

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



COLLEGAMENTO LAMEZIA T. - CATANZARO – DORSALE JONICA

U.O. GALLERIE

PROGETTO DEFINITIVO

ELETTRIFICAZIONE TRATTA LAMEZIA T. – CATANZARO L. (Lotto 01)

RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE GALLERIE

PFTE da sottoporre all'esame del CSLP ai sensi del DL 16 luglio 2020, n. 76 convertito con legge n. 120/2020 «Misure urgenti per la semplificazione e l'innovazione digitale».

SCALA:

ITALFERR S.p.A.
Ordine degli Ingegneri della
Provincia di La Spezia
Dott. Ing. Andrea Nardinocchi
iscritto all'Albo Professionale
C.O.P. N. A1/263/

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

RC0W 01 D 07 CL GN0000 001 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione definitiva	M.N. Pascariello 	Giugno 2020	M. Ricci 	Giugno 2020	S. Vanfiori 	Giugno 2020	A. Sciotti Giugno 2020 ITALFERR S.p.A. U.O. GALLERIE Dott. Ing. Alessandra Sciotti Ordine degli Ingegneri di Roma n° 19848


File: RC0W01D07CLGN000001A

n. Elab.: 610

INDICE

1	PREMESSA	4
2	SCOPO E CONTENUTI DEL DOCUMENTO	4
3	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	5
4	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO	5
4.1	DOCUMENTI REFERENZIATI.....	5
4.2	DOCUMENTI CORRELATI	5
5	ALLEGATI	5
6	DOCUMENTI PRODOTTI A SUPPORTO	5
7	DESCRIZIONE DELLA LINEA	7
7.1	IL TRACCIATO E LE OPERE IN SOTTERRANEO	7
8	FASE CONOSCITIVA	9
8.1	INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO.....	9
	8.1.1 <i>Assetto geologico e geomorfologico lungo il tracciato</i>	11
8.2	INDAGINI GEOTECNICHE.....	12
8.3	CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA.....	14
	8.3.1 <i>Sabbie e arenarie tenere (Psar)</i>	14
	8.3.2 <i>Argille marnose di Cutro (KCR)</i>	22
	8.3.3 <i>Formazione gessoso-solfifera (Ma)</i>	28
	8.3.4 <i>Gessi macrocristallini (Mg)</i>	33
8.4	IL REGIME IDRAULICO	36
8.5	INDAGINI E RILIEVI IN GALLERIA.....	36
8.6	CARATERIZZAZIONE DEI MATERIALI DEL RIVESTIMENTO ESISTENTE	41
9	FASE DI DIAGNOSI	43
9.1	CENSIMENTO DELLE INTERFERENZE.....	43

10	FASE DI TERAPIA	45
10.1	DEFINIZIONE DELLE SEZIONI TIPO DI INTERVENTO	45
10.2	ANALISI E VERIFICA DELLE SEZIONI TIPO DI INTERVENTO	45
10.2.1	<i>Criteri di verifica</i>	45
10.3	RISULTATI DELLE ANALISI NUMERICHE	47
11	FASE DI VERIFICA E MESSA A PUNTO DEL PROGETTO	55
11.1	MONITORAGGIO IN CORSO D'OPERA	55
11.2	INDAGINI INTEGRATIVE	55
12	CONCLUSIONI	56

	COLLEGAMENTO LAMEZIA T. - CATANZARO – DORSALE JONICA P.D. ELETTRIFICAZIONE TRATTA LAMEZIA T. - CATANZARO L. LOTTO 01					
RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE GALLERIE	COMMESSA RC0W	LOTTO 01	CODIFICA D 07 CL	DOCUMENTO GN 00 00 001	REV. A	FOGLIO 4 di 56

1 PREMESSA


Il progetto riguarda l'elettificazione della linea esistente tra Lamezia Terme e Catanzaro Lido nell'ambito della Dorsale Jonica.

2 SCOPO E CONTENUTI DEL DOCUMENTO

Scopo del documento è la descrizione e la verifica delle principali soluzioni tecnico-progettuali propedeutiche all'elettificazione delle gallerie esistenti presenti sulla tratta Lamezia Terme – Catanzaro Lido e descritte nella Relazione tecnica (Rif. [3]).

La progettazione degli interventi sulle gallerie in oggetto è stata condotta secondo il metodo ADECO-RS (Rif. [10]) e si è articolata nelle seguenti fasi:

1. fase conoscitiva: è finalizzata allo studio e all'analisi dello stato di fatto delle gallerie con riferimento alle caratteristiche geometriche delle sezioni di intradosso, agli spessori dei rivestimenti esistenti, alle condizioni strutturali delle murature, al contesto geologico e geotecnico di inserimento (cap. 8);
2. fase di diagnosi: definita la sagoma di transito di progetto e gli ingombri minimi da garantire per l'installazione dell'impiantistica TE, si eseguono le verifiche di sagoma sulle sezioni di intradosso per individuare le eventuali interferenze da risolvere (cap. 9);
3. fase di terapia: in funzione della tipologia dell'interferenza individuata e delle locali condizioni del rivestimento esistente, si definiscono le modalità di intervento necessarie per risolvere l'interferenza (interventi tipo) e garantire l'inserimento dell'impiantistica TE in condizioni di sicurezza (cap. 10).
4. fase di verifica e messa a punto: il progetto è completato da un piano di indagini integrative da predisporre ed attuare nell'ambito della successiva progettuale, per poter confermare o eventualmente ritardare la distribuzione degli interventi tipo ipotizzata in questa fase (cap. 11).

	COLLEGAMENTO LAMEZIA T. - CATANZARO – DORSALE JONICA					
	P.D. ELETTTRIFICAZIONE TRATTA LAMEZIA T. - CATANZARO L.					
LOTTO 01						
RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE GALLERIE	COMMESSA RC0W	LOTTO 01	CODIFICA D 07 CL	DOCUMENTO GN 00 00 001	REV. A	FOGLIO 5 di 56

3 **NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

Rif. [1] Decreto Ministero delle Infrastrutture e Trasporti 17/01/2018, “Aggiornamento delle Nuove norme Tecniche per le Costruzioni”;

Rif. [2] C.S.LL.PP., Circolare n°7 del 21/01/2019, “Istruzioni per l’applicazione dell’Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni” di cui al DM 14/01/2018”.

4 **DOCUMENTI DI RIFERIMENTO**

4.1 **Documenti referenziati**

Rif. [3] U.O. Gallerie, documento n° RC0W01D07RHGN0000001A “Relazione tecnica” datato Giu 2020;

Rif. [4] U.O. Gallerie, documento n° RC0W01D07RHGN0000002A “Indagini 2013 - Relazione rilievi visivi” datato Giu 2020;

Rif. [5] U.O. Gallerie, documento n° RC0W01D07RHGN0000003A “Indagini 2020 - Relazione generale indagini” datato Giu 2020;

Rif. [6] U.O. Geologia, elaborati specialistici;

Rif. [7] U.O. Gallerie, documento n° RC0W01D07WZGN0000001A “Intervento Tipo 1 – Galleria Cimmino” datato Giu 2020;

Rif. [8] U.O. Gallerie, documento n° RC0W01D07WZGN0000002A “Intervento Tipo 1 – Galleria San Ippolito” datato Giu 2020;

Rif. [9] U.O. Gallerie, documento n° RC0W01D07WZGN0000003A “Intervento Tipo 2” datato Giu 2020.

4.2 **Documenti correlati**

Rif. [10] Lunardi P. (2006). Progetto e Costruzione di Gallerie: Analisi delle deformazioni controllate nelle rocce e nei suoli - ADECO-RS – (Hoepli Ed.).

5 **ALLEGATI**

Il documento non è corredato da allegati.

6 **DOCUMENTI PRODOTTI A SUPPORTO**

I contenuti della presente relazione sono completati dai seguenti elaborati di progetto:

Rif. [11] U.O. Gallerie, documento n° RC0W01D07WAGN0100001A “Galleria Gabella - Studio interferenze e applicazione interventi tipo” datato Giu 2020;




COLLEGAMENTO LAMEZIA T. - CATANZARO – DORSALE JONICA
P.D. ELETTRIFICAZIONE TRATTA LAMEZIA T. - CATANZARO L.
LOTTO 01

RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE
GALLERIE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RC0W	01	D 07 CL	GN 00 00 001	A	6 di 56

- Rif. [12] U.O. Gallerie, documento n° RC0W01D07WAGN0200001A “Galleria Cordolo - Studio interferenze e applicazione interventi tipo” datato Giu 2020;
- Rif. [13] U.O. Gallerie, documento n° RC0W01D07WAGN0300001A “Galleria Pigna - Studio interferenze e applicazione interventi tipo” datato Giu 2020;
- Rif. [14] U.O. Gallerie, documento n° RC0W01D07WAGN0400001A “Galleria Cimmino - Studio interferenze e applicazione interventi tipo” datato Giu 2020;
- Rif. [15] U.O. Gallerie, documento n° RC0W01D07WAGN0500001A “Galleria S. Ippolito - Studio interferenze e applicazione interventi tipo” datato Giu 2020;
- Rif. [16] U.O. Gallerie, documento n° RC0W01D07WAGN0600001A “Galleria Pianopoli - Studio interferenze e applicazione interventi tipo” datato Giu 2020;
- Rif. [17] U.O. Gallerie, documento n° RC0W01D07WAGN0700001A “Galleria Montecavaliere - Studio interferenze e applicazione interventi tipo” datato Giu 2020;
- Rif. [18] U.O. Gallerie, documento n° RC0W01D07WAGN0800001A “Galleria Cannello - Studio interferenze e applicazione interventi tipo” datato Giu 2020;
- Rif. [19] U.O. Gallerie, documento n° RC0W01D07WAGN0900001A “Galleria Marcellinara - Studio interferenze e applicazione interventi tipo Tav1/2” datato Giu 2020;
- Rif. [20] U.O. Gallerie, documento n° RC0W01D07WAGN0900002A “Galleria Marcellinara - Studio interferenze e applicazione interventi tipo Tav2/2” datato Giu 2020;
- Rif. [21] U.O. Gallerie, documento n° RC0W01D07WAGN1000001A “Galleria Planicello - Studio interferenze e applicazione interventi tipo” datato Giu 2020;
- Rif. [22] U.O. Gallerie, documento n° RC0W01D07WAGN1100001A “Galleria Chiana Munda - Studio interferenze e applicazione interventi tipo” datato Giu 2020;
- Rif. [23] U.O. Gallerie, documento n° RC0W01D07WAGN1200001A “Galleria Monaci - Studio interferenze e applicazione interventi tipo” datato Giu 2020.

	COLLEGAMENTO LAMEZIA T. - CATANZARO – DORSALE JONICA					
	P.D. ELETTRIFICAZIONE TRATTA LAMEZIA T. - CATANZARO L.					
	LOTTO 01					
RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE GALLERIE	COMMESSA RC0W	LOTTO 01	CODIFICA D 07 CL	DOCUMENTO GN 00 00 001	REV. A	FOGLIO 7 di 56

7 DESCRIZIONE DELLA LINEA

7.1 Il tracciato e le opere in sotterraneo

La costruzione della linea tra Lamezia Terme Centrale (allora Sant'Eufemia Biforcazione) e la provincia di Catanzaro fu commissionata alla Società per le Strade Ferrate del Mediterraneo nella prima metà degli anni novanta del XIX secolo. L'opera fu completata ed aperta al traffico commerciale il 31 luglio 1899 e fu esercita con trazione a vapore sino all'avvento della trazione termica, databile intorno ai primi anni settanta del secolo scorso.

Nella prima decade di questo secolo, tale collegamento è stato oggetto di un'importante variante con la realizzazione di un nuovo tracciato tra le stazioni di Catanzaro Lido e Settingiano. L'idea ispiratrice era quella di ammodernare il collegamento commerciale del bacino di Catanzaro con Lamezia (porto, aeroporto e direttrice veloce Nord-Sud), ma il potenziamento si è fermato a questo primo intervento infrastrutturale.



Figura 1 – Immagine aerea della tratta ferroviaria Lamezia Terme - Catanzaro Lido (Google Earth)


In Tabella 1 sono indicate tutte le gallerie presenti sulla tratta tra Lamezia Terme e Catanzaro Lido. Le progressive ferroviarie indicate sono da considerarsi “storiche”, risalenti cioè alla documentazione ufficiale di costruzione e manutenzione della linea.

Le gallerie Planicello, Chiana Munda e Monaci, situate tra la stazione di Settingiano e Catanzaro Lido, sono quelle di nuova realizzazione nell'ambito della suddetta recente variante di tracciato e furono oggetto di progettazione definitiva a cura di Italferr nel 2008. Tali gallerie sono state progettate e realizzate secondo una sezione di intradosso in linea con standard recenti e non presentano alcun problema rispetto agli ingombri necessari per un'elettificazione standard (cfr da Rif. [21] a Rif. [23]). Le considerazioni riportate nel seguito si riferiscono quindi alle gallerie storiche della tratta Lamezia Terme – Settingiano.

Tabella 1 – Elenco delle gallerie

N°	GALLERIA	Pk Imbocchi		L (m)
1	Gabella	12+952,47	13+161,47	209
2	Cordolo	13+483,51	13+571,86	88,35
3	Pigna	13+783,9	13+880,68	96,78
4	Cimmino	14+452,76	14+577,81	125,05
5	San Ippolito	15+170,37	15+487,97	317,6
6	Pianopoli	17+487,17	18+643,66	1156,49
7	Montecavaliere	18+958,01	19+882,01	924
8	Cancello	20+266,08	20+488,09	222,01
9	Marcellinara	25+021,24	26+784,24	1763
10	Planicello			336
11	Chiana Munda			1106
12	Monaci			1415

Le 12 gallerie presenti tra Lamezia Terme e Catanzaro Lido si estendono complessivamente per circa 7,7 Km e coprono circa il 6% del tracciato. In particolare, le 9 gallerie tra Lamezia Terme e Settingiano si estendono complessivamente per circa 5 Km e coprono circa il 9% del tracciato.

	COLLEGAMENTO LAMEZIA T. - CATANZARO – DORSALE JONICA P.D. ELETTRIFICAZIONE TRATTA LAMEZIA T. - CATANZARO L. LOTTO 01					
RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE GALLERIE	COMMESSA RC0W	LOTTO 01	CODIFICA D 07 CL	DOCUMENTO GN 00 00 001	REV. A	FOGLIO 9 di 56

8 FASE CONOSCITIVA

Nella fase conoscitiva si sono acquisiti tutti gli elementi necessari per la definizione del contesto geologico e geotecnico e dell'attuale stato di fatto delle gallerie con riferimento in particolare alle caratteristiche geometriche delle sezioni di intradosso, agli spessori dei rivestimenti esistenti e alle condizioni strutturali delle murature per l'individuazione di eventuali zone di criticità legate alla presenza di lesioni, venute d'acqua ecc.

8.1 Inquadramento geologico e geomorfologico

L'area di studio si colloca in quella che viene geologicamente definita come la "Stretta di Catanzaro", ovvero un istmo che congiunge la Calabria settentrionale a quella meridionale, costituito da una depressione tettonica denominata "graben di Catanzaro", emersa nel Quaternario, nel corso della fase di sollevamento tettonico che ha generato l'attuale configurazione morfostrutturale dell'intero territorio calabrese.

Lungo il bordo settentrionale del "graben di Catanzaro", la faglia "Gizzeria-Nicastro-Pianopoli-Marcellinara" rappresenta l'elemento tettonico più rilevante su scala regionale poiché giustappone i litotipi cristallino-metamorfici paleozoici del sistema Catena Costiera-Sila ai depositi mio-quadernari, sollevando le propaggini meridionali del sistema Catena Costiera-Altopiano Silano rispetto ai depositi tortoniano-quadernari di riempimento del graben.

La Piana di Sant'Eufemia, la zona in cui passa la porzione iniziale del tratto ferroviario sede di progetto (Figura 2 - Rif. [6]), ricade nel settore tirrenico del "Graben di Catanzaro" che è interposto tra due alti strutturali, "horst", rappresentati, rispettivamente, dalle propaggini meridionali dell'Altopiano Silano e dalla porzione settentrionale del Massiccio delle Serre. La vasta pianura solcata dal Fiume Amato e da altri corsi d'acqua minori è costituita da depositi alluvionali recenti e attuali che occupano una superficie di oltre 200 km².



Figura 2 – Vista aerea tridimensionale della piana di Sant’Eufemia. In rosso la linea ferroviaria Lamezia-Catanzaro (Google Earth)

Il Massiccio della Sila (Figura 3) risulta litologicamente costituito da complessi cristallini e metamorfici di alto e basso grado, associati, soprattutto nella fascia perimetrale, a rocce sedimentarie, le quali rappresentano le principali litologie individuabili sulla costa Est della regione Silana attraversata dalla linea ferroviaria Ionica. Il Massiccio Silano è costituito da un blocco crostale relativamente indeformato, compreso tra il Bacino Crotonese ad Est e la Valle del Crati ad Ovest.

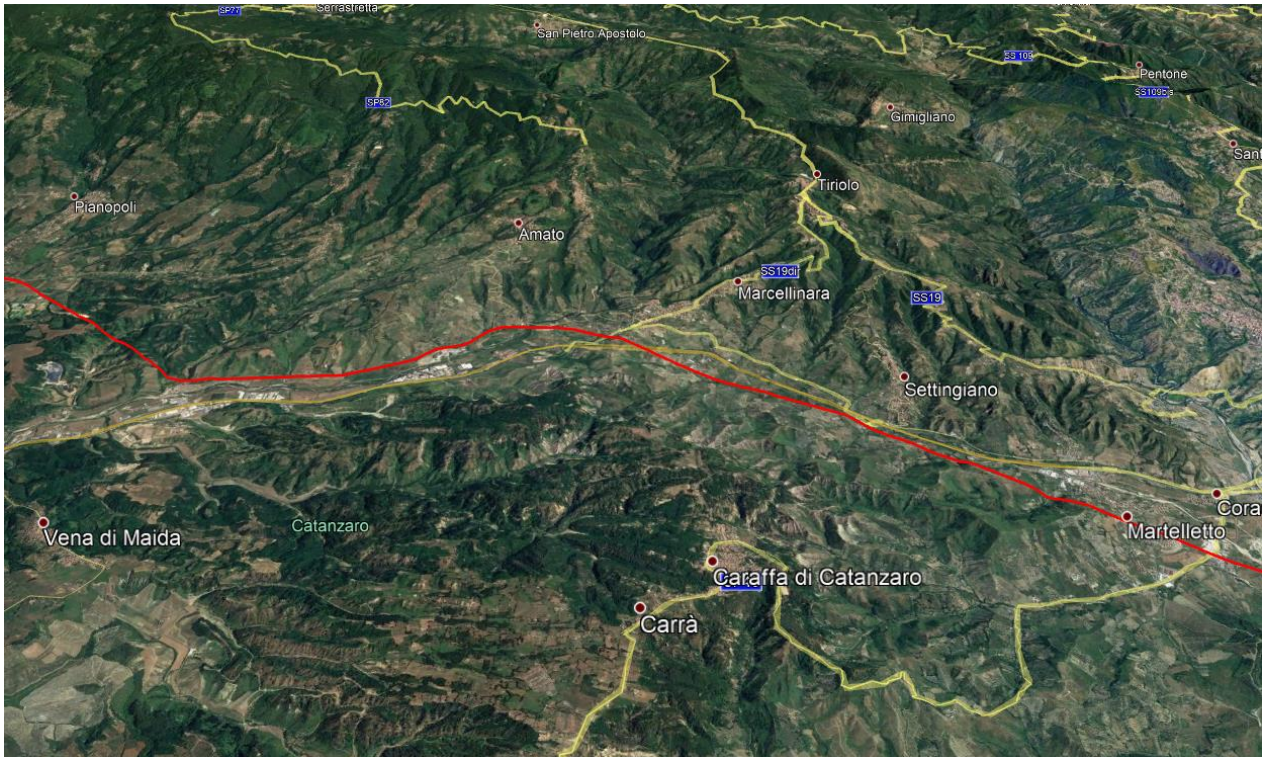


Figura 3 - Vista aerea tridimensionale delle propaggini meridionali del massiccio silano. In rosso la linea ferroviaria Lamezia-Catanzaro (Google Earth)

8.1.1 Assetto geologico e geomorfologico lungo il tracciato


Le Unità riscontrate lungo il tracciato della tratta in oggetto, con particolare riferimento alle gallerie oggetto di interventi sui rivestimenti (Gabella, Cimmino, S. Ippolito e Montecavaliere, Rif. [3]) sono di seguito brevemente descritte:

Unità Quaternarie antiche

- *Depositi conglomeratici e sabbiosi di ambiente marino (q)*: Depositi terrazzati derivanti da sedimentazione di materiale continentale in ambiente marino costiero e/o poco profondo composti da sabbie, ghiaie, conglomerati e sabbioni.

Depositi Neogenici

- *Sabbie e arenarie tenere (Psar)*: Sabbie ed arenarie tenere bruno-giallastre, a grana da media a grossolana, frequentemente a stratificazione incrociata. Presenti locali intercalazioni di argille siltose. Questa formazione si trova stratigraficamente al di sopra della successiva formazione di argille grigio-azzurre e corrispondente alle Argille marnose di Cutro (KCR).

	COLLEGAMENTO LAMEZIA T. - CATANZARO – DORSALE JONICA					
	P.D. ELETTRIFICAZIONE TRATTA LAMEZIA T. - CATANZARO L.					
	LOTTO 01					
RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE GALLERIE	COMMESSA RC0W	LOTTO 01	CODIFICA D 07 CL	DOCUMENTO GN 00 00 001	REV. A	FOGLIO 12 di 56

- *Argille marnose di Cutro (KCR)*: Argille, argille marnose e siltiti, da grigie a brune con stratificazione non sempre evidente.
- *Formazione Gessoso-Solfifera (Ma)*: Argille e silts, per lo più non fossiliferi, localmente con intercalazioni sabbiose e lenti di gesso microcristallino.
- *Gessi macrocristallini (Mg)*: Massicci o fini, sabbiosi e in strati sottili.

Dal punto di vista geomorfologico, la tratta ferroviaria Lamezia-Catanzaro Lido, attraversa macroaree che presentano caratteristiche molto diverse. Le gallerie in oggetto ricadono nella macrozona geomorfologica dell'Altopiano Silano, la quale è molto varia e presenta morfologie da rotondeggianti e molto evolute a profonde incisioni vallive nei versanti più facilmente erodibili. I tratti peculiari del paesaggio che sono scanditi dal contrasto morfologico tra i massicci affioramenti gessoarenitici ed i dolci pendii argillosi profondamente incisi dai corsi d'acqua che scendono dall'altopiano silano. Il risultato è un territorio molto peculiare contraddistinto da rilievi tabulari che coronano le principali salienze a cui si alternano depressioni chiuse più o meno grandi; l'idrografia superficiale, fatta eccezione per alcuni profondi valloni, è assai scarsa e rappresentata da brevi corsi d'acqua che spesso scompaiono al piede di affioramenti rocciosi.

Per ulteriori dettagli sul modello geologico si rimanda agli elaborati specialistici (Rif. [6]).


8.2 Indagini geotecniche

Ai fini della modellazione e della caratterizzazione geotecnica delle unità che interessano le opere in sotterraneo in progetto, sono stati utilizzati i dati relativi alla campagna geotecnica eseguita da Italferr nella presente fase progettuale (Gennaio-Febrero 2020), la quale ha previsto:

- n. 5 sondaggi a carotaggio continuo (profondità variabili tra 30 m e 50 m dal piano campagna);
- n. 11 prove dilatometriche/pressiometriche nei fori di sondaggio;
- n. 10 prove di permeabilità di tipo Lefranc e Lugeon;
- n. 50 prove in foro di tipo SPT;

Il numero totale dei campioni analizzati nella tratta di interesse e sottoposti a prove di laboratorio è di 25, di cui 24 indisturbati e 1 rimaneggiato. Sui campioni indisturbati sono state eseguite le seguenti prove meccaniche:

- n. 11 prove di taglio diretto (TD);
- n. 9 prove di compressione triassiale (CIU);
- n. 2 prove di compressione monoassiale;

	COLLEGAMENTO LAMEZIA T. - CATANZARO – DORSALE JONICA					
	P.D. ELETTRIFICAZIONE TRATTA LAMEZIA T. - CATANZARO L.					
	LOTTO 01					
RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE GALLERIE	COMMESSA RC0W	LOTTO 01	CODIFICA D 07 CL	DOCUMENTO GN 00 00 001	REV. A	FOGLIO 13 di 56

Il sondaggio S1 si colloca in corrispondenza della galleria Gabella, con una profondità di 30 m da p.c., dal quale sono stati prelevati 4 campioni indisturbati alle profondità di 4,5; 16,5; 21 e 25,5 m da p.c. Sono state eseguite 10 prove in foro di tipo SPT, 2 prove di premeabilità di tipo Lefranc e 2 prove pressiometriche.

Il sondaggio S2 si colloca in corrispondenza della galleria Cimmino, con una profondità di 30 m da p.c., dal quale sono stati prelevati 5 campioni indisturbati alle profondità di 4,5; 10,5; 16,5; 21 e 26,5 m da p.c. Sono state eseguite 10 prove in foro di tipo SPT, 2 prove di premeabilità di tipo Lefranc e 3 prove pressiometriche.

Il sondaggio S3 si colloca in corrispondenza della galleria S. Ippolito, con una profondità di 35 m da p.c., dal quale sono stati prelevati 5 campioni indisturbati alle profondità di 10,5; 18; 24; 30 e 33 m da p.c. Sono state eseguite 10 prove in foro di tipo SPT, 2 prove di premeabilità di tipo Lefranc e 2 prove pressiometriche.

Il sondaggio S4 si colloca in corrispondenza della galleria Montecavaliere, con una profondità di 50 m da p.c., dal quale sono stati prelevati 5 campioni indisturbati alle profondità di 18; 24; 29,5; 39 e 44,25 m da p.c. Sono state eseguite 10 prove in foro di tipo SPT, 2 prove di premeabilità di tipo Lefranc e 2 prove pressiometriche.

Il sondaggio S5 si colloca in corrispondenza della galleria Marcellinara, con una profondità di 50 m da p.c., dal quale sono stati prelevati 5 campioni indisturbati alle profondità di 26; 32; 37; 42 e 47 m da p.c. Sono state eseguite 10 prove in foro di tipo SPT, 2 prove di premeabilità di tipo Lugeon e 2 prove dilatometriche.


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 dalle opere in sotterraneo lungo il tracciato.

La formazione di interesse per le gallerie Gabella, Cimmino e Montecavaliere è quella delle sabbie e arenarie tenere (Psar), mentre la galleria S. Ippolito attraversa la formazione delle argille marnose di Cutro (KCR). Infine, per la galleria Marcellinara le formazioni di interesse sono quella gessoso-solfifera (Ma) nella parte superficiale e, a quota cavo, quella dei gessi macrocristallini (Mg).

La caratterizzazione della formazione Psar è stata condotta mediante prove di laboratorio eseguite sui campioni indisturbati dei sondaggi S1, S2, S3 e S4 e tramite prove in sito (prove SPT, prove pressiometriche e prove di permeabilità) eseguite nei fori di sondaggio. La caratterizzazione della formazione KCR è stata condotta mediante prove di laboratorio eseguite sui campioni indisturbati dei sondaggi S2 e S3 e prove in sito (prove pressiometriche e prove di permeabilità). Infine, le prove di laboratorio eseguite sui campioni indisturbati del sondaggio S5 e le relative prove in sito (prove dilatometriche e prove di permeabilità) hanno fornito indicazioni per la caratterizzazione delle formazioni Ma e Mg.

Per ulteriori dettagli relativi alle campagne di indagini si rimanda ai documenti specialistici (Rif. [6]).

Nei paragrafi che seguono si riepilogano nel dettaglio i risultati della caratterizzazione e modellazione geotecnica eseguita per ciascuna delle formazioni di interesse per gli interventi in progetto.

	COLLEGAMENTO LAMEZIA T. - CATANZARO – DORSALE JONICA P.D. ELETTRIFICAZIONE TRATTA LAMEZIA T. - CATANZARO L.					
	LOTTO 01					
RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE GALLERIE	COMMESSA RCOW	LOTTO 01	CODIFICA D 07 CL	DOCUMENTO GN 00 00 001	REV. A	FOGLIO 14 di 56

8.3 Caratterizzazione geotecnica

8.3.1 Sabbie e arenarie tenere (Psar)

Si tratta di sabbie ed arenarie tenere bruno-giallastre, a grana da media a grossolana, frequentemente a stratificazione incrociata (Figura 4 e Figura 5). Presenti locali intercalazioni di argille siltose. Nel sondaggio S4 è descritta come sabbia medio fine limosa, con alcuni livelli cementati. Questa formazione si trova stratigraficamente al di sopra della successiva formazione di argille grigio-azzurre e corrispondente alle Argille marnose di Cutro (KCR).



Figura 4 – Sabbie e arenarie tenere nel foro di sondaggio S1 tra 20 e 25 m da p.c.


 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	COLLEGAMENTO LAMEZIA T. - CATANZARO – DORSALE JONICA P.D. ELETTRIFICAZIONE TRATTA LAMEZIA T. - CATANZARO L. LOTTO 01					
	RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE GALLERIE	COMMESSA RC0W	LOTTO 01	CODIFICA D 07 CL	DOCUMENTO GN 00 00 001	REV. A



Figura 5 – Sabbie e arenarie tenere nel foro di sondaggio S4 tra 45 e 50 m da p.c.

All'interno della formazione delle sabbie e arenarie tenere (Psar), sono stati eseguiti 3 sondaggi: S1, S2 e S4. Da questi sono stati prelevati, a profondità variabili tra 5 m e 44 m da piano campagna, 13 campioni indisturbati sottoposti a prove di laboratorio. Alcuni campioni prelevati dai sondaggi (S1-CI2 e S4-CI1), una volta aperti in laboratorio, si sono rivelati non idonei allo svolgimento delle prove meccaniche previste.

Le analisi granulometriche eseguite sui campioni prelevati mostrano la prevalenza della componente sabbiosa (67%) e limosa (22%) con una piccola percentuale di argilla (8%). Il terreno è classificabile come sabbia limosa debolmente argillosa (AGI, 1977, Riferimento AGI).

Il peso dell'unità di volume è compreso tra 16,1 e 20,4 kN/m³, mentre il peso di volume del materiale secco varia tra 14,0 e 17,1 kN/m³ (Figura 6).

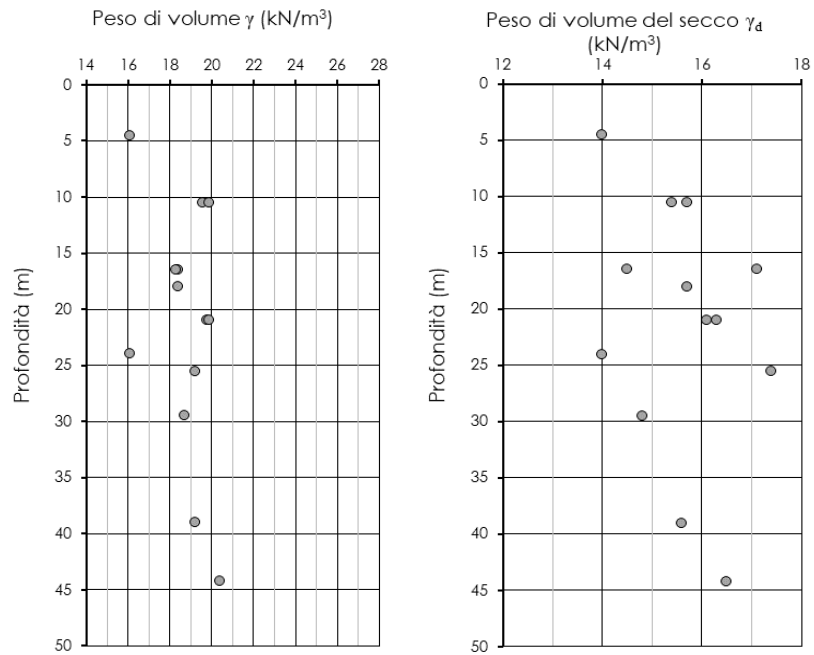


Figura 6 – Psar – Peso dell’unità di volume γ e peso dell’unità di volume del secco γ_d

Il contenuto d’acqua naturale w risulta compreso tra l’8% ed il 27% (Figura 7).

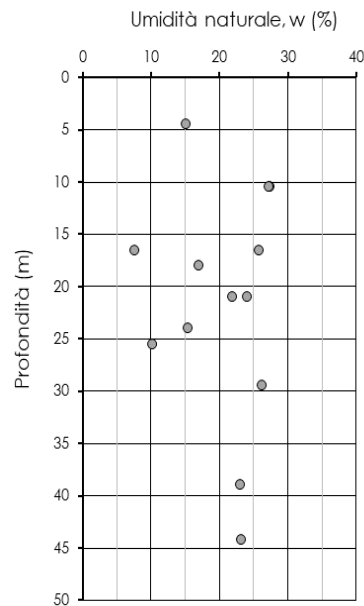


Figura 7 – Psar – umidità naturale w

Ai fini della caratterizzazione meccanica sono stati analizzati i risultati delle prove di laboratorio condotte sui campioni indisturbati: in particolare, sono state eseguite 8 prove di taglio diretto e 3 prove di compressione triassiale consolidata non drenata (CIU).

Le prove triassiali CIU risultano ben allineate intorno all'involuppo di resistenza nel piano degli invarianti t' ed s' di Figura 8, che corrisponde a un valore di coesione c' pari a 2 kPa e un angolo di resistenza al taglio ϕ' pari a circa 32,5°.

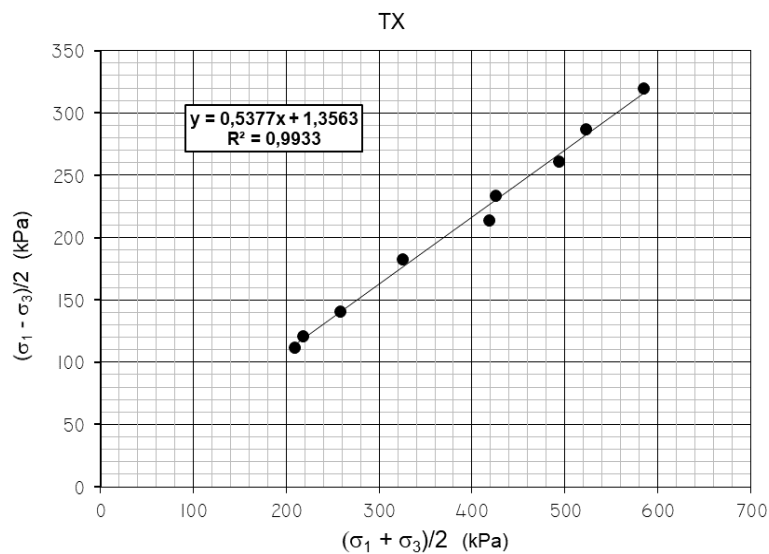


Figura 8 – Psar – Involuppo di resistenza delle prove triassiali

Le 8 prove di taglio diretto evidenziano valori di coesione variabili tra 0 e 18,5 kPa e di angolo di attrito variabili tra 28° e 36°. L'involuppo di resistenza nel piano di Mohr-Coulomb di Figura 9 corrisponde a una coesione c' pari a 25 kPa e a un angolo di attrito ϕ' pari a circa 31°.

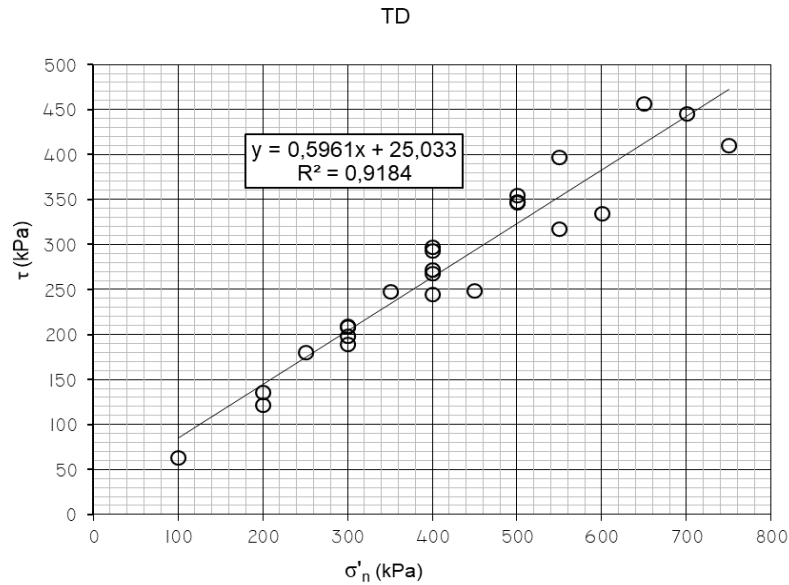


Figura 9 – Psar – Involuppo di resistenza delle prove di taglio diretto (TD)

Inoltre, sono state effettuate prove in sito penetrometriche di tipo SPT nei fori di sondaggio S1, S2, S3 e S4. L'angolo di resistenza al taglio di picco può essere stimato in modo indiretto a partire dal numero di colpi N_{SPT} e dalla tensione verticale efficace utilizzando la correlazione di De Mello (1971). L'intervallo di valori risultante è concorde con quanto emerso dalle prove di laboratorio e risulta compreso nell'intervallo $30^\circ \div 35^\circ$ (Figura 10).

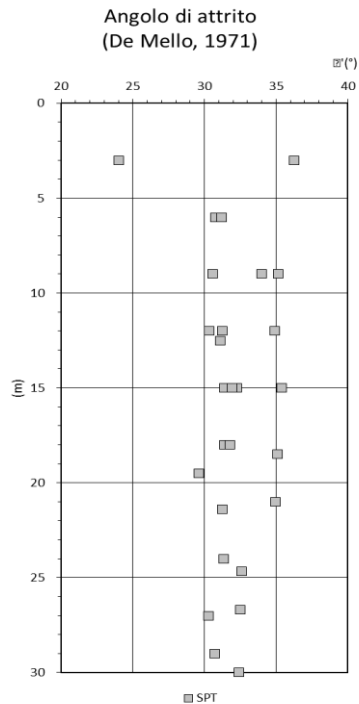


Figura 10 – Psar – Valori di angolo di attrito ricavati da prove SPT

Per determinare le caratteristiche di deformabilità della formazione Psar, sono stati utilizzati i risultati delle 7 prove pressiometriche eseguite nei fori di sondaggio. Le diverse prove eseguite evidenziano valori di rigidezza più bassi nei primi 20 m di profondità e valori crescenti per profondità più elevate (Figura 11). L'intervallo di valori ottenuto per il modulo di elasticità E' è pari a $40 \div 390$ MPa.

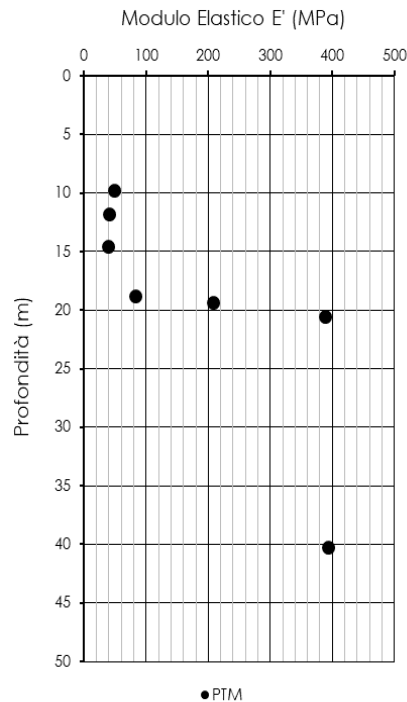


Figura 11 – Modulo di deformabilità da prove pressiometriche

Le caratteristiche di deformabilità sono state valutate anche in via indiretta a partire dalle prove in sito SPT mediante il metodo di Ohta & Goto (1978), che ricava il valore di V_s in funzione del numero di colpi, della profondità di prova dal piano campagna, di un coefficiente fa funzione dell'età geologica del deposito e di un coefficiente fg funzione della granulometria. Dal valore di V_s si calcola il modulo di deformazione tagliante G_0 e da quest'ultimo, attraverso la teoria elastica, il valore del modulo E_0 a piccole deformazioni e infine il modulo di deformabilità E' (Figura 12).

Un'ulteriore correlazione è fornita da Stroud (1989) in funzione del numero di colpi N_{SPT} (Figura 12).

I valori di modulo E' ottenuti in questo modo risultano confrontabili con le prove in foro sopra descritte, in particolare nei primi 20 m di profondità; per profondità maggiori si hanno invece valori più bassi rispetto a quelli ottenuti dalle prove pressiometriche.

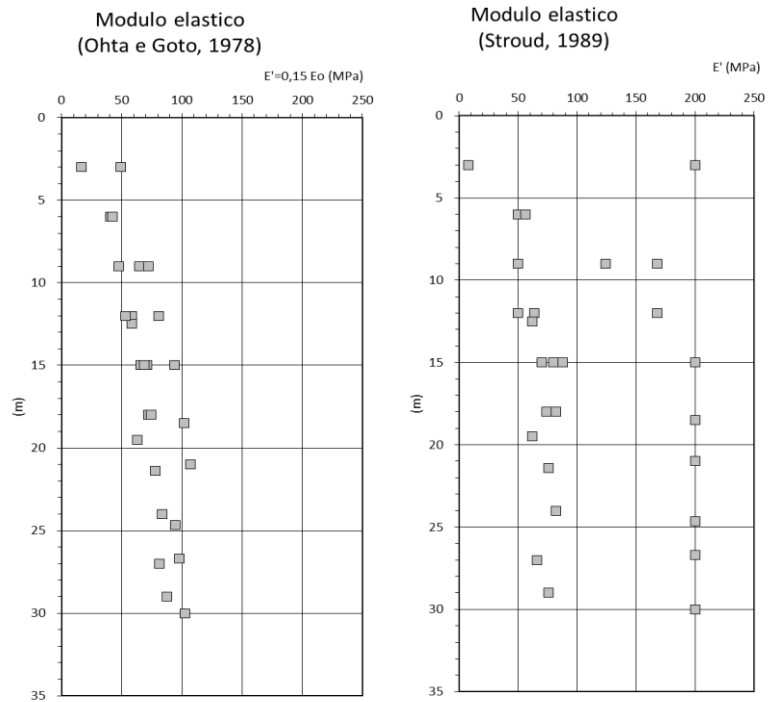
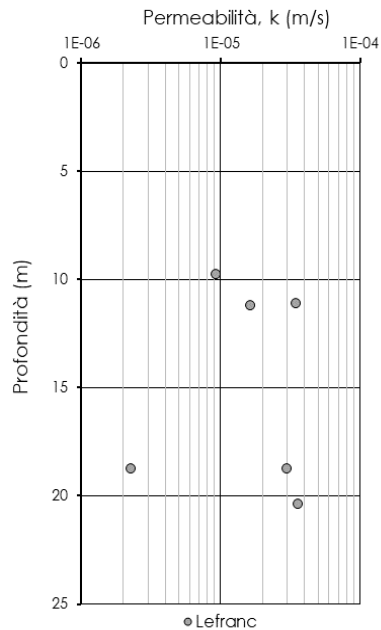


Figura 12 – Modulo di deformabilità da prove SPT

Sono state eseguite 6 prove di permeabilità di tipo Lefranc nei fori di sondaggio S1, S2 e S4 a profondità variabili tra 10 e 20 m da p.c. Complessivamente dalle prove si ottiene un coefficiente di permeabilità k variabile tra 10^{-6} e 10^{-5} m/s (Figura 13).



Prova	Sondaggio	Profondità da p.c.	k
(-)	(-)	(m)	(m/s)
Lefranc	S1	11,2	1,7E-05
Lefranc	S1	20,4	3,6E-05
Lefranc	S2	9,8	9,3E-06
Lefranc	S2	18,8	2,3E-06
Lefranc	S4	11,1	3,5E-05
Lefranc	S4	18,8	3,0E-05

Figura 13 – Psar – Coefficiente di permeabilità k da prove Lefranc

8.3.2 Argille marnose di Cutro (KCR)

Si tratta di argille, argille marnose e siltiti, da grigie a brune con stratificazione non sempre evidente (Figura 14).



Figura 14 – Argille marnose di Cutro nel foro di sondaggio S3, tra i 30 ed i 35 m da p.c.

Per la formazione delle Argille marnose di Cutro sono stati prelevati, a profondità variabili tra 18 m e 33 m da piano campagna, 4 campioni indisturbati dal foro di sondaggio S3 e 1 campione indisturbato dal foro di sondaggio S2 alla profondità di 26,5 m da p.c. I campioni prelevati sono stati sottoposti a prove di laboratorio.

Le analisi granulometriche eseguite sui campioni prelevati dal sondaggio S3 mostrano la prevalenza della componente limosa (56%) e sabbiosa (26%) con una percentuale modesta di argilla (18%). Invece, l'analisi eseguita sul campione prelevato dal sondaggio S2 mostra la prevalenza della componente sabbiosa (65%) e limosa (29%) con una piccola percentuale di argilla (6%). Il terreno è classificabile come limo con sabbia argilloso (AGI, 1977, Riferimento AGI).

Il peso dell'unità di volume è compreso tra 18,8 e 20,4 kN/m³, mentre il peso di volume del materiale secco varia tra 15,2 e 16,7 kN/m³ (Figura 15).

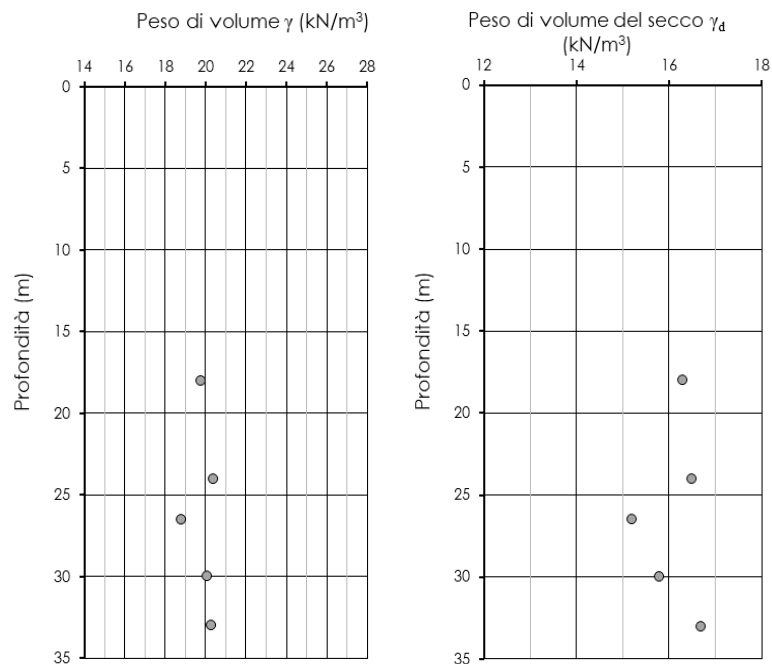


Figura 15 – KCR – Peso dell'unità di volume γ e peso dell'unità di volume del secco γ_d

I limiti di Atterberg, definiti per 3 campioni del sondaggio S3, (Figura 16) sono compresi negli intervalli di seguito riportati:

- Limite plastico, w_p : 23% ÷ 24%;
- Limite liquido, w_L : 27% ÷ 36%;
- Indice di Plasticità, I_p : 4% ÷ 12%

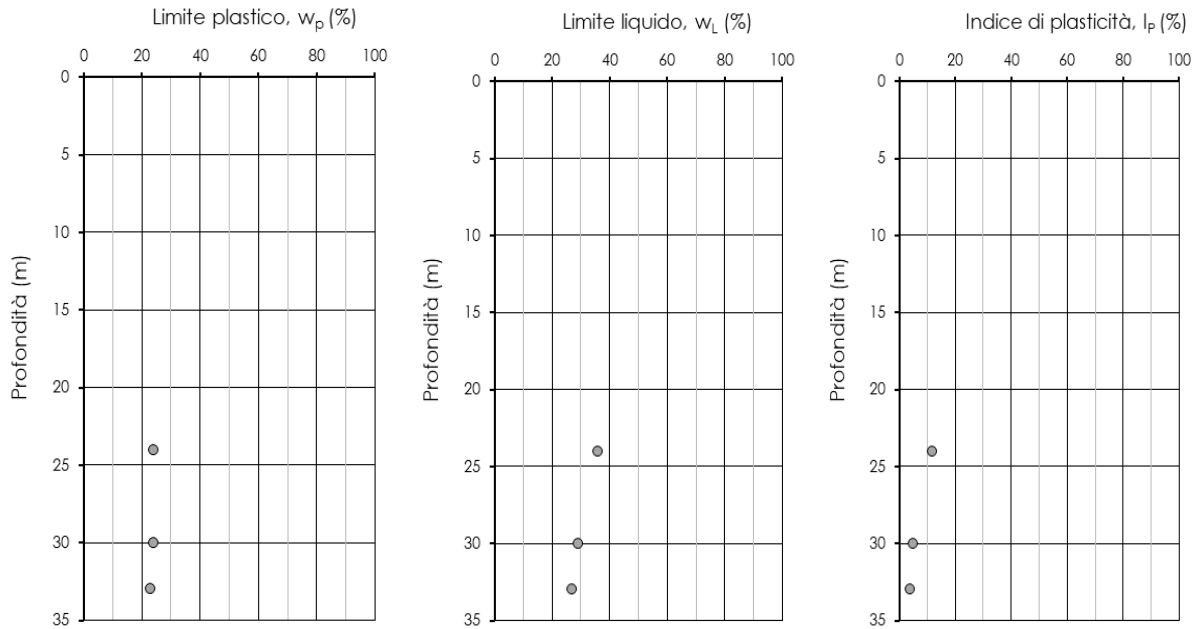


Figura 16 – KCR – Limiti di Atterberg e indice di plasticità

Il contenuto d'acqua naturale w risulta compreso tra il 21,6% ed il 26,7%, con un indice di consistenza I_C variabile tra 0,46 e 1,34 (Figura 17).

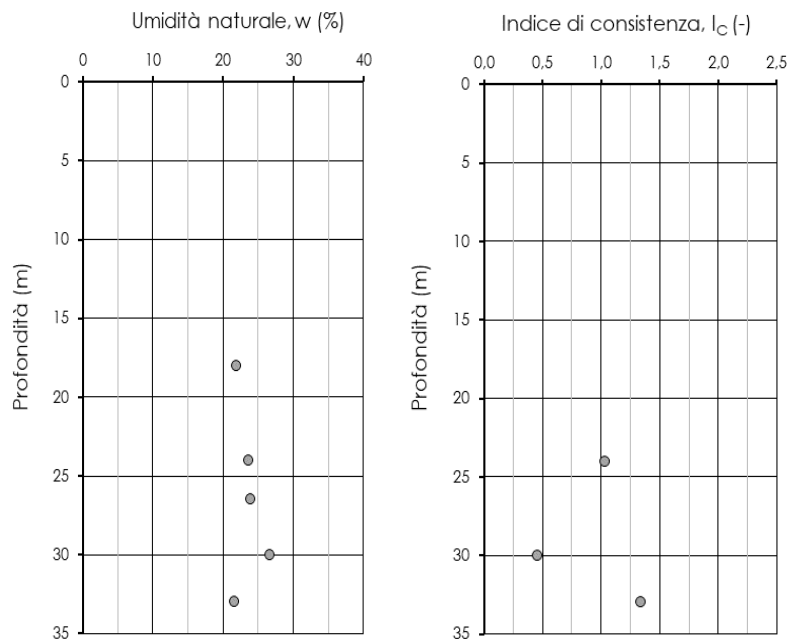



Figura 17 – KCR – umidità naturale w e indice di consistenza I_c

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	COLLEGAMENTO LAMEZIA T. - CATANZARO – DORSALE JONICA P.D. ELETTRIFICAZIONE TRATTA LAMEZIA T. - CATANZARO L. LOTTO 01					
	RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE GALLERIE	COMMESSA RC0W	LOTTO 01	CODIFICA D 07 CL	DOCUMENTO GN 00 00 001	REV. A

La frazione argillosa è inattiva con un indice di attività A medio pari a 0,34 (Figura 18).

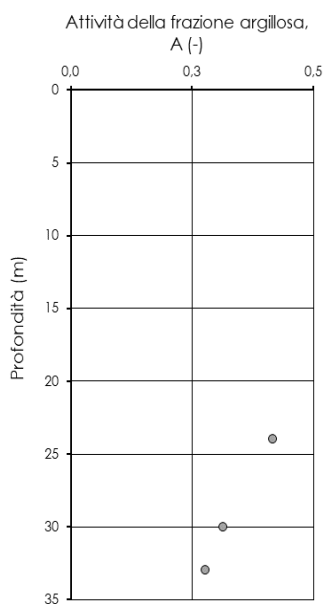


Figura 18 – KCR – Attività della frazione argillosa A

Ai fini della caratterizzazione meccanica sono stati analizzati i risultati delle prove di laboratorio condotte sui campioni indisturbati. Sono state eseguite 1 prova di taglio diretto e 4 prove di compressione triassiale consolidata non drenata (CIU).

Le prove triassiale CIU evidenziano un involuppo di resistenza che corrisponde a un valore di coesione c' pari a 6 kPa e un angolo di resistenza al taglio ϕ' pari a 32° ; in Figura 19 è rappresentato l'involuppo delle prove nel piano degli invarianti t' ed s' .

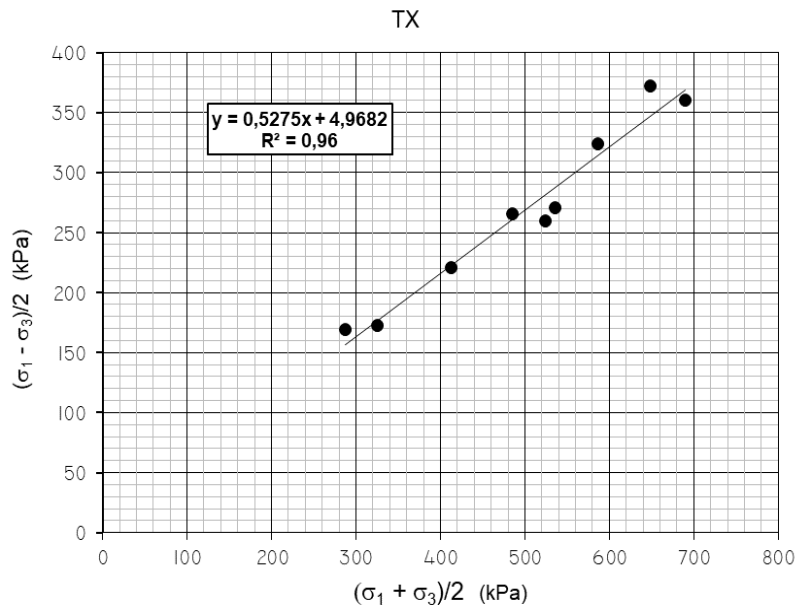


Figura 19 – KCR – Inviluppo di resistenza delle prove triassiali

La prova di taglio diretto eseguita evidenzia valori dei parametri di resistenza in linea con le prove triassiali con coesione c' pari a 2 kPa e angolo di resistenza al taglio φ' pari a 32° , come rappresentato nel piano di Mohr-Coulomb di Figura 20.

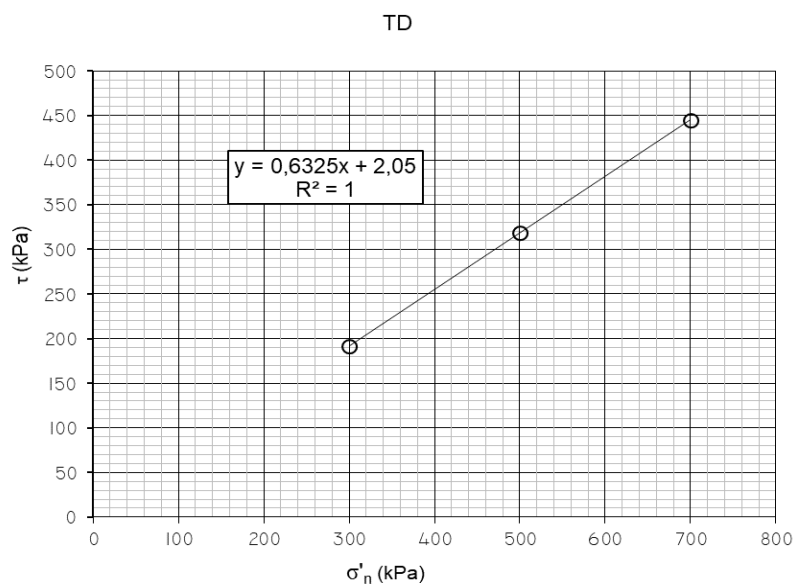


Figura 20 – KCR – Inviluppo di resistenza della prova di taglio diretto (TD)

Per determinare le caratteristiche di deformabilità della formazione KCR, sono stati utilizzati i risultati delle 2 prove pressiometriche eseguite nel foro di sondaggio S3 (Figura 21). L'intervallo di valori ottenuto per il modulo di elasticità E' è pari a $75 \div 110$ MPa.

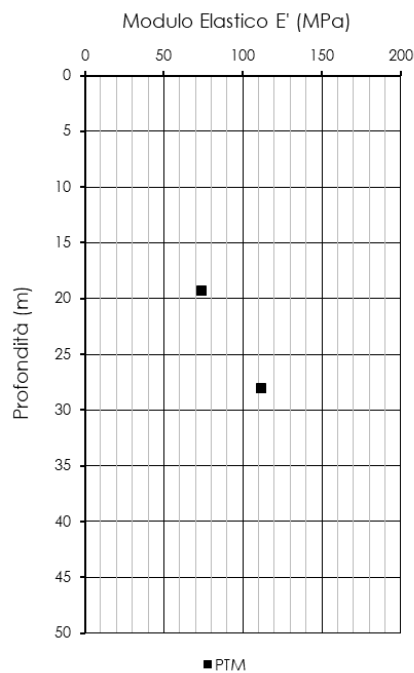
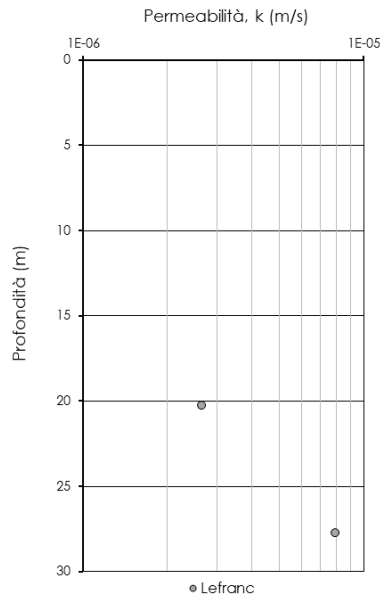


Figura 21 – KCR - Modulo di deformabilità operativo da prove pressiometriche

Sono state eseguite 2 prove di permeabilità di tipo Lefranc nel foro di sondaggio S3 a profondità di 20 e 28 m da p.c. Complessivamente dalle prove si ottiene un coefficiente di permeabilità k variabile tra 10^{-6} e 10^{-5} m/s (Figura 22).



Prova	Sondaggio	Profondità da p.c.	k
(-)	(-)	(m)	(m/s)
Lefranc	S3	20,3	2,7E-06
Lefranc	S3	27,8	8,0E-06

Figura 22 – KCR – Coefficiente di permeabilità k da prove Lefranc

8.3.3 Formazione gessoso-solfifera (Ma)

Si tratta di argille e silts, per lo più non fossiliferi, localmente con intercalazioni sabbiose e lenti di gesso microcristallino (Figura 23).



Figura 23 – Ma – Formazione gessoso-solfifera nel foro di sondaggio S5, tra i 25 ed i 30 m da p.c.

Per la formazione gessoso-solfifera dal foro di sondaggio S5 sono stati prelevati 3 campioni indisturbati a profondità variabili tra 26 m e 37 m da piano campagna e sottoposti a prove di laboratorio.

Le analisi granulometriche eseguite mostrano la prevalenza della componente limosa (54%) e argillosa (41%). Il terreno è classificabile come limo con argilla (AGI, 1977, Riferimento AGI).

Il peso dell'unità di volume è compreso tra 20,5 e 20,9 kN/m³, mentre il peso di volume del materiale secco varia tra 16,6 e 17,5 kN/m³ (Figura 24).

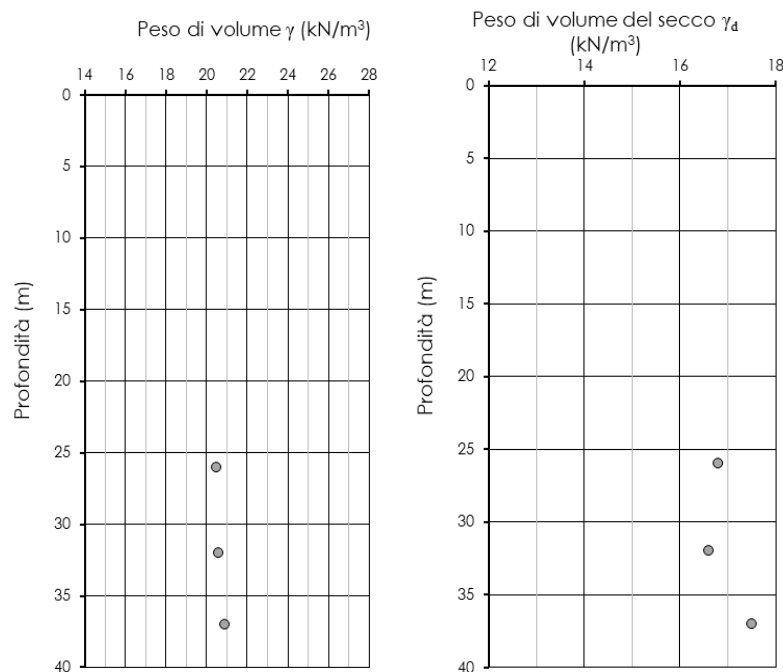


Figura 24 – Ma – Peso dell'unità di volume γ e peso dell'unità di volume del secco γ_d

I limiti di Atterberg (Figura 25) sono compresi negli intervalli di seguito riportati:

- Limite plastico, w_p : 30% ÷ 37%;
- Limite liquido, w_L : 59% ÷ 74%;
- Indice di Plasticità, I_p : 22% ÷ 43%

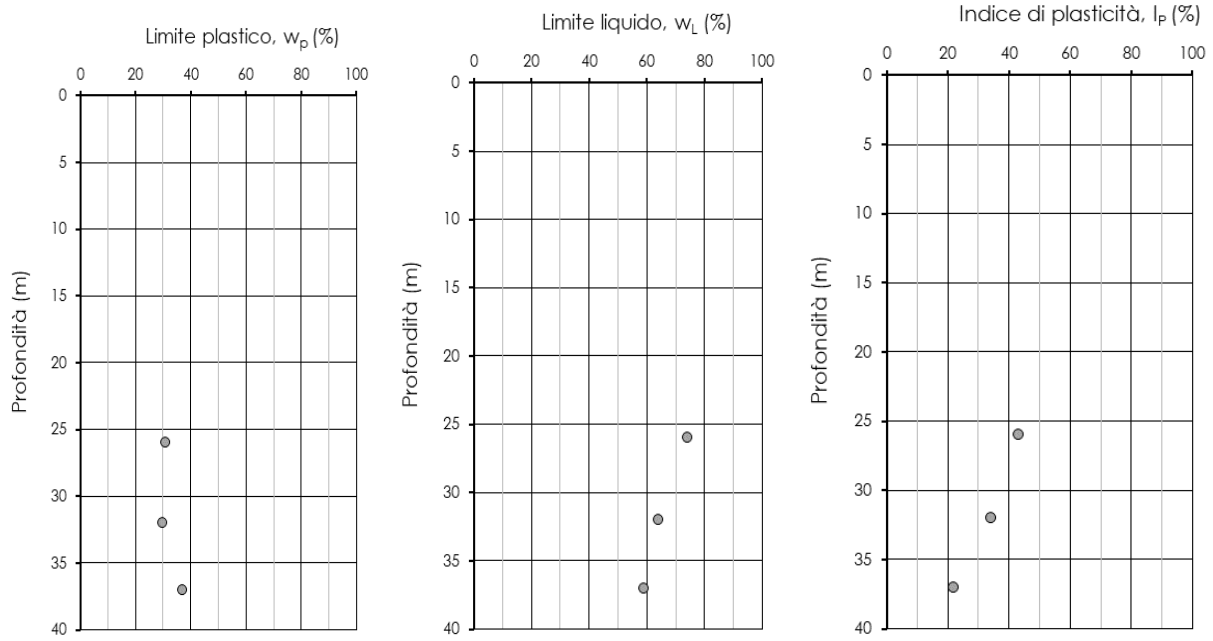


Figura 25 – Ma – Limiti di Atterberg e indice di plasticità

Il contenuto d'acqua naturale w risulta compreso tra il 19% ed il 24%, con un indice di consistenza I_c variabile tra 1,18 e 1,81 (Figura 26).

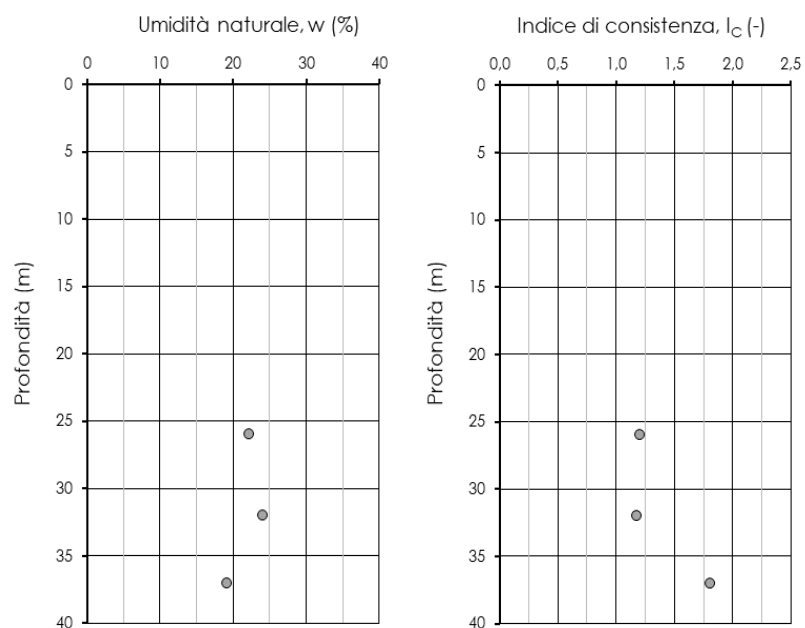


Figura 26 – Ma – Umidità naturale w e indice di consistenza I_c

La frazione argillosa è normalmente attiva con un indice di attività A medio pari a 0,79 (Figura 27).

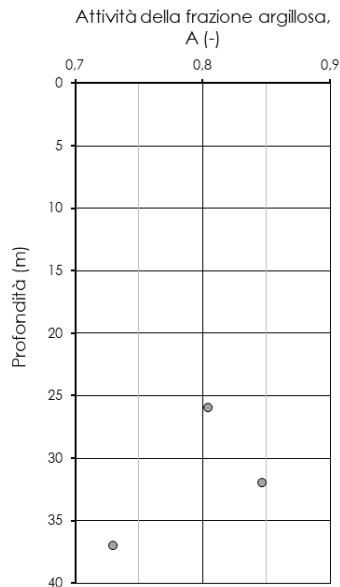


Figura 27 – Ma – Attività della frazione argillosa A

Ai fini della caratterizzazione meccanica sono stati analizzati i risultati delle prove di laboratorio condotte sui campioni indisturbati. Sono state eseguite 1 prova di taglio diretto e 2 prove di compressione triassiale consolidata non drenata (CIU).

Le prove triassiale CIU evidenziano un inviluppo di resistenza che corrisponde a un valore di coesione c' pari a 68 kPa e un angolo di resistenza al taglio φ' pari a circa 28° ; in Figura 28 è rappresentato l'inviluppo delle prove nel piano degli invarianti t' ed s' .

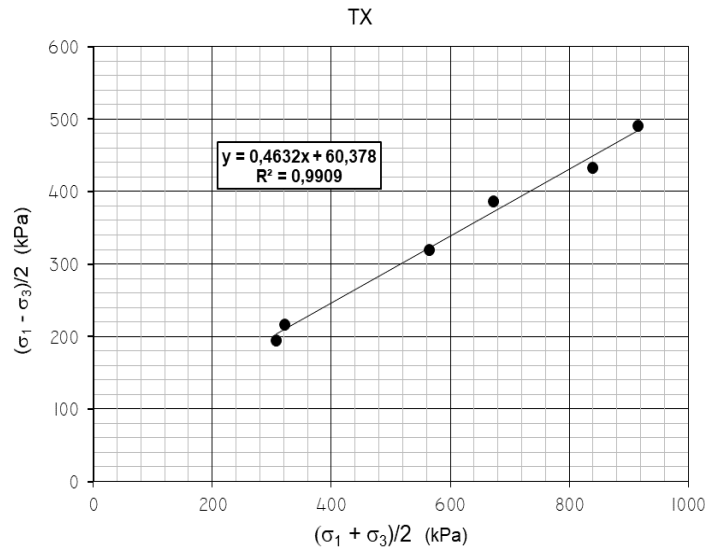


Figura 28 – Ma – Involuppo di resistenza delle prove triassiali

La prova di taglio diretto eseguita evidenzia un valore di coesione c' pari a 109 kPa e un angolo di resistenza al taglio φ' pari a 27° , come rappresentato nel piano di Mohr-Coulomb di Figura 29.

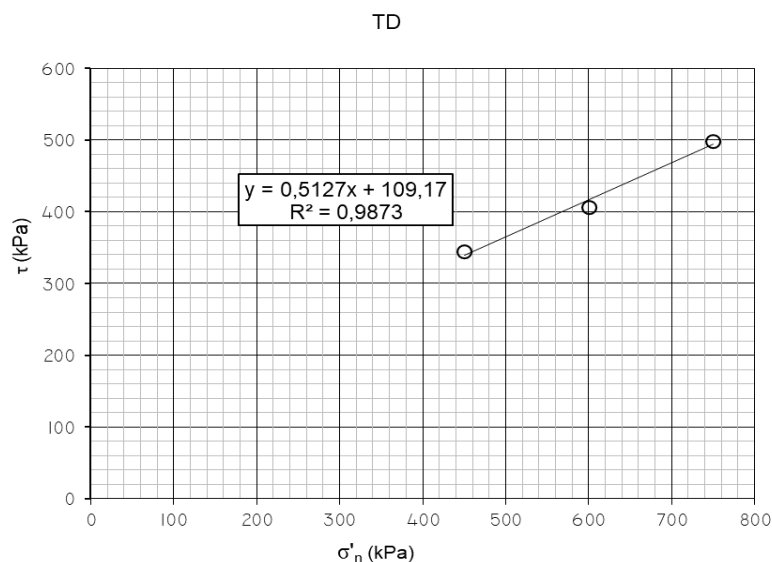
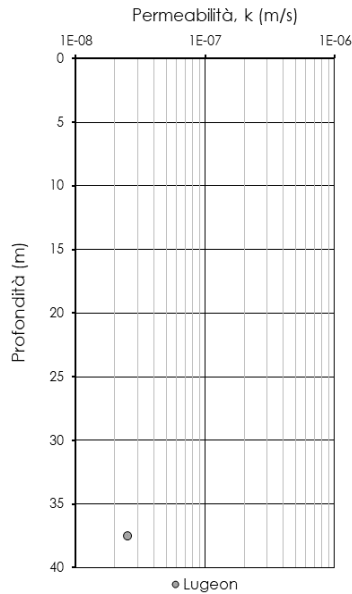


Figura 29 – Ma – Involuppo di resistenza della prova di taglio diretto (TD)

È stata eseguita 1 prova di permeabilità di tipo Lugeon nel foro di sondaggio S5 a profondità di 37,5 m da p.c. È stato ottenuto un coefficiente di permeabilità k pari a 10^{-8} m/s (Figura 30).



Prova	Sondaggio	Profondità da p.c.	k
(-)	(-)	(m)	(m/s)
Lugeon	S5	37,5	2,5E-08


Figura 30 – Ma – Coefficiente di permeabilità k da prove Lefranc

8.3.4 Gessi macrocristallini (Mg)

La formazione dei gessi macrocristallini Mg è costituita da gessi massicci o fini, sabbiosi e in strati sottili (Figura 31).



Figura 31 – Gessi macrocristallini nel foro di sondaggio S5, tra i 40 ed i 45 m da p.c.

	COLLEGAMENTO LAMEZIA T. - CATANZARO – DORSALE JONICA					
	P.D. ELETTRIFICAZIONE TRATTA LAMEZIA T. - CATANZARO L.					
	LOTTO 01					
RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE GALLERIE	COMMESSA RC0W	LOTTO 01	CODIFICA D 07 CL	DOCUMENTO GN 00 00 001	REV. A	FOGLIO 34 di 56

Complessivamente per la formazione Mg sono stati prelevati 2 campioni a profondità di 42 e 47 m da p.c. sottoposti a prove di laboratorio.

Il peso di unità di volume della formazione è di 22,7 kN/m³ (Figura 32).

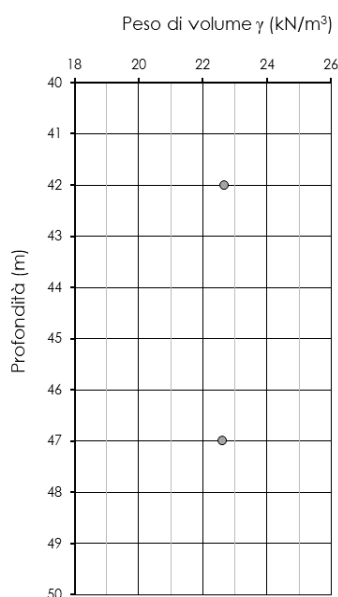
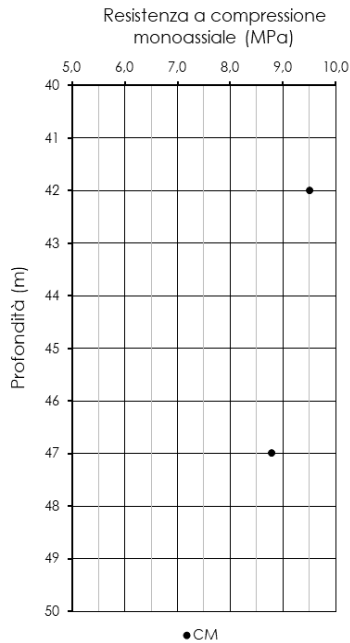


Figura 32 – Peso dell'unità di volume γ

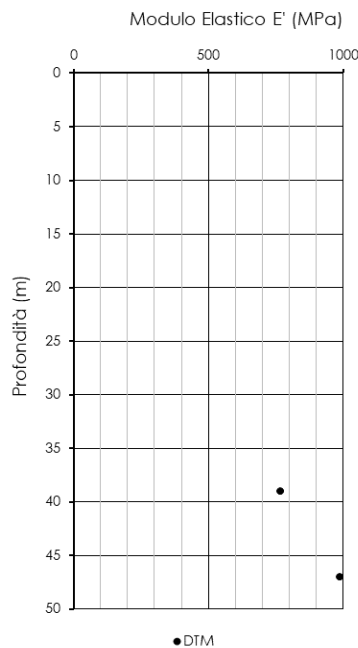
Per la caratterizzazione meccanica della formazione si è fatto riferimento ai risultati delle 2 prove di compressione monoassiale eseguite sui campioni prelevati dai fori di sondaggio; sono stati ricavati valori di resistenza a compressione monoassiale σ_c compresi tra 8,8 e 9,5 MPa (Figura 33).



PROVE DI COMPRESSIONE MONOASSIALE				
Sondaggio	Campione	Profondità da p.c.	σ_c	Descrizione Campione da Laboratorio
(-)	(-)	(m)	(MPa)	(-)
S5	CI4	42	9,5	roccia gessosa con cristalli selenitici
S5	CI5	47	8,8	roccia gessosa con cristalli selenitici


Figura 33 – Resistenza a compressione monoassiale (σ_c) da prove di compressione monoassiale

Per le caratteristiche di deformabilità dell'ammasso roccioso, si è fatto riferimento alle 2 prove dilatometriche eseguite nel foro di sondaggio S5 le quali mostrano valori pari a 767 e 989 MPa (Figura 34).



PROVE DILATOMETRICHE		
Sondaggio	Profondità da p.c.	E'
(-)	(m)	(MPa)
S5	39,0	767
S5	47,0	989

Figura 34 – Moduli elastici da prove dilatometriche

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	COLLEGAMENTO LAMEZIA T. - CATANZARO – DORSALE JONICA P.D. ELETTRIFICAZIONE TRATTA LAMEZIA T. - CATANZARO L. LOTTO 01					
	RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE GALLERIE	COMMESSA RC0W	LOTTO 01	CODIFICA D 07 CL	DOCUMENTO GN 00 00 001	REV. A

È stata eseguita 1 prova di permeabilità Lugeon nel foro di sondaggio S5, alla profondità di 47,5 m da p.c. Il valore del coefficiente di permeabilità k è pari a 10^{-7} m/s (Figura 35).

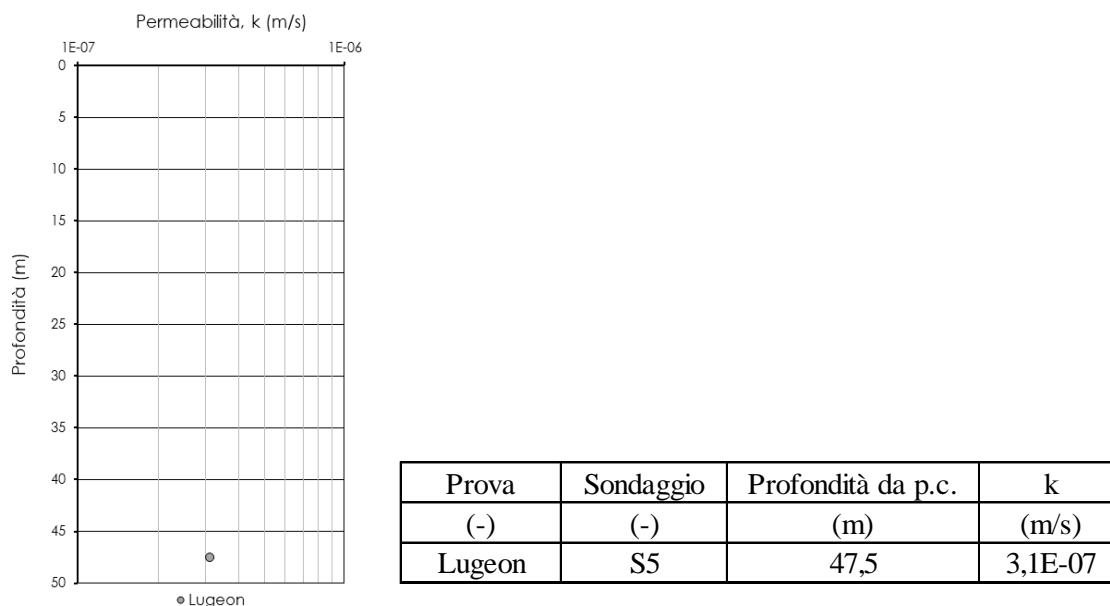


Figura 35 - Coefficiente di permeabilità k

8.4 Il regime idraulico

I sondaggi effettuati in corrispondenza delle gallerie non sono stati attrezzati con piezometri e quindi non è stato eseguito un monitoraggio piezometrico per valutare l'eventuale presenza di falda e la relativa profondità.


I valori di soggiacenza registrati in corso di perforazione indicano l'assenza di acqua nel sondaggio S1, e livelli riscontrati a una profondità dal p.c. di circa 15 m nel sondaggio S2, circa 21 m in S3, circa 24 m in S4 e circa 10 m nel sondaggio S5.

Per ulteriori dettagli riguardo il regime idraulico e i livelli piezometrici attesi lungo la linea in progetto si rimanda agli elaborati specialistici (Rif. [6]).

8.5 Indagini e rilievi in galleria

Nell'ambito della presente fase progettuale, si è fatto riferimento anche a campagne di indagini pregresse (2013), oltre a quelle appositamente svolte (2019 e 2020).

La campagna condotta nel mese di Luglio 2013 nell'ambito dello studio di fattibilità per l'elettrificazione della linea Lamezia Terme – Catanzaro Lido, ha previsto l'esecuzione di rilievi visivi speditivi nelle gallerie; tali rilievi

	COLLEGAMENTO LAMEZIA T. - CATANZARO – DORSALE JONICA P.D. ELETTRIFICAZIONE TRATTA LAMEZIA T. - CATANZARO L. LOTTO 01					
RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE GALLERIE	COMMESSA RC0W	LOTTO 01	CODIFICA D 07 CL	DOCUMENTO GN 00 00 001	REV. A	FOGLIO 37 di 56

forniscono informazioni riguardo la tipologia dei rivestimenti esistenti ed il relativo stato di conservazione, consentendo di individuare aree di possibile degrado, zone umide o con presenza di acqua, eventuali lesioni o stati fessurativi ecc. Nell'ambito della stessa campagna sono stati eseguiti anche rilievi profilometrici delle sezioni di intradosso delle gallerie. Per ulteriori dettagli relativi a questa campagna di indagini si rimanda agli specifici elaborati di progetto specialistici (Rif. [4]).

La campagna condotta nel mese di Dicembre 2019 ha fornito i rilievi topografici degli intradossi e del binario esistente con la tecnica del laser scanner per tutte le gallerie della tratta Lamezia Terme – Settingiano, fatta eccezione per la galleria Canello, per la quale invece si è fatto riferimento a rilievi laser scanner messi a disposizione dalla Committenza (eseguiti nell'ambito del progetto MUIF).

La campagna di indagine di Gennaio/Febbraio 2020 (Rif. [5]) ha interessato alcune delle gallerie tra le stazioni di Lamezia Terme e Settingiano (Gabella, Cimmino, S. Ippolito, Pianopoli e Montecavaliere). Sono state eseguite prove sui rivestimenti esistenti per valutarne spessori e stati tensionali agenti, mediante perforazioni a distruzione di nucleo con videoispezione del foro, carotaggi continui e prove di martinetto piatto singolo. Inoltre, sono state effettuate indagini di prospezione geofisica con georadar per valutare gli spessori di ballast presenti sotto traversa, nelle tratte in cui il progetto prevede l'abbassamento del piano ferro attuale.

La galleria Gabella è a sezione ellissoidale ed ha una lunghezza pari a circa 209 m. Il rivestimento risulta prevalentemente costituito da muratura di mattoni pieni piccoli; nei primi 60 m dall'imbocco lato Lamezia vi è presenza di spritz beton in calotta e alle reni, mentre da 25 a 185 m di distanza dall'imbocco il rivestimento ai piedritti è realizzato in blocchi lapidei. Gli spessori indagati dei rivestimenti della galleria ai piedritti sono variabili da 0,5 a 0,6 m. Lo stato tensionale rilevato al piedritto sul paramento destro è risultato modesto e pari a 0,3 Mpa. Le indagini visive non hanno evidenziato particolari criticità.

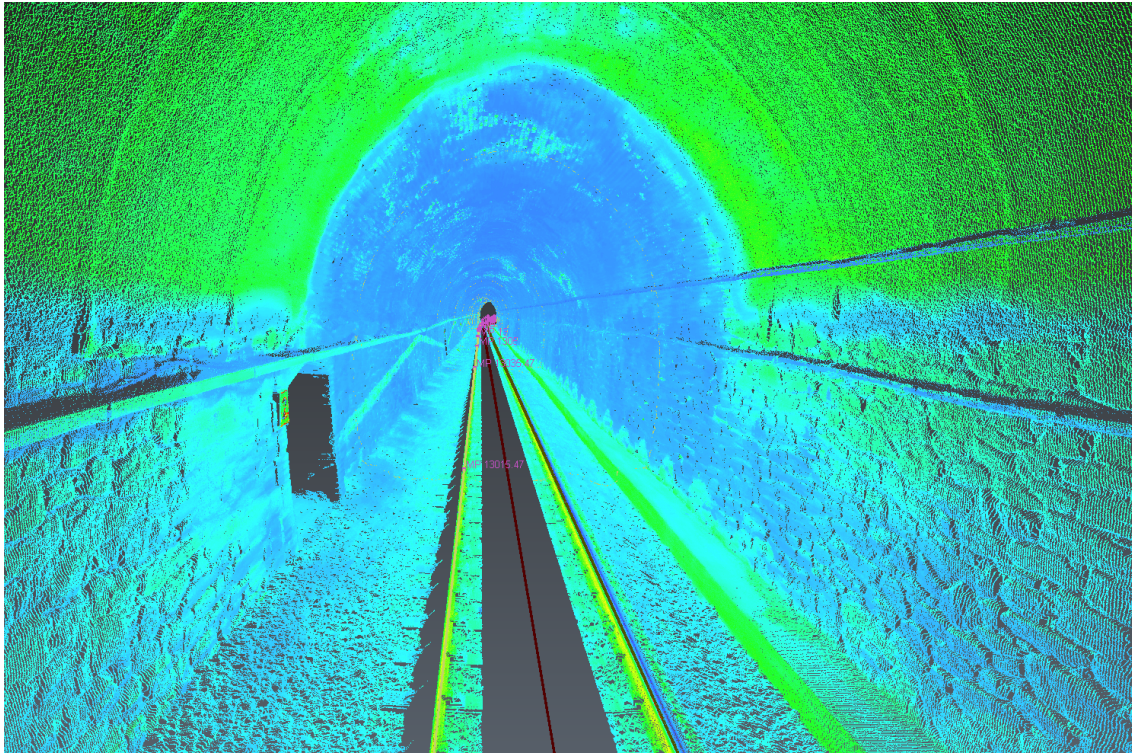


Figura 36 – Galleria Gabella: transizione rivestimento in muratura e spritz beton in calotta (laser scanner)

La galleria Cordolo è a sezione ellissoidale ed ha una lunghezza pari a circa 88 m. Il rivestimento della galleria risulta prevalentemente costituito da muratura di mattoni pieni piccoli; in due tratte interne da 2 a 15 m e da 78 a 87 m di distanza dall'imbocco lato Lamezia, vi è presenza di spritz beton in calotta e alle reni; da 25 a 65 m di distanza dall'imbocco il rivestimento ai piedritti è realizzato in blocchi lapidei. Le indagini visive non hanno evidenziato particolari criticità.

La galleria Pigna è a sezione ellissoidale ed ha una lunghezza pari a circa 97 m. Il rivestimento della galleria risulta prevalentemente costituito da muratura di mattoni pieni piccoli; da 53 m di distanza dall'imbocco lato Lamezia e fino all'imbocco lato Catanzaro vi è presenza di spritz beton sull'intero arco di rivestimento. Le indagini visive non hanno evidenziato particolari criticità.

La galleria Cimmino è a sezione ellissoidale ed ha una lunghezza pari a circa 125 m. Il rivestimento della galleria risulta prevalentemente costituito da muratura di mattoni; da 60 a 122 m di distanza dall'imbocco lato Lamezia, vi è presenza di spritz beton in calotta e alle reni con lievi distacchi nelle vicinanze dell'imbocco lato Catanzaro. Gli spessori indagati dei rivestimenti della galleria ai piedritti sono risultati pari a 0,5 m. Lo stato tensionale rilevato al piedritto sul paramento sinistro è risultato pari a 1,0 Mpa. Le indagini visive non hanno evidenziato particolari criticità.

La galleria S. Ippolito è a sezione ellissoidale ed ha una lunghezza pari a circa 331 m. Il rivestimento della galleria risulta prevalentemente costituito da blocchi di pietra ai piedritti e muratura di mattoni pieni piccoli in calotta; da 62 a 75 m di distanza dall'imbocco lato Lamezia è presente spritz beton in calotta e alle reni con lievi concrezioni ai piedritti. Si osserva un restringimento della sagoma di intradosso nel tratto prossimo all'imbocco lato Catanzaro. Gli spessori indagati dei rivestimenti della galleria sono risultati pari a 0,5 m ai piedritti e variabili da 0,55 a 0,6 m in calotta. Lo stato tensionale rilevato al piedritto sul paramento destro è risultato pari a 1,2 Mpa. Le indagini visive non hanno evidenziato particolari criticità.

La galleria Pianopoli è a sezione ellissoidale ed ha una lunghezza pari a circa 1156 m comprensiva del tratto di scatolare a sezione rettangolare con finestrate sul lato sinistro, lungo circa 18 m e presente all'imbocco lato Catanzaro. Il rivestimento della galleria risulta prevalentemente costituito da blocchi di pietra ai piedritti e muratura di mattoni pieni piccoli in calotta; da 858 a 960 m di distanza dall'imbocco lato Lamezia è presente spritz beton in calotta e alle reni. Gli spessori indagati dei rivestimenti della galleria sono risultati variabili da 0,8 a 0,9 m ai piedritti e da 0,6 a 0,7 m in calotta. Lo stato tensionale rilevato ai piedritti è risultato pari a 0,7 Mpa sul paramento destro e 0,8 Mpa su quello sinistro. Le indagini visive non hanno evidenziato particolari criticità.

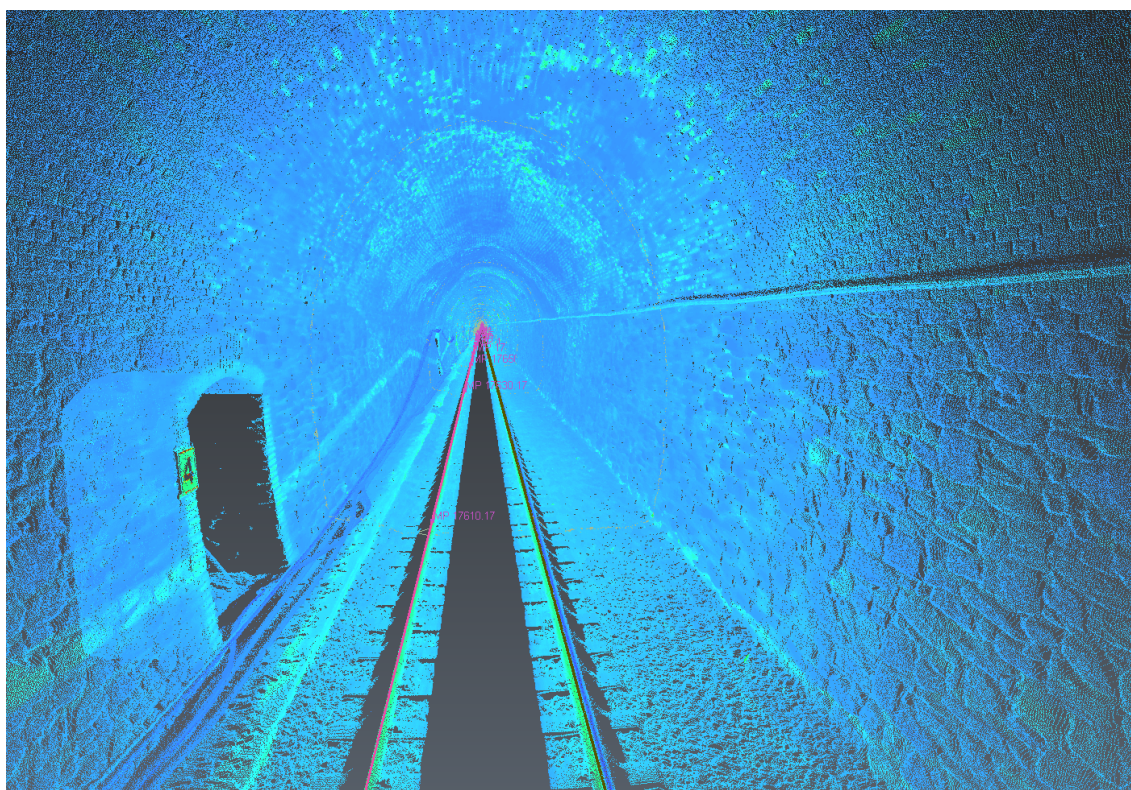


Figura 37 – Galleria Pianopoli: muratura di blocchi lapidei ai piedritti e mattoni pieni in calotta (laser scanner)

La galleria Montecavaliere è a sezione ellissoidale ed ha una lunghezza pari a circa 924 m, non comprensiva del tratto di 34 m in artificiale scatolare, di più recente costruzione presente prima dell'imbocco storico lato Lamezia.

Il rivestimento della galleria risulta prevalentemente costituito da blocchi di pietra ai piedritti e muratura di mattoni pieni piccoli in calotta; sono presenti tratti rivestiti con spritz beton in calotta e alle reni nei seguenti tratti definiti in termini di distanza dall’imbocco storico lato Lamezia: da 190 a 220 m, da 298 a 306 m, da 320 a 367 m, da 390 a 419 m, da 883 a 893 m. Gli spessori indagati dei rivestimenti della galleria ai piedritti sono risultati pari a 0,5 m. Lo stato tensionale rilevato ai piedritti è risultato pari a 0,5 Mpa sul paramento destro e 0,7 Mpa su quello sinistro. Le indagini visive non hanno evidenziato particolari criticità.

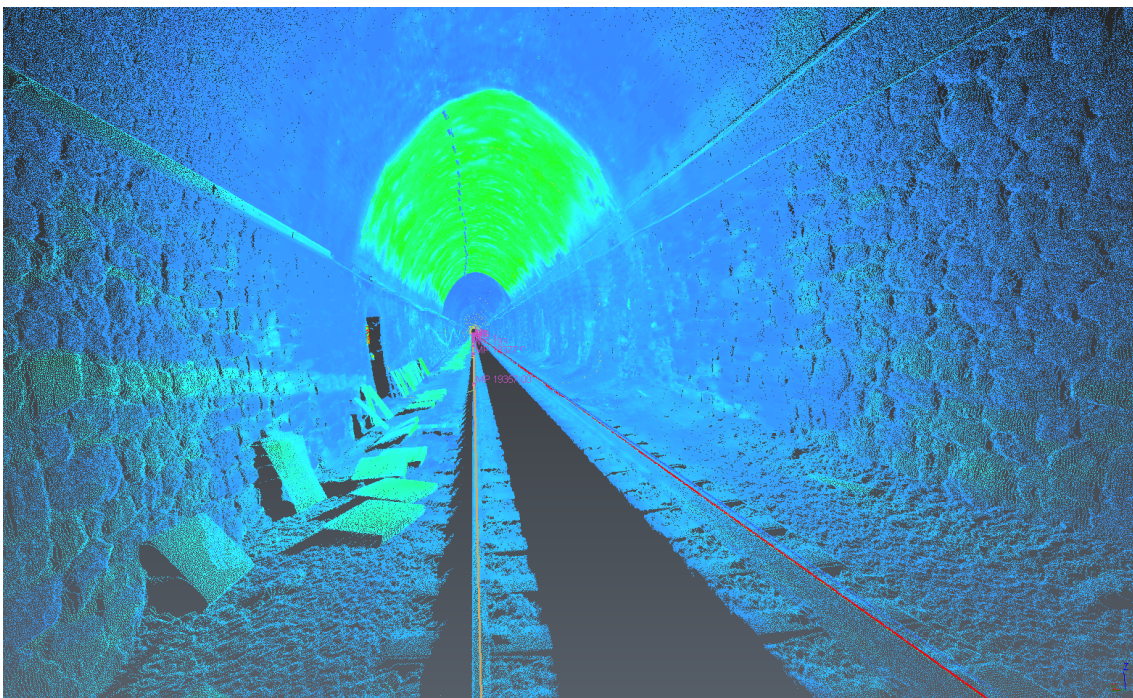


Figura 38 – Galleria Montecavaliere: transizione rivestimento in muratura e spritz beton in calotta. Sul paramento sinistro si osservano elementi di stradello sollevati e spostati (laser scanner)

La galleria Canello è a sezione ellissoidale ed ha una lunghezza pari a circa 222 m. Per quasi tutta la sua lunghezza, la galleria presenta rivestimento in blocchi di pietra di medie dimensioni al piedritto mentre alle reni e in calotta il rivestimento è costituito da mattoni pieni piccoli.

La galleria Marcellinara è a sezione ellissoidale ed ha una lunghezza pari a circa 1763 m. Se si escludono i primi 30 m, dove il rivestimento ai piedritti è costituito da blocchi di pietra, lungo la galleria si osserva un rivestimento di soli mattoni pieni piccoli, a tratti ricoperto da spritz beton. Lungo il secondo chilometro di galleria si notano alcuni cambi di sezione d’intradosso. In alcuni casi si osservano cambi di sezione a brevissima distanza (circa 2-3 m), che determinano modifiche locali rispetto al profilo generale della galleria. Le indagini visive non hanno evidenziato particolari criticità, ma nel secondo chilometro si osservano ammaloramenti riconducibili ad una umidità diffusa e a isolati casi di sgretolamento superficiale.

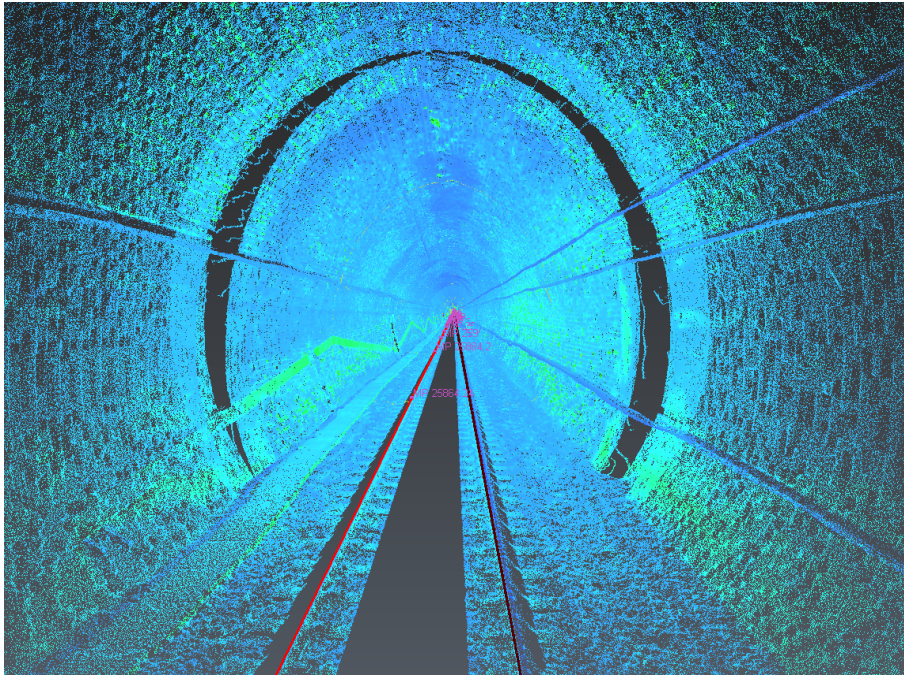


Figura 39 – Galleria Marcellinara: particolare del cambio di sezione di intradosso (laser scanner)

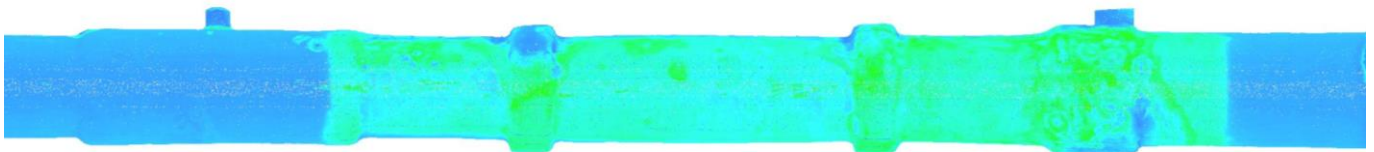


Figura 40 – Galleria Marcellinara: tratta critica con restringimenti e cambi di sezione di intradosso intorno a pk 26+250 (laser scanner)

8.6 Caraterizzazione dei materiali del rivestimento esistente

Il rivestimento delle nove gallerie storiche della linea risulta prevalentemente costituito da blocchi di pietra o muratura di mattoni ai piedritti e muratura di mattoni in calotta. Come detto, in alcune gallerie, si osservano tratte con presenza di uno strato superficiale di spritz beton in calotta e alle reni.

Per la definizione delle caratteristiche della muratura si è proceduto come descritto di seguito.

Con riferimento al §C8.5.4 della Circolare delle istruzioni applicative (Rif. [2]) relativo alle costruzioni esistenti, va definito innanzi tutto il livello di conoscenza delle gallerie in oggetto, sulla base delle indagini effettuate. A tale riguardo si ritiene che le diverse campagne di indagini svolte siano pienamente adeguate al livello della progettazione e alla tipologia degli interventi previsti. Ciò nonostante, a vantaggio di sicurezza, è stato comunque ipotizzato il livello di conoscenza LC1, cui corrisponde un fattore di confidenza FC pari a 1,35 per la resistenza a compressione della muratura, al fine di dimostrare che gli effetti indotti sui rivestimenti esistenti delle gallerie sono del tutto marginali e ampiamente compatibili con le resistenze disponibili.

Al §C8.5.4.1, per murature che possano essere ricondotte alle tipologie presenti nelle Tabelle C8.5.I e C8.5.II, sono indicati i valori delle caratteristiche meccaniche da utilizzare per le verifiche, in relazione ai diversi livelli di conoscenza. In particolare, per LC1 sono indicati i valori minimi degli intervalli riportati in Tabella C8.5.I per le resistenze (f) ed i valori medi degli intervalli riportati nella medesima tabella per i moduli elastici (E, G).


Il peso di volume γ ed il coefficiente di Poisson ν della muratura sono stati scelti secondo le indicazioni contenute nelle NTC18 (Rif. [1]). In particolare, per γ si è fatto riferimento alla tabella C8.5.I della Circolare delle istruzioni applicative (Rif. [2]), per murature in mattoni pieni e malta di calce e a blocchi lapidei squadrate. Per ν , invece, si è fatto riferimento al §11.10.3.4 (Rif. [1]), in cui è fornita un'indicazione sul rapporto tra il modulo di taglio G ed il modulo elastico E ($G/E=0,4$) da considerare nel caso della muratura.

Nella tabella di seguito riportata sono indicati i valori delle caratteristiche meccaniche delle murature esistenti assunti per il caso in esame, sulla base delle indicazioni di normativa sopra richiamati.

Tabella 2 – Caratteristiche dei materiali

Tipologia di muratura	γ	f_c	E	G
	(kN/m ³)	(MPa)	(MPa)	(MPa)
Muratura a blocchi lapidei squadrate	22	5,8	2850	950
Muratura di mattoni pieni e malta di calce	18	2,6	1500	500

Inoltre, le prove con i martinetti piatti singoli eseguite nella campagna di indagine del 2020 hanno permesso di acquisire informazioni circa lo stato di sollecitazione esistente nelle murature. In particolare, sono state eseguite prove su ambo i paramenti nelle gallerie Pianopoli e Montecavaliere, e su un solo paramento nelle gallerie Gabella, Cimmino e S. Ippolito.

	COLLEGAMENTO LAMEZIA T. - CATANZARO – DORSALE JONICA					
	P.D. ELETTRIFICAZIONE TRATTA LAMEZIA T. - CATANZARO L.					
	LOTTO 01					
RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE GALLERIE	COMMESSA RC0W	LOTTO 01	CODIFICA D 07 CL	DOCUMENTO GN 00 00 001	REV. A	FOGLIO 43 di 56

9 FASE DI DIAGNOSI

Dopo aver definito la sagoma di transito di progetto e gli ingombri minimi da garantire alle varie componenti dell'impiantistica TE, sono state condotte le verifiche rispetto alle sezioni di intradosso rilevate, montando tali sagome limite sull'attuale posizione del binario. Le verifiche sono state condotte in modo sistematico sull'intero sviluppo delle gallerie; questo ha consentito di individuare e censire tutte le interferenze con gli attuali profili di intradosso, da risolvere per consentire l'elettrificazione delle gallerie.

9.1 Censimento delle interferenze

Le verifiche di sagoma sono state condotte al continuo sulla base dei modelli tridimensionali delle gallerie ottenuti dai rilievi laser scanner, e vengono restituite negli elaborati di progetto in termini di sezioni trasversali estratte dai modelli secondo un passo significativo rispetto al posizionamento dell'impiantistica TE e comunque tale da rappresentare tutte le possibili interferenze e le situazioni di criticità.

Sono state individuate alcune situazioni in cui le interferenze con i profili di intradosso potevano essere completamente risolte, o comunque mitigate, definendo opportune varianti di tracciato con le quali operare utili spostamenti del binario rispetto agli spazi disponibili e agli ingombri TE da garantire. Nello specifico, sono state definite una variante plano-altimetrica per la galleria Cimmino e una variante altimetrica per la galleria S. Ippolito.

Per la galleria Marcellinara, con riferimento alla tratta critica intorno a pk 26+250, già evidenziata al precedente § 8.5 e caratterizzata da numerosi cambi di sezione di intradosso e restringimenti, è stato previsto un locale delle sospensioni TE solo in corrispondenza delle brevi tratte con sezione di intradosso allargate. Questo ha consentito di risolvere le interferenze anche nelle tratte con sezione di intradosso più ridotte nelle quali è stato possibile eseguire le verifiche di sagoma senza l'ingombro delle sospensioni TE.

Per le gallerie Cimmino, S. Ippolito e Marcellinara, in cui sono state definite varianti di tracciato o modifiche locali all'altezza della linea di contatto, le verifiche di sagoma sono state rieseguite con le nuove ipotesi di progetto, individuando le eventuali residue interferenze da risolvere (Rif. [14], Rif. [15] e Rif. [20]).

In conclusione, sulle 9 gallerie storiche della tratta Lamezia Terme - Settingiano risultano complessivamente 7 interferenze isolate in calotta, di spessore massimo non superiore a 5 cm e associate agli ingombri da garantire alle sospensioni TE; in particolare, si ha una sola sospensione interferente nelle gallerie Gabella, S. Ippolito e Pianopoli, e 4 sospensioni interferenti nella galleria Montecavaliere.

Tutte le verifiche di sagoma effettuate ed il censimento delle interferenze riscontrate è rappresentato negli elaborati grafici di progetto per ciascuna galleria, comprese quelle di nuova realizzazione della tratta Settingiano – Catanzaro Lido (da Rif. [11] a Rif. [23]).



Figura 41 – Galleria S. Ippolito: interferenza in calotta dell’impiantistica TE rispetto al tracciato esistente (asse binari in rosso) e nuovo tracciato di progetto con variante altimetrica (asse binari in nero)

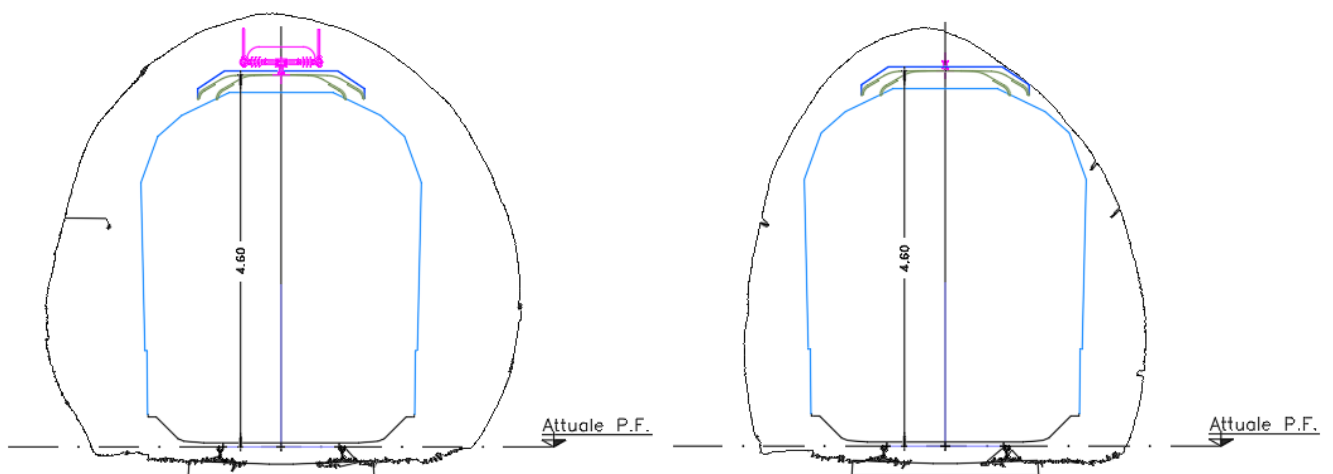



Figura 42 – Galleria Marcellinara: tratta critica intorno a pk 26+250 con l.d.c. a 4.60 m sul p.f. - Sezione allargata con sospensione TE a pk 26+249 (sinistra) e sezione ridotta senza sospensione TE a pk 26+254 (destra)

	COLLEGAMENTO LAMEZIA T. - CATANZARO – DORSALE JONICA					
	P.D. ELETTRIFICAZIONE TRATTA LAMEZIA T. - CATANZARO L.					
	LOTTO 01					
RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE GALLERIE	COMMESSA RC0W	LOTTO 01	CODIFICA D 07 CL	DOCUMENTO GN 00 00 001	REV. A	FOGLIO 45 di 56

10 FASE DI TERAPIA

Nel presente capitolo sono riportate le verifiche degli interventi da eseguire sulle gallerie esistenti della tratta Lamezia Terme - Catanzaro Lido, propedeutici all'elettificazione.

10.1 Definizione delle sezioni tipo di intervento

Sono state definite 2 diverse tipologie di intervento, di cui si riporta a seguire una sintetica descrizione. Per ulteriori dettagli a riguardo si rimanda alla relazione tecnica (Rif. [3]) e agli elaborati grafici di progetto (Rif. [7] - Rif. [9]).

L'intervento tipo 1 è associato alle varianti planimetriche e/o altimetriche del tracciato utili a guadagnare lo spazio necessario all'impiantistica TE nella zona della calotta e prevede anche la sostituzione dell'armamento. L'applicazione dell'intervento tipo 1 è prevista per l'intera galleria Cimmino e per un tratto lungo circa 119 m della galleria S. Ippolito in uscita all'imbocco lato Catanzaro.

L'intervento tipo 2 è stato definito per risolvere le interferenze trasversali delle sospensioni TE con il profilo di intradosso, per spessori (radiali) massimi non superiori a 5 cm. Come detto, si hanno in totale 7 interventi, distribuiti su 4 gallerie. Per risolvere tali interferenze è prevista una semplice snicchiatura in calotta nella muratura esistente, senza ulteriori accorgimenti.

10.2 Analisi e verifica delle sezioni tipo di intervento

Con riferimento all'intervento tipo 1, considerata l'entità degli abbassamenti del piano ferro previsti in progetto nelle diverse tratte di intervento e gli spessori di ballast esistenti rilevati con le prospezioni georadar, risulta sempre garantito il rispetto dei 20 cm di spessore di ballast sotto traversa, senza alcuna necessità di intervento sull'attuale piano di regolamento delle gallerie. Si ritiene pertanto che gli effetti indotti sui rivestimenti delle gallerie interessate da tale intervento possano considerarsi certamente trascurabili, senza necessità di ulteriori approfondimenti di analisi.

Anche per l'intervento tipo 2, in considerazione della natura assolutamente puntuale degli interventi, si ritiene che gli effetti indotti sulle strutture di rivestimento esistente siano del tutto marginali. A conferma di questo si è comunque ritenuto opportuno effettuare uno studio degli effetti indotti mediante modelli numerici agli elementi finiti, con l'ausilio del codice di calcolo PLAXIS 2D, come di seguito descritto.

10.2.1 Criteri di verifica

Per la scelta della sezione di analisi da prendere a riferimento nell'ambito delle diverse situazioni di intervento, sono state fatte le seguenti considerazioni.

Come già detto, le gallerie interessate da interventi di snicchiatura sono 4: Gabella, S. Ippolito, Pianopoli e Montecavaliere ed il maggior numero di interventi si hanno nella galleria Montecavaliere. Tali gallerie presentano caratteri di eterogeneità per geometria e condizioni al contorno, ma si è cercato comunque di seguire un approccio tipologico di modellazione facendo assunzioni dettate da criteri di rappresentatività e a vantaggio di sicurezza.

Le tratte oggetto di intervento sono caratterizzate da una copertura di circa 10 ÷ 15 m nelle gallerie Gabella, S. Ippolito e Montecavaliere; la sola sezione di intervento nella galleria Pianopoli presenta invece una copertura di circa 90 m. Dal punto di vista geotecnico, la formazione prevalente nelle diverse tratte di intervento è rappresentata dalle sabbie ed arenarie tenere, Psar (cfr Rif. [6]) la cui caratterizzazione è riportata al precedente § 8.3.1.

Per la modellazione degli interventi in progetto si è cercato inoltre di definire uno scenario di riferimento iniziale, in grado di cogliere lo stato tensionale mediamente misurato con le prove tensionali eseguite nei rivestimenti delle gallerie.

In Figura 43 sono sintetizzati i risultati delle prove di martinetto piatto eseguite nelle gallerie nella campagna di indagine 2020. Per ciascuna sezione di misura è riportato il valore delle pressioni di ripristino misurate su un paramento o su entrambi, ove disponibili, e il relativo valore medio; dalle diverse prove eseguite si è riscontrato che lo stato tensionale è pressoché simmetrico sui due paramenti. Si osservi, inoltre, che nella galleria Pianopoli caratterizzata da ricoprimenti maggiori, gli stati tensionali misurati sono del tutto analoghi a quelli delle altre gallerie.

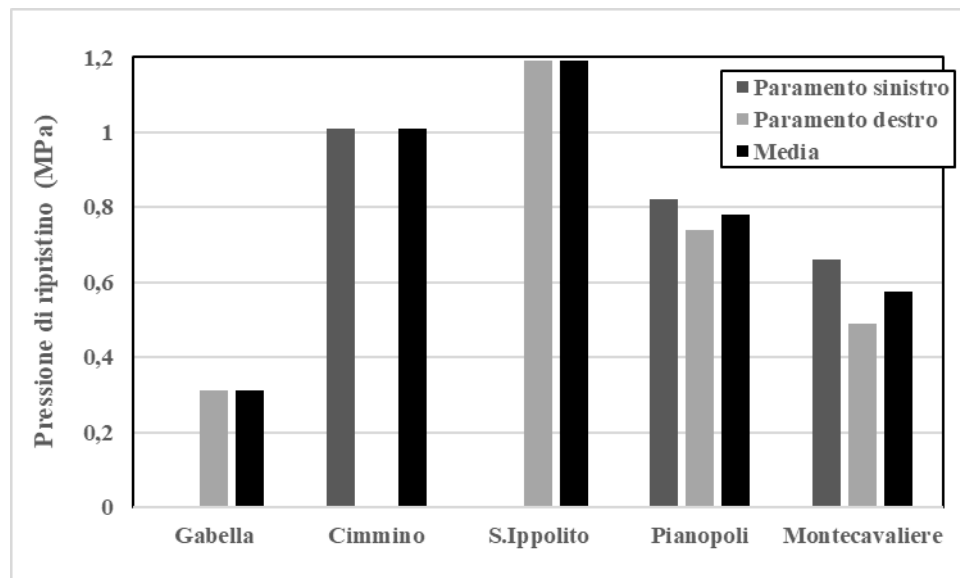



Figura 43 – Pressioni di ripristino misurate con le prove di martinetto piatto

I rivestimenti delle gallerie interessate dagli interventi, costituiti, come detto, da muratura di mattoni pieni in calotta e reni, e muratura in blocchi lapidei nei piedritti, sono stati modellati secondo spessori definiti in base agli esiti delle indagini eseguite nelle gallerie. Le gallerie Gabella, S. Ippolito e Montecavaliere presentano spessori

	COLLEGAMENTO LAMEZIA T. - CATANZARO – DORSALE JONICA					
	P.D. ELETTRIFICAZIONE TRATTA LAMEZIA T. - CATANZARO L.					
	LOTTO 01					
RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE GALLERIE	COMMESSA RC0W	LOTTO 01	CODIFICA D 07 CL	DOCUMENTO GN 00 00 001	REV. A	FOGLIO 47 di 56

variabili tra 0,5-0,6 m ai piedritti ed in calotta, mentre per la galleria Pianopoli sono stati riscontrati spessori variabili tra 0,6-0,7 m in calotta e 0,8-0,9 m ai piedritti. Sulla base di queste informazioni i rivestimenti esistenti sono stati modellati secondo lo spessore minimo emerso dalle indagini, pari 0,50 m, sia per calotta che per i piedritti; lo spessore diventa 0,75 m in corrispondenza del piede del piedritto.

La profondità del piano di posa dei piedritti è stata assunta in via cautelativa pari alla profondità del piano di regolamento attuale desunto dalle prospezioni georadar eseguite per la definizione degli spessori di ballast ferroviario disponibili sotto traversa.

Sulla base delle considerazioni sopra esposte, è stata eseguita una modellazione numerica di back analysis simulando la realizzazione della galleria storica. Parametri della back analysis sono stati il ricoprimento sopra la calotta della galleria, i parametri geotecnici della formazione nell'ambito delle variabilità definite in sede di caratterizzazione, il coefficiente di spinta a riposo per l'inizializzazione dello stato tensionale e la percentuale di rilascio a vuoto delle forze di scavo prima dell'installazione dei rivestimenti definitivi; facendo variare tali parametri, si è cercato di riprodurre lo stato tensionale desiderato nei rivestimenti esistenti. Si è considerata soddisfacente la condizione in cui, ad una altezza di circa 1,0 m dal piano ferro (corrispondente alla posizione delle sezioni di misura con martinetto piatto) sull'intradosso del rivestimento risultasse una tensione principale massima di compressione (σ_1) pari a circa 0,7 MPa, corrispondente al valore medio delle pressioni di ripristino misurate con le prove di martinetto piatto nelle diverse gallerie indagate.

Dopo aver ricostruito lo stato tensionale iniziale nel modello di riferimento, è stato simulato l'intervento di snicchiatura in progetto.

Riguardo la scelta della posizione della snicchiatura lungo l'arco di calotta si è scelta la posizione più frequente tra i casi previsti; riguardo le dimensioni si è fatto riferimento all'involuppo delle occorrenze, per cui sia lo spessore, sia la larghezza della snicchiatura modellata coprono i valori massimi previsti in progetto. Si osserva che la lunghezza delle snicchiature in direzione longitudinale all'asse della galleria è sempre pari a 30 cm; in tal senso, l'approccio secondo modellazione 2D in condizioni piane di deformazione è da considerare conservativo.

10.3 Risultati delle analisi numeriche

Di seguito si riporta la descrizione dell'analisi numerica eseguita ed una sintesi dei risultati ottenuti.

Modello geotecnico

Il modello geotecnico di sottosuolo considerato per la sezione di analisi è costituito dalle Sabbie e arenarie tenere (Psar). La galleria interessa unicamente tale formazione. Per l'inizializzazione dello stato tensionale si è assunto un coefficiente di spinta a riposo $k_0 = 0,46$. Non è stata considerata la presenza di falda.

La Tabella 3 riassume i dati di input che caratterizzano la sezione geotecnica utilizzata per l'analisi numerica. Per dettagli in merito ai valori assunti si rimanda al § 8.3.1.

Tabella 3 - Sezione geotecnica di calcolo

Stratigrafia di calcolo		C	Superficie piezometrica	γ	c' _k	ϕ' _k	E'	K ₀
Formazione	Profondità da p.c.							
[-]	[m da pc]	[m]	[m] da calotta	[kN/m ³]	[kPa]	[°]	[MPa]	[-]
Psar	In tutto il modello	15	-	18,5	20	33	150	0.46

C = copertura (rispetto alla calotta)
 γ = peso di volume
c'_k = coesione drenata
 ϕ' _k = angolo di attrito interno
E' = modulo elastico
K₀ = coefficiente di spinta a riposo

Modello geometrico

La griglia presenta una larghezza totale di 100 m e un'altezza complessiva di 95 m (Figura 44); le quote sono comprese tra +15 m e -80 m, avendo posto l'origine dell'asse verticale in chiave calotta in asse alla galleria. I bordi sono stati collocati sufficientemente lontani dalla galleria (a distanza > 3D con D = diametro della galleria), in modo tale che le condizioni di vincolo ivi definite non influenzino la modellazione. La mesh di calcolo è opportunamente intensificata nelle zone di maggiore interesse in corrispondenza della galleria, in modo da seguire il più fedelmente possibile le geometrie locali delle strutture (Figura 45).

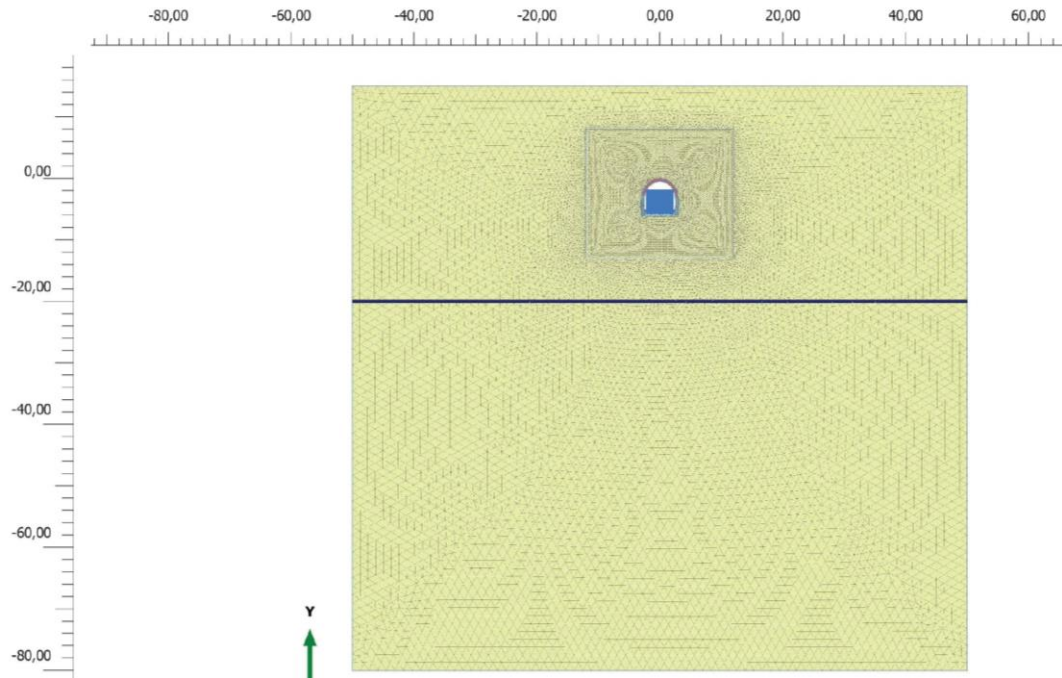


Figura 44 – Modello di calcolo - Geometria mesh

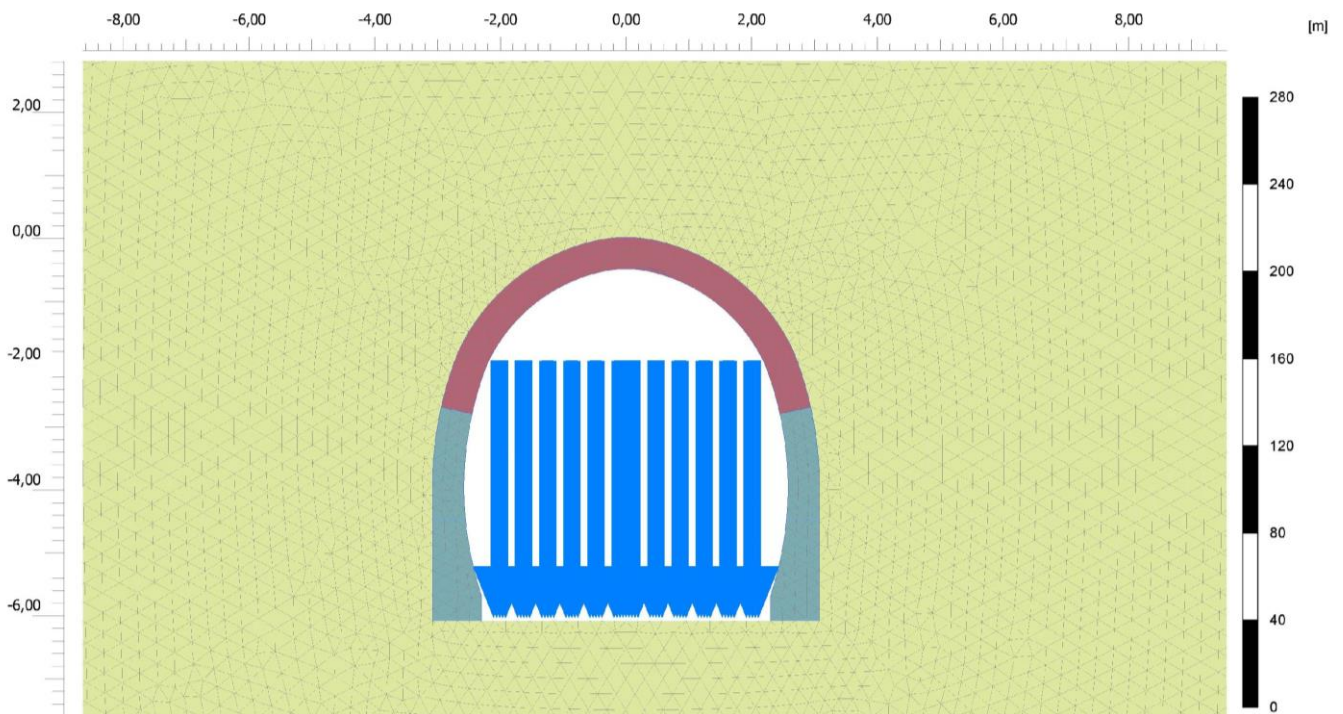


Figura 45 – Dettaglio del modello di calcolo

Il modello costitutivo dell'ammasso è elasto-plastico con criterio di resistenza di Mohr-Coulomb. Il rivestimento della galleria è modellato con elementi *cluster* con opportune caratteristiche rappresentative della muratura esistente con parametri descritti al 8.6 utilizzando in questo caso un modello elastico lineare.

Come detto, il rivestimento della sezione è composto da muratura di mattoni pieni in calotta e reni, e muratura in blocchi lapidei nei sottostanti piedritti. Lo spessore è pari a 0,50 m, sia per calotta che per i piedritti e diviene 0,75 m in corrispondenza del piede del piedritto. Al piano di regolamento è stato applicato un carico uniformemente distribuito pari a 10 kPa per simulare il peso proprio dell'armamento.

Le caratteristiche dei materiali costituenti i rivestimenti sono riepilogati nella tabella di seguito:

Tabella 4 – Caratteristiche dei materiali

Materiale	γ	E	ν	f_c	f_c/FC
	(kN/m ³)	(GPa)	(N/mm ²)	(N/mm ²)	(N/mm ²)
Muratura a blocchi lapidei squadri	22	2,85	0,25	5,8	4,30
Muratura di mattoni pieni e malta di calce	18	1,50	0,25	2,6	1,93

Le verifiche tensionali sui rivestimenti esistenti sono state considerate soddisfatte per tensioni agenti inferiori alla resistenza a compressione f_c della muratura abbattuta del fattore di confidenza (FC=1,35).

Fasi e percentuali di rilascio

Nella back analysis effettuata per la ricostruzione dello stato tensionale iniziale nel rivestimento esistente la percentuale di rilascio delle forze di scavo a vuoto prima dell'installazione dei rivestimenti è stata definita pari al 10%. A seguire, viene simulato l'intervento di snicchiatura in calotta, a vantaggio di sicurezza, con rilascio completo delle forze di scavo.

Tabella 5 - Fasi di calcolo

Fase	Descrizione	Rilascio forze di scavo
1	Inizializzazione dello stato tensionale geostatico	-
2	Scavo della galleria esistente con rilascio delle forze di scavo a cavo libero pari al 10%	0.1
3	Installazione del rivestimento definitivo della galleria esistente con rilascio completo delle forze di scavo	1
4	Snicchiatura di progetto con rilascio completo delle forze di scavo	1

Analisi e commento dei risultati

I risultati delle analisi mostrano che:

- Lo stato tensionale iniziale definito nella back analysis (Figura 46) è compatibile con i risultati delle prove di martinetto piatto: in corrispondenza di una sezione eseguita ad una altezza di circa 1,0 m rispetto al piano ferro, le tensioni principali massime di compressione in intradosso sono pari a 0,7 MPa.
- A seguito della realizzazione della snicchiatura non si hanno variazioni apprezzabili nella distribuzione delle tensioni nel rivestimento (Figura 47); si osservano soltanto modesti effetti localizzati a stretto ridosso della snicchiatura (Figura 48), dove si sviluppano tensioni di trazione di entità del tutto trascurabile. Le tensioni di compressione a seguito della demolizione sono ovunque inferiori alle resistenze di progetto assunte pari a f_c/FC .
- Gli spostamenti indotti nell'ammasso a tergo del rivestimento dalla realizzazione della snicchiatura sono del tutto trascurabili (Figura 49).

Tali risultati evidenziano come l'intervento in progetto incida in maniera trascurabile sia sulla statica della galleria sia al contorno della stessa in termini di effetti tensio-deformativi.

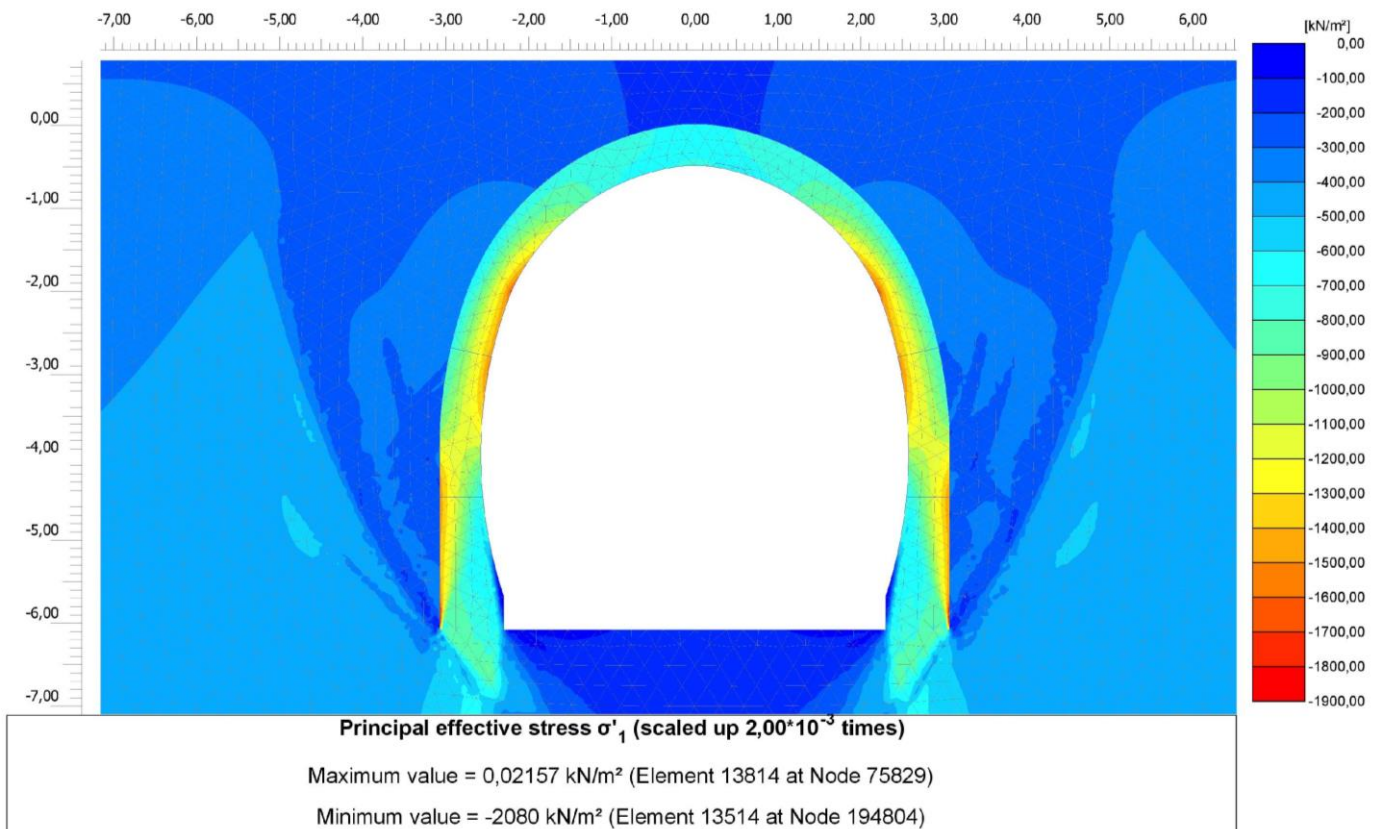


Figura 46 – Fase 3: Stato tensionale iniziale - Tensioni principali massime (di compressione)

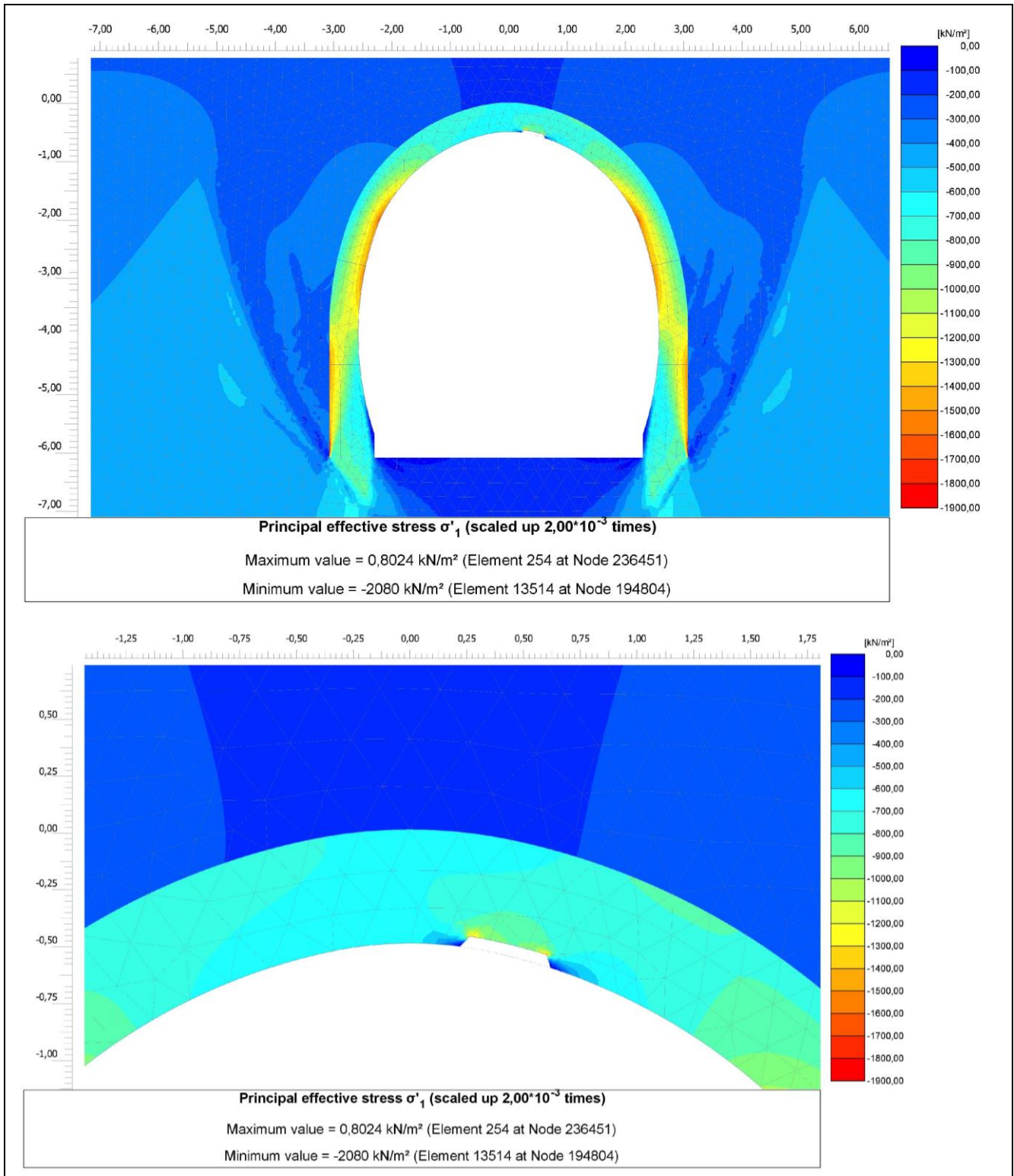


Figura 47 – Fase 4: Stato tensionale a seguito di snicchiatura – Tensioni principali massime (di compressione)

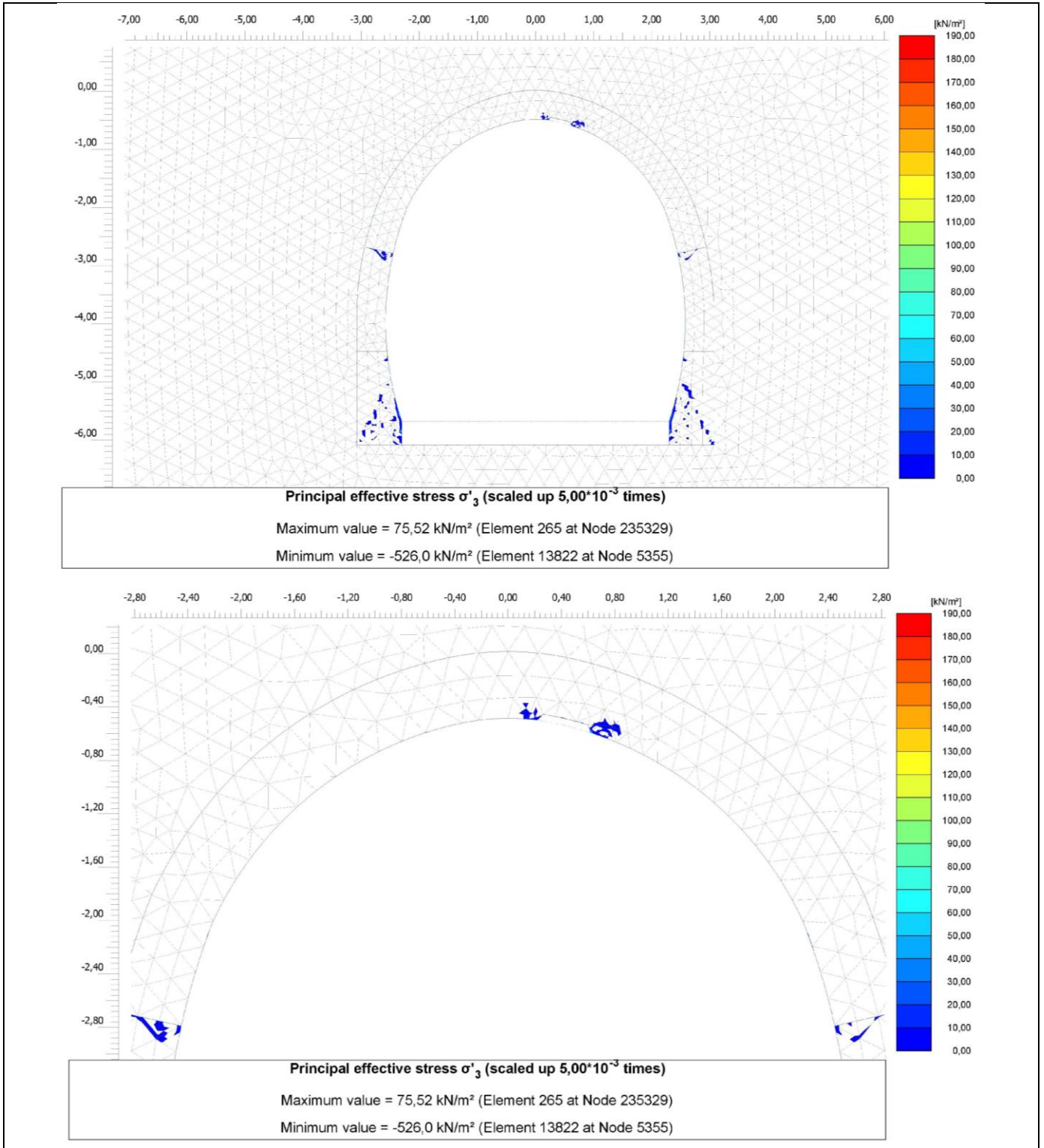


Figura 48 – Fase 4: Stato tensionale a seguito di snicchiatura – Tensioni principali minime (di trazione)

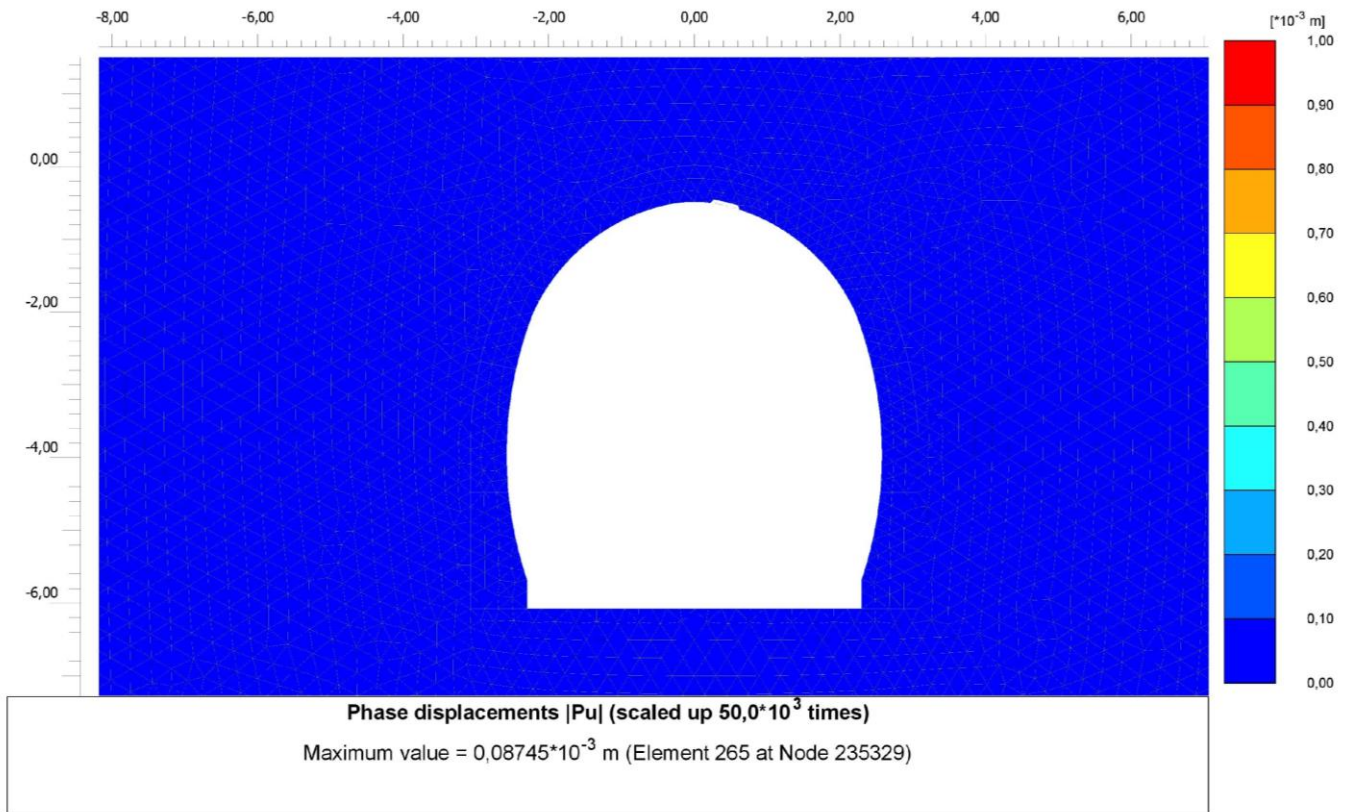


Figura 49 – Fase 4: Spostamenti indotti a seguito di snicchiatura



COLLEGAMENTO LAMEZIA T. - CATANZARO – DORSALE JONICA
P.D. ELETTRIFICAZIONE TRATTA LAMEZIA T. - CATANZARO L.
LOTTO 01

RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE
GALLERIE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RC0W	01	D 07 CL	GN 00 00 001	A	55 di 56

11 FASE DI VERIFICA E MESSA A PUNTO DEL PROGETTO

11.1 Monitoraggio in corso d'opera

Considerata l'assenza di interventi strutturali sulle tratte di galleria oggetto di interventi tipo 1 e la natura assolutamente puntuale degli interventi tipo 2, costituiti da esigue snicchiature in calotta, e degli effetti indotti attesi del tutto trascurabili, non è previsto un programma di monitoraggio specifico.

11.2 Indagini integrative

Nell'ambito della successiva fase progettuale potranno essere condotti gli opportuni approfondimenti di indagine, in relazione agli interventi tipo e alla relativa distribuzione, definiti in questa fase, ad esempio, tenendo conto dell'effettiva posizione di ciascuna sospensione per l'attrezzaggio TE.

Tali approfondimenti di indagine consentiranno di confermare o eventualmente ritardare la distribuzione degli interventi tipo definita in questa sede. In ogni caso, si ritiene che gli interventi tipo definiti in progetto, da gestire a misura, siano sufficienti a coprire qualsiasi evenienza possa emergere da tali approfondimenti di indagine.



COLLEGAMENTO LAMEZIA T. - CATANZARO – DORSALE JONICA
P.D. ELETTRIFICAZIONE TRATTA LAMEZIA T. - CATANZARO L.
LOTTO 01

RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE
GALLERIE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RC0W	01	D 07 CL	GN 00 00 001	A	56 di 56

12 CONCLUSIONI

Il presente documento riguarda la progettazione definitiva degli interventi civili propedeutici all'elettrificazione delle gallerie esistenti presenti sulla tratta Lamezia Terme – Catanzaro Lido. In particolare, sono state illustrate le verifiche effettuate per le diverse tipologie di intervento descritte nella relazione tecnica di progetto (Rif. [3]).

Per l'intervento tipo 1, che consiste in un abbassamento del piano ferro mediante sostituzione del solo armamento, senza alcun interessamento delle strutture di rivestimento, gli effetti indotti possono considerarsi certamente trascurabili, senza necessità di ulteriori approfondimenti di analisi.

Per l'intervento tipo 2, costituito da modeste snicchiature nel rivestimento definitivo esistente delle gallerie, per risolvere interferenze puntuali con le sospensioni TE, è stato svolto lo studio degli effetti indotti mediante modelli numerici agli elementi finiti, con l'ausilio del codice di calcolo PLAXIS 2D.

I risultati dell'analisi numerica hanno mostrato che a seguito dell'intervento di snicchiatura non si hanno variazioni significative nella distribuzione delle tensioni agenti nel rivestimento esistente e che comunque le tensioni indotte dalle demolizioni si mantengono inferiori rispetto alle resistenze di progetto della muratura.

In conclusione, per gli interventi tipo in progetto tutte le verifiche condotte risultano soddisfatte.