (ALTb), con significativi passaggi eteropici tra le due componenti. In letteratura ALTa è descritto con uno spessore compreso tra pochi metri e alcune decine di metri, mentre ALTb tra i 200 e i 300 m.

| | | | | | | |
|---|--|-------------------|----------------|----------------------------|-----------|--------------------|
| APPALTATORE: TELESE S.c.a.r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata | ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 3 SUBLOTTO SAN LORENZO – VITULANO | | | | | |
| PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A. | PROGETTO ESECUTIVO | | | | | |
| GALLERIE NATURALI Relazione tecnica delle opere in sotterraneo | COMMESSA IF2R | LOTTO 3.2.E.ZZ | CODIFICA RG | DOCUMENTO GN.00.0.0.001 | REV. B | FOGLIO 33 di 61 |



FOTO CASSETTA 15,00-20,00m



FOTO CASSETTA 30,00-35,00m

Figura 9-2: ALTa (L3 S011 IN) a sinistra - ALTb (PEB SN 05 I) a destra

Di seguito si riportano gli intervalli dei principali parametri fisico-meccanici delle unità geotecniche interessate dalle opere in progetto, ottenuti dalla caratterizzazione geotecnica:

| Unità | γ (kN/m ³) | ϕ' (°) | c' (kPa) | E' (MPa) |
|----------------------------|-------------------------------|-------------|------------|------------|
| Depositi eluvio-colluviali | 18 | 30 | 0-5 | 20-40 |

| Unità | Copertura | γ (kN/m ³) | ϕ' (°) | c' (kPa) | E' (MPa) |
|-------------------------------------|-----------|-------------------------------|-------------|------------|------------|
| Depositi Alluvionali Terrazzati bn1 | 0-15 | 20 | 33-40 | 10 | 50-140 |
| | 15-40 | 20 | 33-40 | 10-37 | 140-390 |
| | >40 | 20 | 33-40 | 10-37 | 390 |

Tabella 9-2: Parametri geotecnici caratteristici delle formazioni interessate dalle opere in sotterraneo (1/2)

| | |
|---|--|
| APPALTATORE: TELESE S.c.a.r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata | ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 3 SUBLOTTO SAN LORENZO – VITULANO |
| PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A. | PROGETTO ESECUTIVO |
| GALLERIE NATURALI Relazione tecnica delle opere in sotterraneo | COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO IF2R 3.2.E.ZZ RG GN.00.0.0.001 B 34 di 61 |

| Unità | Litofacies | L/P | Copertura | γ (kN/m ³) | σ_{ci} (MPa) | GSI | ϕ' (°) | c' (kPa) | c_u (kPa) | E (MPa) |
|---|------------|---------|-----------|-------------------------------|---------------------|-----|-------------|----------|-------------|----------|
| Argille Varicolori Superiori ALV | ALVa | <0,4 | - | 20 | - | - | 18-26 | 10-30 | 100-200 | 50-450 |
| | ALVb | 0,4-0,7 | - | 23 | - | - | 20-26 | 10-30 | 100-200 | 50-450 |
| | | 0,7-1,0 | - | 23 | 24-48 | 25 | 23-40 | 20-70 | - | 250-500 |
| | ALVc | >>1 | 0-20 | 26 | 60-120 | 35 | 45-48 | 80-130 | - | 900 |
| | | | 20-50 | 26 | 60-120 | 35 | 40-45 | 130-200 | - | 900-2000 |
| | | | 50-100 | 26 | 60-120 | 35 | 33-40 | 200-280 | - | 900-2000 |

| Unità | γ (kN/m ³) | ϕ' (°) | c' (kPa) | E' (MPa) | ϕ' (°) |
|-------------------------|-------------------------------|-------------|----------|----------|-------------|
| Formazione di Altavilla | 20 | 26-28 | 10-20 | 150-250 | 100-500 |

Tabella 9-3 - Parametri geotecnici caratteristici delle formazioni interessate dalle opere in sotterraneo (2/2)

9.5 IL REGIME IDRAULICO

Nella piana alluvionale del Fiume Calore è presente un'estesa falda alimentata dal corso d'acqua, caratterizzata da una superficie piezometrica che, nel rilievo interessato dalla realizzazione della galleria Ponte, risulta ben al di sotto del piano ferro di progetto. In corrispondenza del rilievo collinare interessato dalla realizzazione della galleria Reventa i dati a disposizione hanno evidenziato una quota piezometrica sostanzialmente a quota cavo nella litofacies prevalentemente calcareo-marnosa delle Argille Varicolori Superiori (ALVb).

Nel rilievo interessato dalla realizzazione della galleria Le Forche, i dati piezometrici hanno evidenziato livelli generalmente al di sopra della calotta, (dell'ordine di 50 m rispetto al piano ferro), con andamento piuttosto irregolare, a causa dell'eterogeneità della formazione delle Argille Varicolori nelle sue differenti litofacies (a dominante pelitica ALVa, calcareo-marnosa ALVb, calcareo-dolomitica ALVc) e della Formazione di S. Giorgio, insieme alla presenza di diffuse strutture tettoniche. Anche le misure piezometriche a disposizione nella tratta di interesse delle

| | | | | | | |
|---|--|--------------------------|-----------------------|-----------------------------------|------------------|---------------------------|
| APPALTATORE: TELESE S.c.a.r.l. <small>Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata</small> | ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 3 SUBLOTTO SAN LORENZO – VITULANO | | | | | |
| PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A. | PROGETTO ESECUTIVO | | | | | |
| GALLERIE NATURALI Relazione tecnica delle opere in sotterraneo | COMMESSA IF2R | LOTTO 3.2.E.ZZ | CODIFICA RG | DOCUMENTO GN.00.0.0.001 | REV. B | FOGLIO 35 di 61 |

uscite di emergenza della galleria Le Forche, hanno evidenziato livelli piezometrici generalmente al di sopra della calotta, dell'ordine dei 40 m rispetto al piano ferro, per poi degradare ed annullarsi in prossimità dell'imbocco, seguendo l'orografia del versante.

Per ulteriori dettagli si rimanda ai corrispondenti elaborati specialistici (Rif. [14]).

| | | | | | | |
|--|--|-------------------|----------------|----------------------------|-----------|--------------------|
| APPALTATORE: TELESE S.c.a.r.l. <small>Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata</small> | ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 3 SUBLOTTO SAN LORENZO – VITULANO | | | | | |
| PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A. | PROGETTO ESECUTIVO | | | | | |
| GALLERIE NATURALI Relazione tecnica delle opere in sotterraneo | COMMESSA IF2R | LOTTO 3.2.E.ZZ | CODIFICA RG | DOCUMENTO GN.00.0.0.001 | REV. B | FOGLIO 36 di 61 |

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. [49]), 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. [49]) 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

| | | | | | | |
|--|--|-------------------|----------------|----------------------------|-----------|--------------------|
| APPALTATORE: TELESE S.c.a.r.l. <small>Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata</small> | ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 3 SUBLOTTO SAN LORENZO – VITULANO | | | | | |
| PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A. | PROGETTO ESECUTIVO | | | | | |
| GALLERIE NATURALI Relazione tecnica delle opere in sotterraneo | COMMESSA IF2R | LOTTO 3.2.E.ZZ | CODIFICA RG | DOCUMENTO GN.00.0.0.001 | REV. B | FOGLIO 37 di 61 |

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 tensioni 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-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 (per le tratte a copertura non bassa);
- metodo basato sulla resistenza del materiale nei confronti delle sollecitazioni (Broms e Bennermark);
- metodo basato sul parametro di deconfinamento critico (Panet);
- i metodi di analisi della stabilità del fronte all'equilibrio limite (per le tratte a bassa copertura).

| | | | | | | |
|---|--|-------------------|----------------|----------------------------|-----------|--------------------|
| APPALTATORE: TELESE S.c.a.r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata | ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 3 SUBLOTTO SAN LORENZO – VITULANO | | | | | |
| PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A. | PROGETTO ESECUTIVO | | | | | |
| GALLERIE NATURALI Relazione tecnica delle opere in sotterraneo | COMMESSA IF2R | LOTTO 3.2.E.ZZ | CODIFICA RG | DOCUMENTO GN.00.0.0.001 | REV. B | FOGLIO 38 di 61 |

10.3 DEFINIZIONE 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 **galleria Ponte** attraversa i depositi alluvionali terrazzati (bn1) con uno scenario di comportamento del nucleo-fronte di scavo prevalentemente instabile (categoria C).

La **galleria Reventa** attraversa la formazione delle Argille Varicolori (ALV) nella sua litofacies ALVb. Quando il fronte di scavo interessa le litofacies in cui la percentuale di litologie pelitiche risulta prevalente (ALVb con $L/P \leq 0,7$), è prevista una categoria di comportamento C. Se, invece, alla scala del fronte, la percentuale di componente litoide è comparabile alla percentuale di componente pelitica (ALVb con $0,7 < L/P \leq 1$), si distingue un comportamento del nucleo-fronte stabile a breve termine (categoria B).

La **galleria Le Forche** attraversa la formazione delle Argille Varicolori (ALV) nelle sue tre litofacies e la Formazione di Altavilla (ALT). Quando il fronte di scavo interessa le litofacies in cui la percentuale di litologie pelitiche risulta prevalente (ALVa ed ALVb con $L/P \leq 0,7$), è prevista una categoria di comportamento C. Se, invece, alla scala del fronte, la percentuale di componente litoide è comparabile alla percentuale di componente pelitica (ALVb con $0,7 < L/P \leq 1$), si distingue un comportamento del nucleo-fronte stabile a breve termine (categoria B). Quando il fronte, infine, interessa la litofacies calcareo-dolomitica delle Argille Varicolori (ALVc) e quindi quando la percentuale di componente litoide è molto maggiore rispetto alla componente pelitica, il comportamento allo scavo risulta in prevalenza stabile (A). In presenza di grado di fratturazione dei calcari elevato, in zona di faglia o di transizioni tra differenti litofacies (ALVc/ALVb; ALVc/ALVa), il comportamento allo scavo può risultare stabile a breve termine (B). Si prevede una categoria di comportamento prevalentemente di tipo C per le tratte di scavo all'interno della Formazione di Altavilla; un comportamento di tipo B è ritenuto invece eventuale in funzione dell'alternanza tra argille ed arenarie.

La finestra costruttiva/uscita di emergenza alla pk 44+305,00 km della galleria Le Forche attraversa la formazione delle Argille Varicolori (ALV) nelle sue tre litofacies. Quando il fronte di scavo interessa le litofacies in cui la percentuale di litologie pelitiche risulta prevalente (ALVa ed ALVb con $L/P \leq 0,7$), è prevista una categoria di comportamento C. Se, invece, alla scala del fronte, la percentuale di componente litoide è comparabile alla percentuale di componente pelitica (ALVb con $0,7 < L/P \leq 1$), si distingue un comportamento del nucleo-fronte stabile a breve termine (categoria B); un comportamento di tipo A (stabile) è ritenuto invece eventuale nelle tratte in cui l'ALVb può essere assimilato alla litofacies calcareo-dolomitica ALVc. Quando il fronte, infine, interessa la litofacies calcareo-dolomitica delle Argille Varicolori (ALVc) e quindi quando la percentuale di componente litoide è molto maggiore rispetto alla componente pelitica, il comportamento allo scavo risulta in prevalenza stabile (A). In presenza di grado di fratturazione

| APPALTATORE: TELESE S.c.a.r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata | ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 3 SUBLOTTO SAN LORENZO – VITULANO PROGETTO ESECUTIVO | | | | | | | | | | | | |
|---|---|----------|---------------|----------|-----------|------|--------|------|----------|----|---------------|---|----------|
| PROGETTAZIONE: Mandatario: Mandante: SYSTRA S.A. SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A. | | | | | | | | | | | | | |
| GALLERIE NATURALI Relazione tecnica delle opere in sotterraneo | <table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IF2R</td> <td>3.2.E.ZZ</td> <td>RG</td> <td>GN.00.0.0.001</td> <td>B</td> <td>39 di 61</td> </tr> </tbody> </table> | COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO | IF2R | 3.2.E.ZZ | RG | GN.00.0.0.001 | B | 39 di 61 |
| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO | | | | | | | | |
| IF2R | 3.2.E.ZZ | RG | GN.00.0.0.001 | B | 39 di 61 | | | | | | | | |

dei calcari elevato, in zona di faglia o di transizioni tra differenti litofacies (ALVc/ALVb), il comportamento allo scavo può risultare stabile a breve termine (B).

L'uscita di emergenza alla pk 45+116,00 km della galleria Le Forche attraversa la formazione delle Argille Varicolori (ALV) nella sua litofacies ALVa, la Formazione di Altavilla (ALT) ed i depositi alluvionali (bn). Quando il fronte di scavo interessa la litofacies delle Argille Varicolori Superiori in cui la percentuale di litologie pelitiche risulta prevalente (ALVa), è prevista una categoria di comportamento C. Si prevede una categoria di comportamento prevalentemente di tipo C per le tratte di scavo all'interno della Formazione di Altavilla; un comportamento di tipo B è ritenuto invece eventuale in funzione dell'alternanza tra argille ed arenarie. Nelle zone di attraversamento dei depositi alluvionali (bn1) lo scenario di comportamento del nucleo-fronte di scavo è prevalentemente instabile (categoria C).

Le previsioni di comportamento lungo il tracciato delle gallerie sono illustrate in forma sintetica nel Profilo Geotecnico (Rif. [16], Rif. [22] a Rif. [26]).

| | | | | | | |
|--|--|-------------------|----------------|----------------------------|-----------|--------------------|
| APPALTATORE: TELESE S.c.a.r.l. <small>Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata</small> | ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 3 SUBLOTTO SAN LORENZO – VITULANO | | | | | |
| PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A. | PROGETTO ESECUTIVO | | | | | |
| GALLERIE NATURALI Relazione tecnica delle opere in sotterraneo | COMMESSA IF2R | LOTTO 3.2.E.ZZ | CODIFICA RG | DOCUMENTO GN.00.0.0.001 | REV. B | FOGLIO 40 di 61 |

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

11.1.1.1 Criteri di scelta del sistema di scavo

In considerazione della lunghezza delle gallerie in progetto e dei contesti geotecnici attraversati, il metodo di scavo tradizionale a piena sezione è stato considerato adeguato per la realizzazione delle opere in sotterraneo.

11.1.1.2 Scavo tradizionale. Gallerie di linea

In funzione delle caratteristiche geotecniche delle formazioni attraversate e del loro comportamento allo scavo, sono state definite 12 diverse sezioni tipo, intese come complesso di modalità operative, fasi di lavoro, interventi di stabilizzazione, drenaggi e relative tecnologie esecutive, denominate A1, A2, A2bis, B1, B2, C1, C1bis, C2, C2p, C2p*, C2v e C3.

In particolare per la galleria Ponte, il cui scavo interessa i depositi alluvionali terrazzati (bn), saranno adottate le sezioni C1, C1bis e C3; per la galleria Reventa, che attraversa le Argille Varicolori nella litofacies ALVb con basse coperture, si adotteranno le sezioni B1, C2, C2v, B3* e C0; infine, per la galleria Le Forche, che coinvolge le Argille Varicolori nelle tre litofacies (argilloso-marnosa ALVa, calcareo-marnosa ALVb e calcareo-dolomitica ALVc) e la Formazione di Altavilla, è prevista l'applicazione delle sezioni A1, A2, B1, B2, C2, C2v, C2p* e A2bis.

Per ciascuna sezione tipo sono previsti opportuni interventi di presostegno e precontenimento al fronte e/o 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 in fase di scavo da 3+3 drenaggi in avanzamento eventualmente realizzati in funzione delle condizioni idrauliche riscontrate in corso d'opera, ed in fase definitiva, dall'impermeabilizzazione a tergo dei rivestimenti di calotta e da un tubo microfessurato, al piede dell'impermeabilizzazione, di presidio per eventuale drenaggio delle acque presenti nelle formazioni attraversate.

| | | | | | | |
|---|--|-------------------|----------------|----------------------------|-----------|--------------------|
| APPALTATORE: TELESE S.c.a.r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata | ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 3 SUBLOTTO SAN LORENZO – VITULANO | | | | | |
| PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A. | PROGETTO ESECUTIVO | | | | | |
| GALLERIE NATURALI Relazione tecnica delle opere in sotterraneo | COMMESSA IF2R | LOTTO 3.2.E.ZZ | CODIFICA RG | DOCUMENTO GN.00.0.0.001 | REV. B | FOGLIO 41 di 61 |

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.

11.1.1.3 Sezione tipo A1

La A1 è una sezione cilindrica che prevede solo 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 nei tratti all'interno delle Argille Varicolori ALVc dove, alla scala del fronte, la percentuale di componente litoide è maggiore rispetto alla componente pelitica ($L/P > 1$) e il grado di fratturazione dei calcari è basso.

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 0,20 m di spritz-beton fibrorinforzato e doppie centine IPN180 con passo 1,40 m \pm 20%;
- arco rovescio (spessore 0,70 m) e murette in calcestruzzo non armato gettati ad una distanza massima dal fronte pari a 5 diametri;
- calotta in calcestruzzo non armato (spessore 0,60 m) gettata ad una distanza non vincolata dal fronte.

11.1.1.4 Sezione tipo A2

La A2 è una sezione cilindrica che prevede solo interventi di contenimento del cavo tramite centine e spritz-beton e bullonatura radiale; può essere impiegata solo nelle tratte con comportamento del nucleo-fronte stabile (categoria A). Ne è prevista l'applicazione nei tratti all'interno delle Argille Varicolori ALVc dove, alla scala del fronte, la percentuale di componente litoide è maggiore rispetto alla componente pelitica ($L/P > 1$) e il grado di fratturazione dei calcari è medio, o comunque tale da rendere necessario l'utilizzo di sostegni puntuali.

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

- scavo a piena sezione per singoli sfondi di dimensioni massime 2,40 m;
- chiodatura radiale mediante 14/15 chiodi ad ancoraggio continuo $\varnothing 24$ disposti in raggiera alternate, lunghezza 6,00 m, interasse longitudinale 1,20 m;

| | | | | | | |
|---|--|-------------------|----------------|----------------------------|-----------|--------------------|
| APPALTATORE: TELESE S.c.a.r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata | ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 3 SUBLOTTO SAN LORENZO – VITULANO | | | | | |
| PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A. | PROGETTO ESECUTIVO | | | | | |
| GALLERIE NATURALI Relazione tecnica delle opere in sotterraneo | COMMESSA IF2R | LOTTO 3.2.E.ZZ | CODIFICA RG | DOCUMENTO GN.00.0.0.001 | REV. B | FOGLIO 42 di 61 |

- rivestimento provvisorio (ad ogni sfondo) composto da 0,20 m di spritz-beton fibrorinforzato e doppie centine IPN180 con passo 1,20 m \pm 20%;
- arco rovescio (spessore 0,80 m) e murette in calcestruzzo non armato gettati ad una distanza massima dal fronte pari a 3 diametri;
- calotta in calcestruzzo non armato (spessore 0,70 cm) gettata ad una distanza non vincolata dal fronte.

11.1.1.5 Sezione tipo A2bis

La sezione A2 bis è una variante della A2 rispetto alla quale è previsto il profilato HEA180, con una spaziatura di 1.0m. Tale scelta consente di incrementare l'inerzia del sostegno rispetto ai 2 profilati IPN180 installati con una spaziatura di 1.4m e di ridurre lo sfondo da 2.8 m a un metro con un miglioramento delle condizioni di stabilità del cavo e di sicurezza per le maestranze durante la fase di installazione della centina. Rispetto alla A2 si ha anche in questo caso una riduzione dello sfondo da 2.4 a un metro.

Gli ambiti di applicazione della nuova sezione tipo A2bis proposta sono quelli di ammassi rocciosi (ALVc) molto fratturati, con un grado di suddivisione che in alcuni casi potrebbe rendere non possibile l'esecuzione della bullonatura radiale (per franamento del foro, per scarsa efficacia trattandosi di materiali analoghi a brecce sciolte). Per contro, la riduzione del passo consente una più rapida e frequente applicazione del rivestimento di prima fase, con un miglioramento dell'efficacia dell'intervento e delle condizioni di sicurezza per le maestranze. Questa sezione è stata aggiunta (e non sostitutiva) come intermedia fra la A1 e la A2 quando il contesto indica condizioni che fanno preferire questo tipo di avanzamento rispetto a quelle previste in PD che rimangono comunque valide.

Una ulteriore applicazione è nell'attraversamento di zone con possibili cavità carsiche al contorno (come segnalato in questa galleria) con la necessità di ridurre lo sfondo per applicare più frequentemente il rivestimento di prima fase; in presenza di cavità al contorno la bullonatura radiale avrebbe scarsi o addirittura negativi effetti sulla stabilità al contorno.

Sono di seguito elencati i principali elementi caratterizzanti la sezione A2bis, ordinati secondo le fasi esecutive previste:

- scavo a piena sezione per singoli sfondi di lunghezza massima 1.0 m;
- rivestimento provvisorio (ad ogni sfondo) composto da 0,20 m di spritz-beton fibrorinforzato e singola centina HEA180 con passo 1,00 m \pm 20%;
- arco rovescio (spessore 0,80 m) e murette in calcestruzzo non armato;
- calotta in calcestruzzo non armato (spessore 0,70 m).

| | | | | | | |
|---|--|-------------------|----------------|----------------------------|-----------|--------------------|
| APPALTATORE: TELESE S.c.a.r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata | ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 3 SUBLOTTO SAN LORENZO – VITULANO | | | | | |
| PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A. | PROGETTO ESECUTIVO | | | | | |
| GALLERIE NATURALI Relazione tecnica delle opere in sotterraneo | COMMESSA IF2R | LOTTO 3.2.E.ZZ | CODIFICA RG | DOCUMENTO GN.00.0.0.001 | REV. B | FOGLIO 43 di 61 |

Sarà possibile effettuare i getti di muretta (4 diametri dal fronte), arco rovescio (svincolata) e calotta (5 diametri).

11.1.1.6 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 Argille Varicolori nelle litofacies caratterizzate dalla presenza di calcare (ALVb e ALVc). In particolare, la sezione B1 è applicata quando, alla scala del fronte, la percentuale di componente pelitica diventa comparabile alla percentuale di componente litoide (ALVb con $L/P = 1$). Se la componente litoide al fronte diventa preponderante rispetto a quella pelitico/argillosa (ALVc - $L/P > 1$), la sezione B1 è prevista nel caso in cui il grado di fratturazione dei calcari sia elevato.

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

- precontenimento del fronte realizzato mediante 30 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° in calotta) realizzato mediante 33 tubi in acciaio $L=12,0$ 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 0,25 m di spritz-beton fibrorinforzato e doppie centine IPN200 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.

11.1.1.7 Sezione tipo B2

La B2 è una sezione cilindrica che prevede interventi di precontenimento del fronte, con campi di avanzamento da 12,0 m; può essere impiegata nelle tratte con comportamento del nucleo-fronte stabile a breve termine (categoria B). Ne è prevista l'applicazione nelle tratte in cui lo scavo

| | | | | | | |
|--|--|-------------------|----------------|----------------------------|-----------|--------------------|
| APPALTATORE: TELESE S.c.a.r.l. <small>Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata</small> | ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 3 SUBLOTTO SAN LORENZO – VITULANO | | | | | |
| PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A. | PROGETTO ESECUTIVO | | | | | |
| GALLERIE NATURALI Relazione tecnica delle opere in sotterraneo | COMMESSA IF2R | LOTTO 3.2.E.ZZ | CODIFICA RG | DOCUMENTO GN.00.0.0.001 | REV. B | FOGLIO 44 di 61 |

interessa le Argille Varicolori nelle litofacies caratterizzate dalla presenza di calcare (ALVb e ALVc). In particolare, la sezione B2 è applicata quando, alla scala del fronte, la percentuale di componente litoide è preponderante rispetto alla percentuale di componente pelitica (ALVb con $0,7 < L/P < 1$). Nelle ALVc ($L/P > 1$) la sezione B2 è prevista, invece, nel caso in cui il grado di fratturazione dei calcari sia elevato.

Sono di seguito elencati i principali elementi caratterizzanti la sezione B2, ordinati secondo le fasi esecutive previste:

- precontenimento del fronte realizzato mediante 50 elementi strutturali tubolari in VTR, $L=20,0$ m (sovrapposizione minima 8,0 m) cementati in foro con miscele cementizie. L'incidenza del preconsolidamento (numero o lunghezza degli elementi) potrà avere una variabilità del $\pm 20\%$;
- scavo a piena sezione per singoli sfondi di 1,0 m secondo campi di avanzamento di lunghezza pari a 12,0 m;
- rivestimento provvisorio (ad ogni sfondo) composto da 0,25 m di spritz-beton fibrorinforzato e doppie centine IPN220 con passo 1,0 m $\pm 20\%$;
- arco rovescio (spessore 0,90 m) e murette in calcestruzzo armato gettati ad una distanza massima dal fronte pari a 1,5 diametri;
- calotta armata (spessore 0,80 m) gettata ad una distanza massima dal fronte pari a 4 diametri.

11.1.1.8 Sezione tipo C1

La C1 è una sezione tronco-conica che prevede interventi di precontenimento del fronte e del contorno, con campi di avanzamento da 12,0 m; ne è prevista l'applicazione nell'attraversamento dei depositi alluvionali (bn) con comportamento del nucleo-fronte instabile (categoria C).

Sono di seguito elencati i principali elementi caratterizzanti la sezione C1, ordinati secondo le fasi esecutive previste:

- precontenimento del fronte realizzato mediante 30 micro trattamenti in jet-grouting $\varnothing 300$ armati con elementi strutturali in VTR, $L=20,0$ m (sovrapposizione minima 8,0 m). L'incidenza del preconsolidamento (numero o lunghezza degli elementi) potrà avere una variabilità del $\pm 20\%$;
- precontenimento al contorno realizzato mediante 61 colonne in jet-grouting $\varnothing 600$, $L=16,5$ m (sovrapposizione minima 4,5 m) e ulteriori 8+8 colonne al piede centina. L'incidenza del preconsolidamento potrà avere una variabilità del $\pm 20\%$;

| | | | | | | |
|--|--|-------------------|----------------|----------------------------|-----------|--------------------|
| APPALTATORE: TELESE S.c.a.r.l. <small>Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata</small> | ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 3 SUBLOTTO SAN LORENZO – VITULANO | | | | | |
| PROGETTAZIONE: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A. <u>Mandante:</u> SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A. | PROGETTO ESECUTIVO | | | | | |
| GALLERIE NATURALI Relazione tecnica delle opere in sotterraneo | COMMESSA IF2R | LOTTO 3.2.E.ZZ | CODIFICA RG | DOCUMENTO GN.00.0.0.001 | REV. B | FOGLIO 45 di 61 |

- scavo a piena sezione per singoli sfondi di 1,0 m secondo campi di avanzamento tronco-conici di lunghezza pari a 12,0 m;
- rivestimento provvisorio (ad ogni sfondo) composto da 0,30 m di spritz-beton fibrorinforzato e doppie centine IPN220 con passo 1,0 m;
- arco rovescio (spessore 1,00 m) e murette in calcestruzzo armato gettati ad una distanza massima dal fronte pari a 1 diametro;
- calotta in calcestruzzo armato (spessore variabile da 0,60 m a 1,35 m) gettata ad una distanza massima dal fronte pari a 3 diametri.

Il jet-grouting dovrà essere eseguito adottando parametri e procedure tali da garantire il diametro delle colonne previste in progetto e i parametri di resistenza e deformabilità del terreno trattato e tali da tenere sotto controllo durante la fase di perforazione e la fase di iniezione le eventuali venute d'acqua di materiale fine nel caso di superficie piezometrica a quota cavo e superiore (ad esempio attraverso l'utilizzo del preventer).

11.1.1.9 Sezione tipo C1bis

La C1bis è una sezione tronco-conica che prevede interventi di precontenimento del fronte e del contorno, con campi di avanzamento da 6,0 m; ne è prevista l'applicazione nei tratti di galleria parietali rispetto al versante in cui si ha comportamento del nucleo-fronte instabile (categoria C).

Sono di seguito elencati i principali elementi caratterizzanti la sezione C1bis, ordinati secondo le fasi esecutive previste:

- precontenimento del fronte realizzato mediante 50 micro trattamenti in jet-grouting Ø300 armati con elementi strutturali in VTR, L=17,0 m (sovrapposizione minima 11,0 m). L'incidenza del preconsolidamento (numero o lunghezza degli elementi) potrà avere una variabilità del $\pm 20\%$;
- precontenimento al contorno realizzato mediante 65 colonne in jet-grouting Ø600, L=15,0 m (sovrapposizione minima 9,0 m) e ulteriori 8+8 colonne al piede centina. L'incidenza del preconsolidamento potrà avere una variabilità del $\pm 20\%$;
- presostegno al contorno (entro un angolo di 120° in calotta) realizzato mediante 33 tubi in acciaio valvolati, L=9,5 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 6,0 m;
- rivestimento provvisorio (ad ogni sfondo) composto da 0,30 m di spritz-beton fibrorinforzato e doppie centine IPN220 con passo 1,0 m;

| | | | | | | |
|--|--|-------------------|----------------|----------------------------|-----------|--------------------|
| APPALTATORE: TELESE S.c.a.r.l. <small>Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata</small> | ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 3 SUBLOTTO SAN LORENZO – VITULANO | | | | | |
| PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A. | PROGETTO ESECUTIVO | | | | | |
| GALLERIE NATURALI Relazione tecnica delle opere in sotterraneo | COMMESSA IF2R | LOTTO 3.2.E.ZZ | CODIFICA RG | DOCUMENTO GN.00.0.0.001 | REV. B | FOGLIO 46 di 61 |

- arco rovescio (spessore 1,00 m) e murette in calcestruzzo armato gettati ad una distanza massima dal fronte pari a 0,5 diametri;
- calotta in calcestruzzo armato (spessore variabile da 0,60 m a 1,35 m) gettata ad una distanza massima dal fronte pari a 2 diametri.

Il jet-grouting dovrà essere eseguito adottando parametri e procedure tali da garantire il diametro delle colonne previste in progetto e i parametri di resistenza e deformabilità del terreno trattato e tali da tenere sotto controllo durante la fase di perforazione e la fase di iniezione le eventuali venute d'acqua di materiale fine nel caso di superficie piezometrica a quota cavo e superiore (ad esempio attraverso l'utilizzo del preventer).

11.1.1.10 Sezione Tipo C2

La Sezione C2 prevede interventi di precontenimento del fronte e del contorno, con campi di avanzamento da 10 m; ne è prevista l'applicazione nell'attraversamento delle Argille Varicolori Superiori nella litofacies ALVb a maggiore componente pelitica ($0,4 < L/P < 0,7$), nell'attraversamento della litofacies ALVa ($L/P < 0,4$) e della Formazione di Altavilla (ALT), con comportamento del nucleo-fronte instabile (categoria C).

Sono di seguito elencati i principali elementi caratterizzanti la sezione C2, ordinati secondo le fasi esecutive previste:

- precontenimento del fronte realizzato mediante 50 elementi strutturali a 3 piatti in VTR, $L=20,0$ m (sovrapposizione minima 10,0 m) cementati in foro con miscele cementizie. L'incidenza del preconsolidamento (numero o lunghezza degli elementi) potrà avere una variabilità del $\pm 20\%$;
- precontenimento al contorno realizzato mediante 51 elementi strutturali a 3 piatti in VTR, $L=16,0$ m (sovrapposizione minima 6,0 m) cementati in foro con miscele espansive e ulteriori 8+8 elementi strutturali in VTR al piede centina. L'incidenza del preconsolidamento potrà avere una variabilità del $\pm 20\%$;
- scavo a piena sezione per singoli sfondi di 1,0 m secondo campi di avanzamento di lunghezza pari a 10,0 m;
- rivestimento provvisorio (ad ogni sfondo) composto da 0,30 m di spritz-beton fibrorinforzato e centine HEB240 con passo $1,0 \text{ m} \pm 20\%$;
- arco rovescio (spessore 1,00 m) e murette in calcestruzzo armato gettati ad una distanza massima dal fronte pari a 1 diametro;
- calotta in calcestruzzo armato (spessore 0,90 m) gettata ad una distanza massima dal fronte pari a 3 diametri.

| | | | | | | |
|--|--|-------------------|----------------|----------------------------|-----------|--------------------|
| APPALTATORE: TELESE S.c.a.r.l. <small>Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata</small> | ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 3 SUBLOTTO SAN LORENZO – VITULANO | | | | | |
| PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A. | PROGETTO ESECUTIVO | | | | | |
| GALLERIE NATURALI Relazione tecnica delle opere in sotterraneo | COMMESSA IF2R | LOTTO 3.2.E.ZZ | CODIFICA RG | DOCUMENTO GN.00.0.0.001 | REV. B | FOGLIO 47 di 61 |

11.1.1.11 Sezione tipo C2p

La Sezione C2p* prevede interventi di precontenimento del fronte e del contorno, con campi di avanzamento da 12 m; la lunghezza dei consolidamenti è tale da garantirne la doppia sovrapposizione sia al fronte sia al contorno; è previsto inoltre l'impiego della centina puntone come rivestimento provvisorio in arco rovescio. Ne è prevista l'applicazione nelle tratte in cui le gallerie attraversano le Argille Varicolori Superiori nella litofacies argilloso-marnosa ALVa e nella Formazione di Altavilla (ALT) nelle tratte con coperture elevate, nelle zone di faglia, in presenza di interferenze con fenomeni franosi in superficie e nelle zone a bassa copertura, per mitigare gli effetti indotti dallo scavo e ridurre al minimo le deformazioni al contorno del cavo.

Sono di seguito elencati i principali elementi caratterizzanti la sezione C2p*, ordinati secondo le fasi esecutive previste:

- precontenimento del fronte realizzato mediante 50 elementi strutturali a 3 piatti in VTR, L=24,0 m (sovrapposizione minima 12,0 m) cementati in foro con miscele cementizie. L'incidenza del preconsolidamento (numero o lunghezza degli elementi) potrà avere una variabilità del $\pm 20\%$;
- precontenimento al contorno realizzato mediante 51 elementi strutturali a 3 piatti in VTR, L=24,0 m (sovrapposizione minima 12,0 m) cementati in foro con miscele espansive e ulteriori 8+8 elementi strutturali in VTR al piede centina. L'incidenza del preconsolidamento potrà avere una variabilità del $\pm 20\%$;
- scavo a piena sezione per singoli sfondi di 1,0 m secondo campi di avanzamento di lunghezza pari a 12,0 m;
- rivestimento provvisorio (ad ogni sfondo) composto da 0,30 m di spritz-beton fibrorinforzato e centina singola HEB240 con passo 1,0 m $\pm 20\%$. Chiusura dell'arco rovescio provvisorio con centina puntone HEB240 con passo 1,00 m $\pm 20\%$ e 0,30 m di spritz-beton;
- arco rovescio (spessore 1,10 m) e murette in calcestruzzo armato gettati ad una distanza massima dal fronte pari a 0.5 diametri;
- calotta in calcestruzzo armato (spessore 1,00 cm) gettata ad una distanza massima dal fronte pari a 2 diametri.

11.1.1.12 Sezione tipo C2p*

La C2p è una sezione cilindrica che prevede interventi di precontenimento del fronte e del contorno, con campi di avanzamento da 12,0 m; la lunghezza dei consolidamenti è tale da garantirne la doppia sovrapposizione sia al fronte sia al contorno; è previsto inoltre l'impiego della centina puntone come rivestimento provvisorio in arco rovescio. Ne è prevista l'applicazione nelle

| | | | | | | |
|---|--|-------------------|----------------|----------------------------|-----------|--------------------|
| APPALTATORE: TELESE S.c.a.r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata | ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 3 SUBLOTTO SAN LORENZO – VITULANO | | | | | |
| PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A. | PROGETTO ESECUTIVO | | | | | |
| GALLERIE NATURALI Relazione tecnica delle opere in sotterraneo | COMMESSA IF2R | LOTTO 3.2.E.ZZ | CODIFICA RG | DOCUMENTO GN.00.0.0.001 | REV. B | FOGLIO 48 di 61 |

tratte in cui le gallerie attraversano le Argille Varicolori nella loro litofacies argilloso-marnosa ALVa (L/P<0,4), per contrastare l'eventuale comportamento spingente della componente pelitica e ridurre al minimo le deformazioni al contorno del cavo.

Sono di seguito elencati i principali elementi caratterizzanti la sezione C2p, ordinati secondo le fasi esecutive previste:

- precontenimento del fronte realizzato mediante 50 elementi strutturali a 3 piatti in VTR, L=24,0 m (sovrapposizione minima 12,0 m) cementati in foro con miscele cementizie. L'incidenza del preconsolidamento (numero o lunghezza degli elementi) potrà avere una variabilità del $\pm 20\%$;
- precontenimento al contorno realizzato mediante 51 elementi strutturali a 3 piatti in VTR, L=24,0 m (sovrapposizione minima 12,0 m) cementati in foro con miscele espansive e ulteriori 8+8 elementi strutturali in VTR al piede centina. L'incidenza del preconsolidamento potrà avere una variabilità del $\pm 20\%$;
- scavo a piena sezione per singoli sfondi di 1,0 m secondo campi di avanzamento di lunghezza pari a 12,0 m;
- rivestimento provvisorio (ad ogni sfondo) composto da 0,30 m di spritz-beton fibrorinforzato e centina singola HEB240 con passo 1,0 m $\pm 20\%$. Chiusura dell'arco rovescio provvisorio con centina puntone HEB240 con passo 1.00 m $\pm 20\%$ e 0,30 m di spritz-beton;
- arco rovescio (spessore 1,10 m) e murette in calcestruzzo armato gettati ad una distanza massima dal fronte pari a 0.5 diametri;
- calotta in calcestruzzo armato (spessore 1,00 cm) gettata ad una distanza massima dal fronte pari a 2 diametri.

11.1.1.13 Sezione tipo C2v

La Sezione C2v è una sezione tronco-conica che prevede interventi di precontenimento del fronte e del contorno e interventi di presostegno al contorno, con campi di avanzamento da 10,5 m; ne è prevista l'applicazione nelle tratte con comportamento del nucleo-fronte instabile (categoria C) in cui può essere necessario il presostegno al contorno della calotta, all'interno della formazione delle Argille Varicolori (ALV) nelle zone a bassa copertura e nelle zone di faglia e nella Formazione di Altavilla (ALT) nelle zone a bassa copertura e con preesistenze a piano campagna e nelle zone di faglia.

Sono di seguito elencati i principali elementi caratterizzanti la sezione C2v, ordinati secondo le fasi esecutive previste:

| | | | | | | |
|--|--|-------------------|----------------|----------------------------|-----------|--------------------|
| APPALTATORE: TELESE S.c.a.r.l. <small>Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata</small> | ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 3 SUBLOTTO SAN LORENZO – VITULANO | | | | | |
| PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A. | PROGETTO ESECUTIVO | | | | | |
| GALLERIE NATURALI Relazione tecnica delle opere in sotterraneo | COMMESSA IF2R | LOTTO 3.2.E.ZZ | CODIFICA RG | DOCUMENTO GN.00.0.0.001 | REV. B | FOGLIO 49 di 61 |

- precontenimento del fronte realizzato mediante 50 elementi strutturali a 3 piatti in VTR, L=20,0 m (sovrapposizione minima 11,5 m) cementati in foro con miscele cementizie. L'incidenza del preconsolidamento (numero o lunghezza degli elementi) potrà avere una variabilità del $\pm 20\%$;
- precontenimento al contorno realizzato mediante 51 elementi strutturali a 3 piatti in VTR, L=17,00 m (sovrapposizione minima 8,5 m) cementati in foro con miscele espansive e ulteriori 8+8 elementi strutturali in VTR al piede centina. L'incidenza del preconsolidamento potrà avere una variabilità del $\pm 20\%$;
- presostegno al contorno (entro un angolo di 120° in calotta) realizzato mediante 34 tubi in acciaio L=14,00 m (sovrapposizione minima 5,5 m, interasse $0,40 \pm 20\%$ m);
- scavo a piena sezione per singoli sfondi di 1,0 m secondo campi di avanzamento troncoconici di lunghezza pari a 8,5 m;
- rivestimento provvisorio (ad ogni sfondo) composto da 0,30 m di spritz-beton fibrorinforzato e centine HEB240 con passo 1,0 m;
- arco rovescio (spessore 1,00 m) e murette in calcestruzzo armato gettati ad una distanza massima dal fronte pari a 1 diametro;
- calotta in calcestruzzo armato (spessore variabile da 0,60 cm a 1,35 m) gettata ad una distanza massima dal fronte pari a 3 diametri.

11.1.1.14 Sezione tipo C3

La Sezione C3 è una sezione cilindrica che prevede interventi di precontenimento del fronte e presostegno al contorno, con campi di avanzamento da 10 m; è adottata nel tratto della galleria Ponte in prossimità dell'imbocco lato Benevento.

Sono di seguito elencati i principali elementi caratterizzanti la sezione C3, ordinati secondo le fasi esecutive previste:

- scavo a piena sezione per singoli sfondi di 1,0 m secondo campi di avanzamento di lunghezza pari a 10 m;
- rivestimento provvisorio (ad ogni sfondo) composto da 0,30 m di spritz-beton fibrorinforzato e doppie centine IPN220 con passo 1,0 m;
- arco rovescio (spessore 1,00 m) e murette in calcestruzzo armato gettati ad una distanza massima dal fronte pari a 1 diametro;
- calotta in calcestruzzo armato (spessore 1,0 m) gettata ad una distanza massima dal fronte pari a 3 diametri.

| | | | | | | |
|--|--|-------------------|----------------|----------------------------|-----------|--------------------|
| APPALTATORE: TELESE S.c.a.r.l. <small>Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata</small> | ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 3 SUBLOTTO SAN LORENZO – VITULANO | | | | | |
| PROGETTAZIONE: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A. <u>Mandante:</u> SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A. | PROGETTO ESECUTIVO | | | | | |
| GALLERIE NATURALI Relazione tecnica delle opere in sotterraneo | COMMESSA IF2R | LOTTO 3.2.E.ZZ | CODIFICA RG | DOCUMENTO GN.00.0.0.001 | REV. B | FOGLIO 50 di 61 |

11.1.1.15 Scavo tradizionale. Cameroni di manovra

Si riportano di seguito le sezioni di scavo e consolidamento individuate per i due cameroni di manovra delle uscite con innesto alla pk 44+305,83 e con innesto alla pk 45+116,80 della galleria Le Forche.

Camerone di manovra dell'uscita con innesto alla pk 44+305,83

Sono di seguito elencati i principali elementi caratterizzanti la sezione di scavo e consolidamento per il camerone di manovra (il cui schema di intervento è in analogia con il metodo di scavo e consolidamento della sezione di linea denominata A2), ordinati secondo le fasi esecutive previste:

- esecuzione eventuali drenaggi in avanzamento: In caso di presenza d'acqua dovranno essere eseguiti drenaggi in avanzamento. Si prevede la realizzazione di n° 3+3 drenaggi costituiti da tubi in PVC L = 30 m microfessurati e sovrapposizione minima di L=8m.
- contenimento radiale composto da 14/15 bulloni di diametro Ø24 (o tipo swellex) ad ancoraggio continuo disposti in raggiere alternate di lunghezza 6,0m, passo longitudinale di 1.2m e passo trasversale pari a 1.6m;
- scavo a piena sezione per singoli sfondi di dimensioni massime 1,00 m;
- rivestimento provvisorio (ad ogni sfondo) composto da 0,20 m di spritz-beton fibrorinforzato o con R.E.S e doppie centine IPN180 con passo 1,20 m ± 20%;
- arco rovescio (spessore 0,80 m) in calcestruzzo non armato gettato ad una distanza massima di 3 diametri in presenza di venute d'acqua e svincolata dal fronte in assenza di venute d'acqua;
- murette in calcestruzzo non armato (spessore 0,80m) gettati ad una distanza massima dal fronte pari a 3 diametri in presenza di venute d'acqua e di 4 diametri in assenza di venute d'acqua;
- calotta in calcestruzzo non armato (spessore 0,70 m) gettata ad una distanza non vincolata dal fronte in presenza di venute d'acqua e di 5 diametri in assenza di venute d'acqua.

Camerone di manovra dell'uscita con innesto alla pk 45+116,80

Per il camerone di manovra si è ipotizzato di adottare uno scavo parzializzato mediante la realizzazione di due cunicoli di piedritto e il successivo scavo e costruzione dell'arco di calotta, con le fasi esecutive di seguito sinteticamente descritte:

- Fase 1: scavo dei due cunicoli di piedritto;

| | | | | | | |
|--|--|-------------------|----------------|----------------------------|-----------|--------------------|
| APPALTATORE: TELESE S.c.a.r.l. <small>Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata</small> | ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 3 SUBLOTTO SAN LORENZO – VITULANO | | | | | |
| PROGETTAZIONE: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A. <u>Mandante:</u> SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A. | PROGETTO ESECUTIVO | | | | | |
| GALLERIE NATURALI Relazione tecnica delle opere in sotterraneo | COMMESSA IF2R | LOTTO 3.2.E.ZZ | CODIFICA RG | DOCUMENTO GN.00.0.0.001 | REV. B | FOGLIO 51 di 61 |

- Fase 2: getto delle murette e dei piedritti della sezione finale, all'interno dei cunicoli di piedritto;
- Fase 3: scavo e costruzione dell'arco di calotta della sezione finale;
- Fase 4: getto del rivestimento di calotta;
- Fase 5: scavo di ribasso fino al piano di imposta dell'arco rovescio e successivo getto dello stesso.

Sono quindi di seguito elencati i principali elementi caratterizzanti la sezione di scavo e consolidamento per il camerone di manovra (il cui schema di intervento è in analogia con il metodo di scavo e consolidamento della sezione di linea denominata C2), ordinati secondo le fasi esecutive previste:

- rivestimento al fronte composto da 0,10m di spritz-beton fibrorinforzato o armato con R.E.S su ogni sfondo e di 0,15 m sul fine campo;
- esecuzione eventuali drenaggi in avanzamento: In caso di presenza d'acqua dovranno essere eseguiti drenaggi in avanzamento. Si prevede la realizzazione di n° 3+3 drenaggi costituiti da tubi in PVC L = 30 m microfessurati e sovrapposizione minima di 8,00m.
- precontenimento del fronte realizzato mediante 50 elementi strutturali in VTR, L=22,0 m (sovrapposizione minima 10,0 m) cementati in foro con miscele cementizie. L'incidenza del preconsolidamento (numero o lunghezza degli elementi) potrà avere una variabilità del $\pm 20\%$;
- precontenimento al contorno realizzato mediante 51 elementi strutturali in VTR, L=18,0 m (sovrapposizione minima 6,0 m) cementati in foro con miscele espansive, l'inclinazione radiale è variabile fra 10,0% e 16,7% e passo 0,50m. L'incidenza del preconsolidamento potrà avere una variabilità del $\pm 20\%$;
- precontenimento al piede centina di 8+8/12,00m elementi strutturali in VTR, di lunghezza variabile cementati in foro con miscele espansive.
- scavo a piena sezione per singoli sfondi di 1.0 m secondo campi di avanzamento di lunghezza pari a 12,0m;
- rivestimento provvisorio (ad ogni sfondo) composto da 0.30 m di spritz-beton fibrorinforzato o armato con R.E.S e centine HEB240 con passo 1.0 m $\pm 20\%$;
- arco rovescio e murette (spessore 1.00 m) in calcestruzzo armato gettati ad una distanza massima dal fronte pari a 1 diametro;
- calotta in calcestruzzo armato (spessore 0.90 m) gettata ad una distanza massima dal fronte pari a 3 diametri.

| | | | | | | |
|---|--|-------------------|----------------|----------------------------|-----------|--------------------|
| APPALTATORE: TELESE S.c.a.r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata | ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 3 SUBLOTTO SAN LORENZO – VITULANO | | | | | |
| PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A. | PROGETTO ESECUTIVO | | | | | |
| GALLERIE NATURALI Relazione tecnica delle opere in sotterraneo | COMMESSA IF2R | LOTTO 3.2.E.ZZ | CODIFICA RG | DOCUMENTO GN.00.0.0.001 | REV. B | FOGLIO 52 di 61 |

11.2 AZIONI DI MITIGAZIONE DEI RISCHI POTENZIALI INDIVIDUATI

Si descrivono le principali criticità emerse dalla fase conoscitiva, che potrebbero avere ripercussioni nella fase realizzativa delle gallerie, e le corrispondenti azioni di mitigazione dei potenziali rischi. La mappatura dei diversi rischi individuati nella fase conoscitiva e la relativa gestione sono illustrate in forma sintetica nell'elaborato del profilo geotecnico (Rif. [16], Rif. [22]a Rif. [26]).

Instabilità del fronte e del cavo

Potenziali rischi di instabilità del fronte e del cavo possono interessare le tratte di galleria a basse coperture, che riguardano le zone prossime all'imbocco, l'attraversamento di zone tettonizzate e di rapida transizione litologica.

In condizioni di bassa copertura, l'avanzamento avverrà con l'esecuzione di interventi di preconsolidamento al fronte e al contorno in grado di controllare lo sviluppo dei fenomeni deformativi indotti dallo scavo e prevenire lo sviluppo di eventuali meccanismi di collasso.

Per l'attraversamento di zone tettonizzate, è prevista l'adozione di avanzamenti con sfondi di lunghezza limitata, preceduti da interventi di consolidamento al fronte e/o al contorno, in relazione al grado di fratturazione e all'entità dei fenomeni deformativi attesi.

Transizione litologica

Le gallerie Reventa e Le Forche attraversano la formazione delle Argille Varicolori Superiori. Nel tratto terminale, la Galleria Le Forche attraversa anche la formazione di Altavilla.

Nelle Argille Varicolori, la litofacies argilloso-marnosa ALVa e la litofacies calcareo-marnosa ALVb presentano inclusi lapidei. Nell'ALVa tali strati sono sporadici e di potenza generalmente inferiore a 50 cm mentre nell'ALVb l'eterogeneità dei materiali è marcata: infatti si alternano argille a struttura scagliosa a calcari di potenza anche metrica (Rif. [14]).

Pertanto, in fase di scavo sono possibili transizioni rapide e non prevedibili o fronti misti, con litologie aventi caratteristiche molto diverse.

Fenomeni di subsidenza/interferenza con opere preesistenti

La galleria Ponte sotto attraversa, tra le la pk 41+800 km e 42+000 km, alcuni edifici di civile abitazione o edifici destinati a piccole attività. Sono stati censiti n.9 edifici (con numerazione da n. 14 a n. 22) (Rif. [45] a Rif. [47]). Si sono distinti edifici situati in adiacenza al tratto in naturale della galleria (edifici n. 18-19-20-21-22) con copertura massima di circa 25 m in calotta ed edifici in adiacenza al tratto in artificiale (edifici n. 14-15-16 e 17).

| | | | | | | |
|--|--|-------------------|----------------|----------------------------|-----------|--------------------|
| APPALTATORE: TELESE S.c.a.r.l. <small>Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata</small> | ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 3 SUBLOTTO SAN LORENZO – VITULANO | | | | | |
| PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A. | PROGETTO ESECUTIVO | | | | | |
| GALLERIE NATURALI Relazione tecnica delle opere in sotterraneo | COMMESSA IF2R | LOTTO 3.2.E.ZZ | CODIFICA RG | DOCUMENTO GN.00.0.0.001 | REV. B | FOGLIO 53 di 61 |

Lungo il tracciato della galleria Reventa nei pressi dell'imbocco lato Benevento, intorno alla pk 43+300, è presente a piano campagna un edificio di civile abitazione con annesso edificio accessorio/garage. Sono stati censiti con numerazione da n. 23 a n. 24 (Rif. [45] a Rif. [47]). In asse galleria la copertura è di circa 14 m dall'estradosso calotta; l'edificio di civile abitazione dista circa 35 m dall'asse galleria, mentre l'edificio accessorio/garage dista circa 15 m dall'asse galleria.

Lungo il tracciato della galleria Le Forche è invece presente a piano campagna un edificio di civile abitazione (Rif. [45] a Rif. [47]). Censito con numerazione n. 25, risulta distante oltre 40 m dall'asse galleria intorno alla pk 44+650 km, con copertura anche in questo caso di circa 40 m.

Per l'interferenza con i n.12 edifici sopra elencati, è stato condotto uno studio sui potenziali effetti indotti dallo scavo delle opere d'imbocco e delle gallerie. Tale studio si è basato sui dati provenienti dai rilievi cartografici aggiornati alla presente fase progettuale, integrati con gli esiti di sopralluoghi effettuati sul campo. Dai risultati di suddetto studio si evince che n.11 dei n.12 edifici analizzati ricadono in categoria di danno 0 (effetti trascurabili sugli edifici) e 1 in categoria di danno 2 (effetti di lieve entità, estetici e non funzionali).

Con riferimento alla classificazione delle categorie di danno (Tabella 11-1:) ed ai metodi di calcolo semplificati adottati (da Rif. [51] a Rif. [55]), i risultati delle previsioni di danno sulle potenziali interferenze censite a piano campagna sono sinteticamente riportati in Tabella 11-2.

| Categoria di danno | Descrizione |
|--------------------|---|
| 0 | Fessure capillari con apertura $\leq 0,1$ mm |
| 1 | Fessure sottili cui si rimedia facilmente con lavori di tinteggiatura. Il danno in genere è limitato agli intonaci delle pareti interne. Fessure alle pareti esterne rilevabili con attento esame. Tipica apertura delle lesioni ≤ 1 mm |
| 2 | Fessure facilmente stuccabili, tinteggiatura necessaria. Le fessure ricorrenti possono essere mascherate con opportuni rivestimenti. Fessure visibili anche all'esterno: può essere necessaria qualche ripresa della stillatura per garantire l'impermeabilità. Possibili difficoltà nell'apertura di porte e finestre. Tipica apertura delle lesioni ≤ 5 mm |
| 3 | Le fessure richiedono cucì e scuci della muratura. Anche all'esterno sono necessari interventi sulla muratura. Possibile blocco di porte e finestre. Rottura di tubazioni. Spesso l'impermeabilità non è garantita. Tipica apertura delle lesioni $5 \div 15$ mm oppure numero elevato di lesioni con apertura ≤ 3 mm |
| 4 | Necessarie importanti riparazioni, compresa demolizione e ricostruzione di parti di muri, specie al di sopra di porte e di finestre. I telai di porte e di finestre si distorcono: percepibile pendenza dei pavimenti. Muri inclinati o spanciati; qualche perdita d'appoggio di travi. Tubazioni distrutte. Tipica apertura delle lesioni $15 \div 25$ mm, dipendente anche dal numero delle lesioni |
| 5 | Richiesti importanti lavori con parziale o totale demolizione e ricostruzione. Le travi perdono l'appoggio, i muri si inclinano fortemente e richiedono puntellatura. Pericolo di instabilità. Tipica apertura delle lesioni ≤ 25 mm, dipendente anche dal numero delle lesioni |

Tabella 11-1: Categoria di danno ed effetti associati

| | | | | | | |
|--|--|-------------------|----------------|----------------------------|-----------|--------------------|
| APPALTATORE: TELESE S.c.a.r.l. <small>Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata</small> | ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 3 SUBLOTTO SAN LORENZO – VITULANO | | | | | |
| PROGETTAZIONE: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A. <u>Mandante:</u> SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A. | PROGETTO ESECUTIVO | | | | | |
| GALLERIE NATURALI Relazione tecnica delle opere in sotterraneo | COMMESSA IF2R | LOTTO 3.2.E.ZZ | CODIFICA RG | DOCUMENTO GN.00.0.0.001 | REV. B | FOGLIO 54 di 61 |

| N°Edificio | Tipo di scavo | Categoria di Danno | Livello di approfondimento |
|------------|---------------|--------------------|----------------------------|
| 14 | Artificiale | 0 | 1-green field |
| 15 | Artificiale | 0 | 1-green field |
| 16 | Artificiale | 0 | 1-green field |
| 17 | Artificiale | 0 | 1-green field |
| 18 | Naturale | 0 | 2-trave equivalente |
| 19 | Naturale | 0 | 2-trave equivalente |
| 20 | Naturale | 0 | 2-trave equivalente |
| 21 | Naturale | 0 | 2-trave equivalente |
| 22 | Naturale | 2 | 2-trave equivalente |
| 23 | Naturale | 0 | 2-trave equivalente |
| 24 | Naturale | 0 | 2-trave equivalente |
| 25 | Naturale | 0 | 2-trave equivalente |

Tabella 11-2: Riepilogo delle analisi condotte e delle categorie di danno associate agli edifici interferiti

Per i dettagli si rimanda alla “Relazione sulla valutazione delle subsidenze e verifica degli effetti indotti sulle interferenze in superficie” (Rif. [48]). Si prevede comunque, a presidio degli edifici interferiti, un sistema di monitoraggio costituito generalmente da capisaldi su sezioni di livellazione topografica per controllo dei cedimenti al piano campagna durante lo scavo della galleria naturale, oltre che staffe di livellazione e mire ottiche disposte sugli edifici; inclinometri, piezometri ed assestimetri saranno inoltre installati in prossimità degli stessi.

Inoltre, la galleria Le Forche sottoattraversa alla pk 45+400 km la strada statale SS372 “Telesina” (in corrispondenza del km 59+490 della carreggiata Sud) con coperture di circa 40 m dalla calotta. Anche l’uscita di emergenza con innesto alla pk 45+105,57 km sottoattraversa alla pk 0+220 km la strada statale SS372 “Telesina” (in corrispondenza del km 59+140 della carreggiata Sud) con coperture di circa 25 m dalla calotta.

Per entrambe le interferenze con la viabilità esistente SS372 “Telesina”, analisi di interazione terreno-struttura (riportate nelle corrispondenti Relazioni Geotecniche e di Calcolo della galleria Le Forche e dell’uscita di emergenza (Rif. [31] e Rif. [32]) hanno confermato che gli effetti indotti dalla realizzazione delle gallerie risultano limitati al solo contorno del cavo, e gli eventuali fenomeni di subsidenza sono di limitata entità e compatibili con il mantenimento in servizio della viabilità della soprastante SS372 “Telesina” durante le fasi esecutive dell’opera. Ad ogni modo nella fase realizzativa si prevede l’installazione di un sistema di monitoraggio costituito da capisaldi su sezioni di livellazione topografica per controllo dei cedimenti al piano campagna durante lo scavo, oltre che assestimetri e piezometri disposti in adiacenza all’asse stradale.

Fenomeni deformativi

La porzione pelitica delle Argille Varicolori nella litofacies argilloso-marnosa ALVa, presente nel rilievo attraversato dalla galleria Le Forche, si presenta a struttura scagliosa. Tale formazione presenta caratteristiche meccaniche tali da rendere possibile lo sviluppo di elevate convergenze durante la fase di scavo. Inoltre, in particolari condizioni (rilascio tensionale indotto dallo scavo in presenza di acqua) potrebbe essere soggetta a fenomeni di rigonfiamento (*swelling*). Evidenze

| | | | | | | |
|--|--|-------------------|----------------|----------------------------|-----------|--------------------|
| APPALTATORE: TELESE S.c.a.r.l. <small>Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata</small> | ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 3 SUBLOTTO SAN LORENZO – VITULANO | | | | | |
| PROGETTAZIONE: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A. <u>Mandante:</u> SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A. | PROGETTO ESECUTIVO | | | | | |
| GALLERIE NATURALI Relazione tecnica delle opere in sotterraneo | COMMESSA IF2R | LOTTO 3.2.E.ZZ | CODIFICA RG | DOCUMENTO GN.00.0.0.001 | REV. B | FOGLIO 55 di 61 |

sperimentali di tale comportamento sono emerse dai risultati delle prove di rigonfiamento impedito e delle prove di rigonfiamento secondo il metodo Huder-Amberg (Rif. [51]), queste ultime caratterizzate da coefficienti di rigonfiamento comparabili con dati di letteratura tecnica su terreni rigonfianti con caratteristiche geotecniche simili.

In tale contesto, l'adozione della sezione di scavo e consolidamento del tipo C2p* di linea risulta particolarmente efficace nel contrastare i possibili fenomeni deformativi al fronte ed al contorno del cavo. Tale sezione prevede infatti interventi di precontenimento del fronte e al contorno, l'impiego di centinatura estesa all'arco rovescio (centina puntone) come rivestimento provvisorio insieme allo spritz-beton, consentendo così la chiusura dell'intero contorno del cavo. Inoltre, la curvatura dell'arco rovescio è stata incrementata per ridurre gli effetti tensionali dell'eventuale fenomeno di rigonfiamento.

Presenza di cavità carsiche, masse rocciose carsificate

Per quanto concerne la litofacies litoide della formazione delle Argille Varicolori (ALVc), riscontrata nella galleria Le Forche, gli studi geologici hanno evidenziato un ammasso roccioso con fenomeni di carsismo di bassa intensità (Rif. [14]).

In merito alla possibile presenza di cavità carsiche nella formazione delle Argille Varicolori (ALVc), si dovranno prevedere perforazioni utilizzate come strumento di indagine e prospezione al fine di individuare la presenza di eventuali cavità in avanzamento per le sezioni tipo A1 (paragrafo 11.1.1.3) e A2 (paragrafo 11.1.1.4). Le perforazioni propedeutiche agli interventi di consolidamento del fronte della sezione tipo B1 (paragrafo 11.1.1.6) dovranno essere utilizzate per il medesimo scopo.

Presenza di corpi di frana in superficie

Al km 43+620, ad una distanza di circa 100 m dall'imbocco Lato Canello è stata censita una frana classificabile come colamento lento quiescente. Le analisi dei rilievi di campo insieme alle indagini in foro ed in superficie hanno consentito di definire un'estensione lineare di circa 240 m ed uno spessore non superiore ai 10 m (Rif. [14]). Gli studi non hanno evidenziato elementi morfologici che possano testimoniare uno stato di attività del fenomeno (Rif. [14]). La galleria sottoattraversa con coperture di circa 25 m in calotta il fenomeno franoso, all'interno della litofacies calcareo-dolomitica delle Argille Varicolori Superiori (ALVc). In relazione al contesto geomorfologico e stratigrafico delineato, la realizzazione della galleria non presenta interazione diretta o indiretta che possa determinare la riattivazione del fenomeno franoso, come può evincersi anche dalle analisi di interazione terreno-struttura riferite alla sezione trasversale alla galleria nel tratto di sottoattraversamento del corpo di frana, riportate in Relazione Geotecnica e di Calcolo della galleria Le Forche (Rif. [32]).

Tra i km 44+400 e 45+000 la galleria sottopassa con coperture di circa 40 m dall'estradosso di calotta un'area interessata da deformazioni superficiali ed una frana complessa quiescente di estese dimensioni (Rif. [14]). Gli studi geologici e geomorfologici, basati sia sul rilevamento di

| | | | | | | |
|--|--|--------------------------|-----------------------|-----------------------------------|------------------|---------------------------|
| APPALTATORE: TELESE S.c.a.r.l. <small>Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata</small> | ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 3 SUBLOTTO SAN LORENZO – VITULANO | | | | | |
| PROGETTAZIONE: Mandataria: <u> </u> Mandante: <u> </u> SYSTRA S.A. SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A. | PROGETTO ESECUTIVO | | | | | |
| GALLERIE NATURALI Relazione tecnica delle opere in sotterraneo | COMMESSA IF2R | LOTTO 3.2.E.ZZ | CODIFICA RG | DOCUMENTO GN.00.0.0.001 | REV. B | FOGLIO 56 di 61 |

campo che su analisi foto interpretative di dettaglio, oltre che su una campagna di indagini in sito, hanno permesso di ricostruire la geometria del corpo di frana (Rif. [14]); il corpo di frana si estende dall'alveo del fiume Calore verso monte per una lunghezza di oltre 600 m, con uno spessore di 20 m circa in asse galleria all'interno della formazione delle Argille Varicolori a dominante pelitica (ALVa). Gli studi condotti in tale fase progettuale (riportati in Relazione Geotecnica e di Calcolo della galleria Le Forche, (Rif. [32]) hanno dimostrato che lo scavo della galleria Le Forche non produce interferenze con il corpo di frana in virtù delle coperture in gioco (circa 40 m dal p.c. nel tratto di interesse), ed in considerazione della soluzione di scavo e consolidamento prevista in progetto. La sezione di scavo in tradizionale adottata, denominata "C2p*", prevede infatti interventi di precontenimento del fronte ed al contorno e l'impiego della centina puntone come rivestimento provvisorio in arco rovescio, con l'obiettivo di contenere e limitare in maniera efficace gli effetti deformativi ed i fenomeni di plasticizzazione eventualmente connessi alla realizzazione della galleria.

Tale frana è inoltre oggetto della prescrizione n.12 riportata nell'Ordinanza n°25 di approvazione del Progetto Preliminare da parte del Commissario Straordinario (Rif. [13]), che fa riferimento alla necessità di "[...] prevedere un adeguato drenaggio delle acque, al fine di mitigare il rischio di riattivazione della frana anche a lavori ultimati [...]". Il sistema previsto in progetto, costituito da specifico geocomposito (strati di geotessile filtrante separati da un nucleo separatore drenante) messo in opera in calotta e piedritti ed affiancato alla classica membrana di impermeabilizzazione in PVC, consente il drenaggio delle acque al contorno del cavo e può contribuire nel tempo ad incrementare la stabilità globale del pendio.

Per ulteriori dettagli sull'interpretazione dei dati di campo e delle indagini che hanno permesso di ricostruzione i modelli geologici sopra descritti, si rimanda alla Relazione Geologica (Rif. [14]) ed ai corrispondenti elaborati specialistici.

Venute d'acqua

Per quanto riguarda la galleria Le Forche e le sue uscite di emergenza, in considerazione della bassa permeabilità che caratterizza le Argille Varicolori nella facies pelitica e argilloso-calcareo (ALVa e ALVb), non sussistono rischi significativi di venute d'acqua in fase di scavo di questi materiali. Stesse considerazioni valgono per la Formazione di Altavilla (ALT), a cui si associa un rischio di venute d'acqua in fase di scavo basso. Solo nelle tratte di attraversamento della litofacies calcareo-dolomitica ALVc, il rischio è ritenuto medio, dato il valore di permeabilità in grande dell'ammasso calcareo fratturato.

Ad ogni modo, le sezioni di scavo prevedono l'eventuale esecuzione di drenaggi al fronte per la fase di scavo, per consentire l'avanzamento in sicurezza.

Per quanto riguarda la galleria Reventa che attraversa le Argille Varicolori nella facies argilloso-calcareo (ALVb), per le stesse considerazioni sopra esposte, non sussistono rischi significativi di

| | | | | | | |
|---|--|-------------------|----------------|----------------------------|-----------|--------------------|
| APPALTATORE: TELESE S.c.a.r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata | ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 3 SUBLOTTO SAN LORENZO – VITULANO | | | | | |
| PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A. | PROGETTO ESECUTIVO | | | | | |
| GALLERIE NATURALI Relazione tecnica delle opere in sotterraneo | COMMESSA IF2R | LOTTO 3.2.E.ZZ | CODIFICA RG | DOCUMENTO GN.00.0.0.001 | REV. B | FOGLIO 57 di 61 |

venute d'acqua in fase di scavo di questi materiali; lo scavo della galleria Ponte invece avverrà all'asciutto, trovandosi la falda al di sotto della quota di fondo scavo.

Presenza di gas

Il tracciato ferroviario del Lotto 3 San Lorenzo-Vitulano dista circa 13 km dall'abitato di Telese in cui sono presenti numerosi *sinkhole*, la cui genesi è da imputare soprattutto alla presenza di un reticolo carsico sotterraneo molto sviluppato, strettamente connesso ad oscillazioni del livello di base della falda e a fenomeni speleogenetici ipercarsici per miscelazione di acque ricche di CO₂ e H₂S e tracce di metano (Corniello & De Riso, 1986).

Alla luce di questo e delle formazioni attraversate dalle gallerie previste in progetto, si richiede una particolare attenzione volta alla problematica inerente la possibilità di intercettare gas naturali nel corso delle fasi di scavo delle opere in sotterraneo.

Le analisi per la determinazione del rischio gas sono state condotte per fasi di approfondimento successivo. Preliminarmente, è stata condotta un'analisi bibliografica e storica volta a verificare, in relazione alle differenti unità geologiche individuate e direttamente interessate dal progetto, l'eventuale presenza di termini geologici favorevoli alla presenza di gas. Successivamente sono state condotte indagini di approfondimento (Rif. [14]) con:

- rilievi di gas a bocca foro durante la perforazione dei sondaggi;
- monitoraggio dell'aria realizzata mediante analizzatore di gas a bocca foro in corrispondenza delle verticali di sondaggio;
- analisi gascromatografica su campioni di acqua prelevati da piezometro.

I risultati derivanti dallo studio suddetto hanno confermato la presenza di gas nelle formazioni interessate dallo scavo della galleria.

Il documento redatto dalle regioni Emilia-Romagna e Toscana "*Lavori in sotterraneo. Scavo in terreni grisutosi. Grisù 3a ed.*", seppur riferito al solo problema metano, può essere un valido riferimento tecnico in merito al problema dello scavo di gallerie in presenza di gas. Questo documento, sviluppato nel corso e con i riscontri diretti degli scavi effettuati nell'appennino Tosco Emiliano, durante la realizzazione delle gallerie dell'alta velocità ferroviaria Bologna Firenze, e la variante di valico autostradale, sempre tra Bologna e Firenze, può essere considerato come "Linea guida per buone pratiche di lavoro nelle costruzioni in sotterraneo".

In tale Nota, l'eventualità di rinvenire metano in galleria è differenziata in diverse classi, in base al numero ed al peso attribuito ai parametri che concorrono a caratterizzare la formazione interessata dallo scavo della galleria.

In funzione dei risultati derivanti dall'analisi bibliografica e storica e dalle indagini di approfondimento, è stato possibile associare, quindi, alle gallerie Ponte e Reventa una classe di

| | | | | | | |
|--|--|-------------------|----------------|----------------------------|-----------|--------------------|
| APPALTATORE: TELESE S.c.a.r.l. <small>Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata</small> | ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 3 SUBLOTTO SAN LORENZO – VITULANO | | | | | |
| PROGETTAZIONE: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A. <u>Mandante:</u> SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A. | PROGETTO ESECUTIVO | | | | | |
| GALLERIE NATURALI Relazione tecnica delle opere in sottoterraneo | COMMESSA IF2R | LOTTO 3.2.E.ZZ | CODIFICA RG | DOCUMENTO GN.00.0.0.001 | REV. B | FOGLIO 58 di 61 |

rischio gas 1a ed alla galleria Le Forche ed alle uscite di emergenza una classe di rischio gas 1b come definite in Tabella 11-3.

| | |
|------------------|---|
| classe 1a | Gallerie/tratti per le quali tutti gli elementi portano a prevedere come remota la possibilità di flussi di grisù, in base all'assenza di indizi derivanti dalle indagini preliminari (studi e ricerche, analisi della storicità, sondaggi), alle informazioni ottenute nello scavo della porzione d'opera già realizzata, alle considerazioni geologiche e strutturali |
| classe 1b | Gallerie/tratti per le quali l'analisi geologica strutturale porta a prevedere flussi di grisù, ma non ci sono elementi di riscontro desunti dalle indagini preliminari (studi e ricerche, analisi della storicità, sondaggi) effettuate in fase di progetto e dalla porzione d'opera già realizzata. In definitiva le manifestazioni gassose sono possibili ma con portate prevedibilmente modeste o con modalità che si ritiene non portino a condizioni di rischio |

Tabella 11-3: Classificazione delle gallerie sul rischio metano secondo la Nota Interregionale n. 28 "Lavori in sottoterraneo. Scavo in terreni grisutosi. Grisù 3ª edizione" (NIR 28)

La Nota Interregionale, definendo tipologie di impianti, macchinari, attrezzature e procedure, può costituire un utile riferimento anche per la gestione del rischio gas in fase realizzativa.

Per le misure di sicurezza da adottare in fase di scavo e per gli interventi atti a mitigare il rischio di presenza di gas nella fase di realizzazione delle gallerie, si rimanda al *Piano di Sicurezza e Coordinamento (PSC)*.

| | | | | | | |
|--|--|-------------------|----------------|----------------------------|-----------|--------------------|
| APPALTATORE: TELESE S.c.a.r.l. <small>Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata</small> | ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 3 SUBLOTTO SAN LORENZO – VITULANO | | | | | |
| PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A. | PROGETTO ESECUTIVO | | | | | |
| GALLERIE NATURALI Relazione tecnica delle opere in sotterraneo | COMMESSA IF2R | LOTTO 3.2.E.ZZ | CODIFICA RG | DOCUMENTO GN.00.0.0.001 | REV. B | FOGLIO 59 di 61 |

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;
- definire la variazione 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 piezometrico per la misura della variazione della quota di falda nelle aree prospicienti i fabbricati;
- monitoraggio inclinometrico per la misura degli spostamenti orizzontali delle paratie e del terreno limitrofo;
- monitoraggio degli spostamenti delle paratie mediante mire ottiche disposte sull'opera di sostegno;
- monitoraggio delle sollecitazioni indotte dallo scavo sui tiranti mediante celle di carico;
- monitoraggio degli spostamenti mediante mire ottiche sulle facciate dei fabbricati interferenti;
- monitoraggio degli spostamenti mediante capisaldi di livellazione in corrispondenza dei fabbricati interferenti;
- monitoraggio dell'eventuale quadro fessurativo esistente sugli edifici mediante fessurimetri meccanici tridirezionali;

Sarà inoltre opportuno, durante il corso delle lavorazioni, provvedere ad un sistema di monitoraggio vibrometrico per la valutazione degli eventuali effetti sugli edifici a seguito di esposizione alle vibrazioni indotte dalle lavorazioni.

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

| | | | | | | |
|--|---|-----------------------|--|---------------|------|----------|
| APPALTATORE: |  <small>Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata</small> | | ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 3 SUBLOTTO SAN LORENZO – VITULANO | | | |
| PROGETTAZIONE: | | | PROGETTO ESECUTIVO | | | |
| Mandatario: | Mandante: | | | | | |
| SYSTRA S.A. | SWS Engineering S.p.A. | SYSTRA-SOTECNI S.p.A. | | | | |
| GALLERIE NATURALI | COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
| Relazione tecnica delle opere in sotterraneo | IF2R | 3.2.E.ZZ | RG | GN.00.0.0.001 | B | 60 di 61 |

- 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 controllo dell'estrusione del fronte, mediante installazione di estrusometri in avanzamento, dove previsto;
- il controllo delle deformazioni al contorno del cavo attraverso gli estensimetri multibase;
- 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;
- il controllo dei cedimenti al piano campagna mediante installazione di capisaldi su sezioni di livellazione topografica;
- il controllo topografico degli spostamenti sugli edifici interferenti;
- il monitoraggio degli spostamenti verticali assoluti e relativi dei terreni di copertura delle gallerie mediante assestimetri elettromagnetici.

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.

| | | | | | | |
|--|--|-------------------|----------------|----------------------------|-----------|--------------------|
| APPALTATORE: TELESE S.c.a.r.l. <small>Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata</small> | ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 3 SUBLOTTO SAN LORENZO – VITULANO | | | | | |
| PROGETTAZIONE: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A. <u>Mandante:</u> SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A. | PROGETTO ESECUTIVO | | | | | |
| GALLERIE NATURALI Relazione tecnica delle opere in sotterraneo | COMMESSA IF2R | LOTTO 3.2.E.ZZ | CODIFICA RG | DOCUMENTO GN.00.0.0.001 | REV. B | FOGLIO 61 di 61 |

13 CONCLUSIONI

Nell'ambito della Progettazione Definitiva del secondo lotto funzionale compreso tra la Stazione di Frasso Telesino/Dugenta (km 16+500 km) e l'impianto di Vitulano (km 46+950,00), per il raddoppio della linea Canello-Benevento sull'itinerario Napoli-Bari, in particolare nel Lotto 3 tra l'impianto del PC di San Lorenzo (km 38+700) e l'impianto di Vitulano, è prevista la realizzazione di tre gallerie di linea a doppio binario: Ponte, Reventa e Le Forche.

Completano il progetto delle opere in sotterraneo gli imbocchi delle gallerie, e le due uscite/accessi di emergenza intermedie (per la galleria Le Forche), previste 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 (Rif. [49]) 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.