

COMMITTENTE:



DIREZIONE INVESTIMENTI
PROGETTI PALERMO

SOGGETTO TECNICO:



DIREZIONE TERRITORIALE PRODUZIONE DI PALERMO
S.O. INGEGNERIA

PROGETTAZIONE:

SINTAGMA S.r.l. - ITALIANA SISTEMI S.r.l.

TIMBRO E FIRMA DEL PROGETTISTA



PROGETTO DEFINITIVO

CONTRATTO APPLICATIVO n.9/2017 - A.Q. n.341/2016 del 29/11/2016

**Progettazione definitiva delle opere civili ed armamento
per il ripristino della linea Palermo - Trapani via Milo**

GEOLOGIA, GEOTECNICA E IDROGEOLOGIA
GEOLOGIA E IDROGEOLOGIA
Rapporto tecnico sulle indagini

SCALA -

Foglio - di -

PROGETTO/ANNO	SOTTOPR.	LIVELLO	NOME DOC.	PROGR.OP.	FASE FUNZ.	NUMERAZ.
3 0 4 8 1 7	S 0 1	P D	T G - -	0 2	0 0 0	E 0 0 0 3

Revis.	Descrizione	Progettista	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato	Data
A	Emissione	Ing. Granieri	OTT. 18	Ing. Sorce		Ing. Martinelli		Ing. Martinelli	

LINEA	SEDE TECN.	NOME DOC.	NUMERAZ.
Verificato e trasmesso	Data	Convalidato	Data

 <p>RFI RETE FERROVIARIA ITALIANA GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE Direzione Territoriale Produzione Palermo</p>	<p>CONTRATTO APPLICATIVO n.9/2017 - A.Q. n.341/2016 del 29/11/2016</p> <p>Progettazione definitiva delle opere civili ed armamento per il ripristino della linea Palermo - Trapani via Milo</p>
<p>304817_S01_PD_TG- - _02_000_E0003</p>	<p>Rapporto tecnico sulle indagini</p>

Sommario

1	Introduzione.....	2
2	Indagini geognostiche e geofisiche progetto preliminare	2
2.1	Sondaggi geognostici progetto preliminare - e Prove in sito (SPT).....	3
2.2	Prove di Laboratorio progetto preliminare	5
2.3	Indagini per il trattamento a calce	7
2.4	Indagini geofisiche progetto preliminare e categoria di sottosuolo ai sensi delle NTC 2018 9	
3	Indagini geognostiche e geofisiche progetto definitivo	11
3.1	Sondaggi geognostici progetto definitivo- e Prove in sito (SPT)	11
3.2	Lecture freatimetriche progetto definitivo	15
3.3	Prove di Laboratorio progetto definitivo	16
3.4	Indagini per il trattamento a calce	19
3.5	Indagini geofisiche progetto definitivo	20

 <p>RFI RETE FERROVIARIA ITALIANA GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE Direzione Territoriale Produzione Palermo</p>	<p>CONTRATTO APPLICATIVO n.9/2017 - A.Q. n.341/2016 del 29/11/2016</p> <p>Progettazione definitiva delle opere civili ed armamento per il ripristino della linea Palermo - Trapani via Milo</p>
<p>304817_S01_PD_TG- - _02_000_E0003</p>	<p>Rapporto tecnico sulle indagini</p>

1 Introduzione

Il presente Rapporto Tecnico sulle Indagini, riporta il quadro delle campagne geognostiche realizzate nelle diverse fasi progettuali (indagini per il progetto preliminare e per il progetto definitivo) condotte per il ripristino della linea Palermo - Trapani via Milo.

Il piano delle indagini è finalizzato alla verifica di vulnerabilità sismica delle opere d'arte maggiori sotto binario (ai sensi dell'OPCM n.3274 del 20/3/2003, del DPCM 21/10/2003, del DM 14/01/2008 e della Circolare n. 617 del 02/02/2009 del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti) ed è redatto in conformità con il "Manuale di progettazione delle opere civili - parte II - sezione 2 - Ponti e Strutture (cod. RFI DTC SI PS MA IFS 001 A) ove, al capitolo 2.12, vengono fornite tutte le indicazioni in merito.

Nel Rapporto Tecnico sulle Indagini si riporta la descrizione sintetica delle campagne pregresse eseguite (Progetto Preliminare) e di quelle realizzate per il Progetto Definitivo (2017)

La documentazione relativa alle **indagini eseguite per il Progetto Definitivo**, sondaggi (stratigrafie), prove in sito e di laboratorio e la campagna di indagini geofisiche sono riportate nei relativi elaborati di progetto, come indicato nella parte conclusiva del capitolo 3.5.

Per quanto riguarda le **campagne geognostiche pregresse**, la relativa documentazione comprendente sondaggi (stratigrafie), prove in sito e di laboratorio e la campagna di indagini geofisiche sono riportate nei relativi elaborati di progetto, come indicato nella parte conclusiva del capitolo 2.4

2 Indagini geognostiche e geofisiche progetto preliminare

Nell'area interessata dai lavori in oggetto è stato effettuato un rilievo di dettaglio geologico e dei dissesti in essere, compresa l'individuazione degli elementi morfologici ed idrogeologici. E' stato inoltre svolto un accurato studio a tavolino dei dati esistenti ed è stata pianificata una campagna geognostica, portata a termine nei primi mesi del 2016, finalizzata alla raccolta dei dati geotecnici necessari ai fini progettuali. Come indicato dal testo unico sulle costruzioni, si ritiene che il modello del sottosuolo verrà confermato e perfezionato nelle successive fasi progettuali e, poi, seguendo il principio "osservazionale" in fase esecutiva.

Nell'ambito della campagna geognostica condotta sono stati eseguiti 28 sondaggi a carotaggio continuo con prelievo di campioni indisturbati. Sono state inoltre eseguite una serie di prove SPT (Standard Penetration Test) al fine di parametrizzare il sito dal punto di vista geotecnico.

Sui campioni prelevati sono state eseguite 85 prove di laboratorio, del tipo:

- TG (prova di taglio),
- ELL (prova di espansione laterale libera),
- CD (prova triassiale confinata drenata),
- UU (prova triassiale non confinata non drenata).

Sui campioni di terreno prelevati dal corpo del rilevato sono state inoltre eseguite delle prove di laboratorio con lo scopo di verificare la possibilità di una eventuale stabilizzazione a calce per il miglioramento delle caratteristiche meccaniche del terreno in sito, per un suo potenziale riutilizzo. In particolare sono state analizzati 18 campioni, eseguendo analisi granulometriche, determinazione dell'indice plastico, contenuto di sostanza organica e solfati.

I risultati delle indagini e prove eseguite sono riassunte in forma tabulare di seguito.

2.1 Sondaggi geognostici progetto preliminare - e Prove in sito (SPT)

Nella tabella a seguire si riporta la profondità e l'ubicazione (km) dei sondaggi realizzati durante la campagna geognostica del progetto preliminare

ID	Profondità sondaggio (m)	Posizione km
S1	15	77+350
S2	16,5	77+500
S3	30	87+300
S4	2	87+500
S5	25	87+950
S6	30	88+100
S7	35	89+750
S8	30	89+900
S9	30	92+430
S10	20	92+600
S11	25	94+150
S12	20	94+600
S13	20	94+850
S19	30	100+150
S20	30	100+370
S21	30	101+650
S22	30	102+100
S23	30	102+700
S24	30	104+500
S25	30	105+200
S26	20	105+300
S27	30	105+900
S28	20	106+200
S29	25	107+900
S30	20	108+000
S31	25	108+200
S32	30	109+700
S33	30	110+200

Nella tabella seguente si riportano le prove SPT effettuate:

Sondaggio	Profondità da (m)	Profondità a (m)	N ₁	N ₂	N ₃	N _{SPT}
S1	2,8	2,8	8,0	10,0	12,0	22,0
S1	5,5	5,5	5,0	9,0	11,0	20,0
S2	4,7	2,0	4,0	8,0	12,0	20,0
S2	6,9	6,9	5,0	9,0	10,0	19,0
S3	2,8	2,8	7,0	6,0	7,0	13,0
S3	5,5	5,5	4,0	8,0	7,0	15,0
S4	2,5	2,5	2,0	2,0	2,0	4,0
S4	5,0	5,0	5,0	6,0	6,0	12,0
S5	2,0	2,0	4,0	4,0	5,0	9,0
S5	5,0	5,0	8,0	9,0	11,0	20,0
S5	6,5	6,5	10,0	12,0	14,0	26,0
S6	2,0	2,0		R		R
S6	4,0	4,0	5,0	6,0	7,0	13,0
S7	2,5	2,5	2,0	3,0	3,0	6,0
S7	8,0	8,0	5,0	6,0	5,0	11,0
S8	3,0	3,0	4,0	5,0	7,0	12,0
S8	11,8	11,8	7,0	9,0	12,0	21,0
S9	3,2	3,2	2,0	3,0	4,0	7,0
S9	8,0	8,0	4,0	6,0	7,0	13,0
S10	2,9	2,9	3,0	3,0	3,0	6,0
S10	4,5	4,5	4,0	4,0	5,0	9,0
S11	2,5	2,5	6,0	8,0	8,0	16,0
S12	2,0	2,0	6,0	8,0	9,0	17,0
S12	5,0	5,0	8,0	10,0	12,0	22,0
S12	10,4	10,4		R		R
S13	3,0	3,0	3,0	3,0	2,0	5,0
S13	5,5	5,5	2,0	2,0	3,0	5,0
S19	5,6	5,6	3,0	6,0	9,0	15,0
S19	10,0	10,0		R		R
S20	3,0	3,0		R		R
S20	8,0	8,0	12,0	18,0	32,0	50,0
S20	10,0	10,0	16,0	22,0	36,0	58,0
S21	2,4	2,4	2,0	3,0	2,0	5,0
S21	6,0	6,0	6,0	8,0	10,0	18,0
S22	2,4	2,4	2,0	3,0	2,0	5,0

S22	6,0	6,0	6,0	8,0	10,0	18,0
S23	3,5	3,5	7,0	9,0	12,0	21,0
S23	6,0	6,0	7,0	6,0	7,0	13,0
S24	5,0	5,0	3,0	3,0	3,0	6,0
S24	8,0	8,0	2,0	3,0	2,0	5,0
S25	3,5	3,5	2,0	2,0	3,0	5,0
S25	7,0	7,0	3,0	5,0	7,0	12,0
S26	3,0	3,0	3,0	5,0	7,0	12,0
S26	7,0	7,0	5,0	7,0	8,0	15,0
S26	12,0	12,0	8,0	11,0	15,0	26,0
S27	2,3	2,3	5,0	7,0	9,0	16,0
S27	9,0	9,0	9,0	13,0	15,0	28,0
S28	3,5	3,5	4,0	6,0	7,0	13,0
S28	6,5	6,5	7,0	9,0	10,0	19,0
S29	2,5	2,5	4,0	5,0	7,0	12,0
S29	11,0	11,0	7,0	9,0	13,0	22,0
S30	2,5	2,5	2,0	4,0	5,0	9,0
S30	8,0	8,0	7,0	9,0	12,0	21,0
S31	3,0	3,0	3,0	5,0	6,0	11,0
S31	9,5	9,5	9,0	11,0	13,0	24,0
S32	5,0	5,0	3,0	4,0	6,0	10,0
S32	11,0	11,0	5,0	7,0	10,0	17,0
S33	5,0	5,0	3,0	4,0	6,0	10,0
S33	11,0	11,0	5,0	7,0	10,0	17,0

2.2 Prove di Laboratorio progetto preliminare

Nella tabella seguente vengono riassunte le prove di laboratorio effettuate per ogni singolo campione:

Sondaggio	Campione	Profondità da (m)	Profondità a (m)	LA	Gr	Edo IL	Tx CID	Tx CIU	Tx UU	DS	ELL
S1	C1	2,5	2,8	x	x					x	x
S2	C1	1,6	1,8	x	x					x	x
S2	C2	6,5	6,8	x	x					x	x
S3	C1	2,5	2,8	x	x					x	x
S3	C2	5,0	5,5	x	x					x	
S3	C3	12,0	12,3	x	x		x				
S3	C4	20,0	20,3	x	x						x
S4	C1	4,0	4,3	x	x					x	x
S4	C2	11,2	11,5	x	x					x	x
S4	C3	18,8	19,0	x	x						

S5	C1	8,0	8,3	x	x		x				x
S5	C2	10,0	10,3	x	x					x	x
S5	C3	18,0	18,3	x	x						x
S6	C1	5,0	5,5	x	x					x	x
S6	C2	8,0	8,3	x	x			x			x
S6	C3	11,0	11,3	x	x		x				x
S6	C4	20,0	20,3	x	x					x	x
S7	C1	6,0	6,3	x	x					x	x
S7	C2	12,0	12,3	x	x						x
S7	C3	17,0	17,2	x	x					x	x
S7	C4	22,0	22,3	x	x					x	x
S8	C1	3,5	3,8	x	x					x	x
S8	C2	11,5	11,8	x	x						x
S8	C3	20,0	20,3	x	x					x	x
S8	C4	25,0	25,3	x	x					x	
S9	C1	3,0	3,3	x	x						
S9	C2	6,5	6,8	x	x					x	x
S9	C3	12,5	12,8	x	x						x
S9	C4	21,0	21,3	x	x					x	x
S10	C1	2,5	2,8	x	x						x
S10	C2	6,0	6,3	x	x					x	
S10	C3	10,0	10,3	x	x		x				
S11	C1	4,0	4,3	x	x						x
S11	C2	10,0	10,3	x	x				x		
S11	C3	20,0	20,3	x	x		x				
S12	C1	3,0	3,3	x	x						x
S12	C2	10,0	10,3	x	x						x
S12	C3	16,0	16,3	x	x				x		
S13	C1	4,0	4,3	x	x						x
S13	C2	9,0	9,3	x	x				x		
S13	C3	15,0	15,3	x	x		x				
S19	C1	5,3	5,6	x	x					x	x
S19	C2	8,0	8,3	x	x					x	x
S19	C3	15,0	15,3	x	x					x	x
S20	C1	8,5	8,8	x	x					x	x
S20	C2	16,4	16,7	x	x				x		x
S20	C3	26,3	26,6	x	x		x				
S21	C1	4,0	4,3	x	x					x	x
S21	C2	7,0	7,3	x	x		x				

S21	C3	20,5	20,8	x	x				x		
S22	C1	3,3	3,6	x	x					x	x
S22	C2	9,0	9,3	x	x					x	x
S22	C3	20,0	20,3	x	x					x	x
S23	C1	5,0	5,3	x	x						x
S23	C2	13,0	13,3	x	x					x	x
S23	C3	20,0	20,4	x	x					x	x
S24	C1	7,0	7,3	x	x					x	x
S24	C2	13,0	13,3	x	x		x				
S24	C3	20,0	20,3	x	x					x	x
S25	C1	5,0	5,3	x	x					x	x
S25	C2	10,0	10,2	x	x		x				
S25	C3	25,0	25,3	x	x					x	x
S26	C1	5,0	5,3	x	x					x	x
S26	C2	13,7	14,0	x	x					x	x
S26	C3	17,5	18,0	x	x					x	x
S27	C1	5,0	5,3	x	x					x	x
S27	C2	10,7	11,0	x	x					x	x
S27	C3	25,0	25,3	x	x		x				
S28	C1	5,0	5,5	x	x					x	x
S28	C2	8,0	8,3	x	x		x				
S28	C3	19,0	19,3	x	x					x	x
S29	C1	4,0	4,3	x	x					x	x
S29	C2	9,5	9,8	x	x					x	x
S29	C3	21,0	21,3	x	x		x				
S30	C1	5,0	5,5	x	x					x	x
S31	C1	7,0	7,3	x	x					x	x
S31	C2	13,7	14,0	x	x					x	x
S31	C3	19,0	19,3	x	x					x	x
S32	C1	5,0	5,3	x	x					x	x
S32	C2	12,5	12,8	x	x					x	x
S32	C3	24,0	24,3	x	x						
S33	C1	7,5	7,8	x	x					x	x
S33	C2	12,5	12,8	x	x					x	x
S33	C3	25,0	25,3	x	x		x				

2.3 Indagini per il trattamento a calce

Per verificare l'idoneità del materiale insito e costituente gli attuali rilevati , alla realizzazione dei rilevati stesi sono state realizzate in fase preliminare delle apposite analisi geotecniche sui campioni di materiale prelevato.

In particolare sono state eseguite le seguenti prove:

- Determinazione del contenuto di acqua del campione – ASTM D 2216-80;
- Determinazione del peso specifico – ASTM D 854;
- Granulometrica mediante sedimentazione (aerometria) e/o setacciatura - ASTM D 422;
- Determinazione dei limiti di Atterberg – ASTM D 4318
- Determinazione del contenuto in sostanza organica;
- Determinazione del contenuto in solfati.

Di seguito si riporta una tabella riassuntiva dei risultati delle analisi realizzate per il **Progetto Preliminare**

PROGR.	CAMP.	GRANULOMETRIA	INDICE PLASTICO		SOSTANZA ORGANICA			SOLFATI		
			[idonea]	[-]	SI	[%]	< 2%	< 4%	[%]	< 0.25%
77+350	S1 C1	SI	27.27	SI	2.55	NO	SI	0.054	SI	SI
77+500	S2 C1	SI	23.92	SI	0.77	SI	SI	0.340	NO	SI
87+500	S4 C1	SI	17.21	SI	0.80	SI	SI	0.830	NO	SI
87+950	S5 C1	SI	24.28	SI	0.71	SI	SI	0.026	SI	SI
88+100	S6 C1	SI	38.07	SI	4.75	NO	NO	0.030	SI	SI
89+750	S7 C1	SI	22.52	SI	1.42	SI	SI	1.051	NO	NO
89+900	S8 C1	SI	28.34	SI	0.74	SI	SI	0.156	SI	SI
92+430	S9 C1	SI	47.63	SI	2.26	NO	SI	1.152	NO	NO
92+600	S10 C1	NO	41.03	SI	4.21	NO	NO	0.291	NO	SI
100+150	S19 C1	SI	43.48	SI	4.05	NO	NO	0.093	SI	SI
100+370	S20 C1	SI	30.64	SI	2.06	NO	SI	0.047	SI	SI
100+650	S21 C1	SI	36.08	SI	0.88	SI	SI	0.143	SI	SI
102+700	S23 C1	SI	25.12	SI	2.43	NO	SI	0.066	SI	SI
104+500	S24 C1	SI	36.04	SI	3.00	NO	SI	0.658	NO	SI
105+200	S25 C1	SI	21.19	SI	1.65	SI	SI	0.015	SI	SI
108+000	S30 C1	SI	31.56	SI	2.50	NO	SI	0.162	SI	SI
109+700	S32 C1	SI	33.38	SI	3.59	NO	SI	0.165	SI	SI
110+200	S33 C1	SI	23.44	SI	0.58	SI	SI	0.352	NO	SI

In conclusione, i campionamenti ambientali eseguiti sul materiale argilloso dei rilevati, evidenziavano l'idoneità al trattamento a calce di 13 campioni sui 18 totali (pari a circa il 72%).

 RFI RETE FERROVIARIA ITALIANA GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE Direzione Territoriale Produzione Palermo	CONTRATTO APPLICATIVO n.9/2017 - A.Q. n.341/2016 del 29/11/2016 Progettazione definitiva delle opere civili ed armamento per il ripristino della linea Palermo - Trapani via Milo
	304817_S01_PD_TG- - _02_000_E0003

2.4 Indagini geofisiche progetto preliminare e categoria di sottosuolo ai sensi delle NTC 2018

Durante la campagna di indagini geofisiche realizzate per il progetto preliminare sono state realizzate
 -n°5 tomografie sismiche
 -n°17 Masw

Nella tabella sottostante si riporta l' esito delle indagini tomografiche e delle Masw

ID INDAGINE	NOTE SUI RISULTATI
TOMOGR1	PRIMO RIFRATTORE - 5m
TOMOGR 2	PRIMO RIFRATTORE - 6m
TOMOGR 3	PRIMO RIFRATTORE - 5m
TOMOGR 4	PRIMO RIFRATTORE - 5m AREA SOGGETTA A MOVIMENTO FINO A 25m
TOMOGR 5	PRIMO RIFRATTORE ONDULATO 10+18m ANOMALIA DIFFRATTOMETRICA DOVUTA ALLA PRESENZA DI SOTTOPASSO 5*15m

Tabella riassuntiva prove MASW

n°	Comune	Progr. 1 [km]	Progr.2 [km]	Vs,eq [m/s]	Periodo [s]	Frequenza [Hz]	Categoria Sottosuolo
1	Castellammare del Golfo	77.350	77.500	357	0.27	3.7	C
2	Calatafimi-Segesta	87.300	87.500	285	0.24	4.2	E
3	Calatafimi-Segesta	87.950	88.100	329	0.21	4.7	E
4	Buseto Palizzolo	89.750	89.900	353	0.25	4	E
5	Trapani	92.430	92.600	347	0.31	3.3	C
6	Trapani	94.150	94.850	355	0.33	3.1	C
7	Trapani	96.300		289	0.31	3.2	C
7bis	Trapani	96.900		408	0.22	4.6	B

8	Trapani	98.500		320	0.22	4.5	E
9	Trapani	100.150	100.370	306	0.38	5.5	E
10	Trapani	101.650	102.100	262	0.58	1.7	C
11	Trapani	102.700		305	0.28	3.5	C
12	Paceco	104.500		270	0.36	2.8	C
13	Erice	105.200	105.300	272	0.23	4.3	E
14	Erice	105.900	106.200	162	0.36	2.8	E
15	Trapani	107.900	108.200	357	0.22	4.6	E
16	Trapani	109.700	110.200	303	0.15	6.8	E

Le 17 prove di tipo MASW hanno permesso la stima della velocità delle onde Vs30, permettendo la classificazione delle categorie di sottosuolo secondo le NTC 2018, ricavando che la totalità dei siti indagati è classificabile nelle categorie di sottosuolo E e C.

Per quanto riguarda le condizioni topografiche, la morfologia del territorio in oggetto, è tale da ricadere nella categoria topografica T1 (pendi con inclinazione media $i < 15^\circ$).

Per la caratterizzazione sismica del sito si rimanda alla Relazione Sismica .

Tutti i risultati delle indagini geognostiche e geofisiche realizzate per il **Progetto Preliminare** sono riportate nei seguenti elaborati di progetto:

Codice Elaborato	Nome elaborato
304817_S01_PD_TG--_02_000_E0004	Indagini geognostiche progetto preliminare: sondaggi geognostici
304817_S01_PD_TG--_02_000_E0005	Indagini geognostiche progetto preliminare: prove in sito
304817_S01_PD_TG--_02_000_E0006	Indagini geognostiche progetto preliminare: prove di laboratorio - Tomo 1 di 3
304817_S01_PD_TG--_02_000_E0007	Indagini geognostiche progetto preliminare: prove di laboratorio - Tomo 2 di 3
304817_S01_PD_TG--_02_000_E0008	Indagini geognostiche progetto preliminare: prove di laboratorio - Tomo 3 di 3
304817_S01_PD_TG--_02_000_E0009	Indagini geofisiche progetto preliminare: tomografie elettriche e sismiche

3 Indagini geognostiche e geofisiche progetto definitivo

Per la redazione del progetto definitivo di riapertura della linea ferroviaria Palermo-Trapani (Via Milo) è stata condotta una nuova campagna di indagini geognostiche e geofisiche volte ad approfondire le caratteristiche litologiche e geotecniche dei terreni interessati dal tracciato in oggetto.

Le indagini sono state eseguite dal mese di ottobre 2017 a dicembre 2017, e i sondaggi sono stati effettuati a carotaggio continuo impiegando carotieri semplici (Craelius diametro 101 mm, lunghezze 3.0 m, 2.0 ed 1.50 m) e campionatori Denison (Nenzi NESGI) e Schelby. Laddove si è reso necessario l'uso di rivestimento si sono impiegati tubi di diametro 127 mm e lunghezza 1.50 m.

Nel corso delle perforazioni, oltre al prelievo di campioni indisturbati, si sono anche eseguite prove di resistenza meccanica (SPT) ed installati piezometri di Casagrande

3.1 Sondaggi geognostici progetto definitivo- e Prove in sito (SPT)

In particolare sono stati realizzati n°94 sondaggi geognostici denominati in ordine progressivo con le sigla Sn1. Nella tabella seguente si profondità e le coordinate degli stessi

ID sondaggio	Profondità sondaggio	Coordinate UTM	
		X	Y
S1i	15	316876,9521	4204687,733
S2i	20	316728,9515	4204515,627
S6i	16	315373,9111	4204632,23
S7i	15	315360,0702	4204649,629
S8i	15	315201,7358	4204585,262
S9i	15	315194,4423	4204605,741
S10i	15	313458,7431	4203788,567
S11i	15	313459,494	4203821,49
S12i	15	313278,0646	4203810,906
S13i	20	311199,0405	4200635,269
S14i	10	311146,5193	4200628,6
S15i	7	-	-
S16i	16	-	-
S17i	15	310853,0024	4202012,348
S18i	16	310828,9586	4202027,296
S19i	15	310162,3648	4203085,811
S20i	15	309966,8979	4203019,251
S21i	12	308948,6691	4202499,028
S22i	15	308944,6942	4202515,133
S23i	15	306472,6689	4202364,434
S24i	15	306434,7237	4202400,839

S25i	15	305593,991	4202022,199
S26i	15	305611,7523	4201988,592
S27i	16	305488,0162	4202000,355
S28i	15	305508,4765	4201973,825
S29i	15	304998,7485	4201941,808
S30i	16	304969,519	4201971,93
S31i	20	301859,4667	4200670,479
S32i	16	301849,9124	4200624,027
S33i	15	301632,083	4200860,35
S34i	16	301603,0552	4200837,996
S35i	15	301451,9337	4201372,246
S36i	15	301426,8143	4201367,854
S37i	15	301399,5735	4201584,388
S38i	15	301350,0987	4201563,012
S39i	16	301181,7978	4202097,75
S40i	15	301220,5499	4202119,842
S41i	15	300504,4148	4202645,204
S42i	15	300321,9189	4202788,335
S43i	20	299644,0584	4203154,599
S44i	20	299615,3953	4203135,317
S45i	16	296074,6554	4203364,49
S46i	15	295986,3707	4203325,111
S47i	20	295505,3304	4203452,052
S48i	20	295482,3748	4203432,468
S49i	15	295042,5651	4203971,679
S50i	20	295015,7256	4203959,506
S51i	15	294860,8225	4204239,959
S52i	15	294845,8978	4204236,83
S53i	15	294825,5105	4204437,412
S54i	15	294797,8183	4204432,925
S55i	15	294808,3709	4204594,275
S56i	16	294784,424	4204598,536
S57i	15	294703,7302	4204897,521
S58i	20	294689,2933	4204898,246
S59i	15	294438,7041	4205091,152
S60i	15	294430,6365	4205078,986
S61i	22	293870,865	4205497,43
S62i	16	293855,1981	4205490,532
S63i	15	293246,4607	4205952,934

S64i	15	293266,3573	4205982,796
S65i	15	292798,1997	4206300,741
S66i	15	292815,5111	4206305,247
S67i	15	292569,1284	4206557,946
S68i	15	292607,4171	4206536,429
S69i	15	292334,4495	4206767,825
S70i	15	292397,8738	4206749,383
S71i	15	292231,515	4206840,286
S72i	15	292194,8641	4206842,061
S73i	15	291977,1907	4206980,238
S74i	15	291920,4365	4206986,629
S75i	15	291541,3072	4206975,37
S76i	15	291392,9008	4206946,516
S77i	17	291178,286	4206874,298
S78i	16	291132,6918	4206898,485
S79i	15	290782,4445	4207075,109
S80i	15	290760,895	4207064,571
S81i	15	290656,6512	4207316,266
S82i	15	290640,6295	4207299,155
S83i	15	290580,7712	4207483,795
S84i	15	290569,9775	4207476,817
S85i	15	290359,5854	4207725,576
S86i	15	290347,4224	4207706,995
S87i	15	289900,6854	4207772,693
S88i	15	289888,6106	4207755,043
S89i	15	289280,4132	4207647,74
S90i	15	289252,0137	4207634,307
S91i	15	288674,4103	4208178,624
S92i	15	288649,1715	4208154,621
S93i	15	287991,3476	4208338,193
S94i	16	287997,7195	4208318,278
S95i	12	311605,0063	4201209,884
S96i	20	286293,1303	4208386,499
S97i	16	283141,0961	4210773,384
S98i	15	283224,8478	4210756,977

Le prove SPT sono state eseguite sui sondaggi S14, S16, S58, S61, S62, S63, S67, S68, S69, S75, S89, S98, dalle quali tramite correlazioni sono stati ricavati alcuni parametri geotecnici del terreno, in particolare:

- TIPOLOGIA LITOLOGICA DEL TERRENO
- GAMMA NATURALE kN/m^3

- GAMMA SATURO kN/m^3
- DENSITA' RELATIVA (%)
- ANGOLO DI ATTRITO
- TENSIONE EFFICACE VERTICALE
- TENSIONE EFFICACE TOTALE MODULO CONFINATO (N/mm^2)
- RESISTENZA ALLA PUNTA Q_c (N/mm^2)
- MODULO DI YOUNG E25 (N/mm^2)
- MODULO DI TAGLIO DINAMICO (N/mm^2)
- CEDIMENTI $S_{\text{max}}/Q_{\text{amm}}$ ($\text{mm}/(\text{N/mm}^2)$)
- SFORZO CICLICO (N/mm^2)

A seguire si riportano i risultati delle prove Spt eseguite e i parametri ricavati da esse.

SONDAGGIO	SPT	PROFONDITA' PROVA (m)	N (0-15)	N (15-30)	N (30-45)	Nspt
S14	SPT1	6	13	43	12	55
S16	SPT1	6,5	15	15	15	30
S58	SPT1	9	10	13	12	25
S61	SPT1	1,7	11	17	14	31
S62	SPT1	5	8	12	14	26
S63	SPT1	4	5	5	6	11
S67	SPT1	3,95	6	6	10	16
	SPT2	6,95	15	30	45	75
S68	SPT1	6	6	9	9	18
	SPT2	10,5	11	16	21	37
S69	SPT1	3,5	9	11	11	22
	SPT2	6,5	10	25	38	63

S75	SPT1	3,2	9	11	11	22
S89	SPT1	10	30	36	28	64
S98	SPT1	4,45	2	5	3	8
	SPT2	6,95	4	4	6	10

3.2 Letture freaticmetriche progetto definitivo

Per quanto riguarda le condizioni idrauliche del sottosuolo, si dispone di una sola lettura piezometrica effettuata sulla sola strumentazione installata nella campagna geognostica del Progetto Definitivo (si veda la tabella a seguire). I dati a disposizione non sono sufficienti ad una definizione completa del regime delle acque sotterranee, mancando una serie estesa per un intervallo temporale sufficientemente rappresentativo. I dati sembrano comunque mostrare, anche in accordo all'assetto litostratigrafico del sottosuolo, che il livello piezometrico si attesta grossomodo all'interno della formazione del Flysch Numidico o al contatto con le formazioni sovrastanti.

Piezometro	data lettura	Livello ⁽¹⁾ (m)	note
S10i	28/09/2018	6.3	
S11i	01/10/2018	6.5	
S12i	01/10/2018	6.0	
S13i	28/09/2018	5.6	
S16i	28/09/2018	10.5	
S17i	28/09/2018	6.0	
S18i	01/10/2018	distrutto	
S21i	28/09/2018	3.6	
S22i	28/09/2018	4.4	
S24i	28/09/2018	1.3	
S39i	28/09/2018	1.9	protezione rotta
S45i	28/09/2018	1.2	
S59i	28/09/2018	1.5	
S61i	28/09/2018	5.4	
S62i	28/09/2018	6.9	
S65i	28/09/2018	2.3	
S66i	28/09/2018	1.9	protezione rotta
S67i	28/09/2018	7.7	
S69i	01/10/2018	distrutto	
S70i	28/09/2018	10.2	
S75i	01/10/2018	3.5	
S76i	01/10/2018	-	

S77i	01/10/2018	distrutto	
S89i	01/10/2018	4.3	tappo rotto
S96i	28/09/2018	distrutto	
S97i	28/09/2018	2.2	
S98i	28/09/2018	1.8	tappo rotto

Letture piezometriche.

(1) Il livello piezometrico riportato è riferito alla quota di testa del piezometro.

3.3 Prove di Laboratorio progetto definitivo

Sui campioni di terreno prelevati dai sondaggi sono state effettuate le seguenti **prove di laboratorio**:

- determinazione del contenuto di acqua del campione — ASTM D 2216-80;
- determinazione del peso per unità di volume — BS 1377;
- determinazione del peso specifico — ASTM D 854;
- granulometrica mediante sedimentazione (aerometria) e/o setacciatura - ASTM D 422;
- determinazione dei limiti di Atterberg — ASTM D 4318
- determinazione del limite di ritiro - ASTM D 427 - 04;
- prova di taglio diretto — ASTM D 3080;
- prova di consolidazione edometrica — ASTM D 2435;
- prova ad espansione laterale libera E.L.L — ASTM D 2166

Nella tabella seguente sono riportati i campioni prelevati da ogni sondaggio e le prove effettuate per ogni singolo campione

Sondaggio	Campione	Profondità da (m)	Profondità a (m)	LA	Gr	Edo IL	Tx CID	Tx CIU	Tx UU	DS	ELL
S1i	C1	3,2	3,7	x	x					x	x
S6i	C1	7,0	7,5	x	x					x	x
S6i	C2	12,5	13,0	x	x	x					x
S7i	C1	5,0	5,5	x	x	x				x	x
S7i	C2	10,5	11,0	x	x	x				x	x
S8i	C1	2,0	2,5	x	x					x	x
S8i	C2	12,5	13,0	x	x	x				x	x
S9i	C1	5,0	5,5	x	x					x	x
S9i	C2	9,0	9,5	x	x	x				x	x
S10i	C1	4,0	4,4	x	x	x				x	
S10i	C2	9,0	9,5	x	x	x				x	x
S11i	C1	3,3	3,8	x	x					x	x
S11i	C2	10,0	10,5	x	x	x				x	x
S12i	C1	3,3	3,8	x	x					x	x
S12i	C2	10,0	10,5	x	x	x				x	x
S16i	C1	3,0	3,4	x	x					x	x
S17i	C1	2,8	3,3	x	x					x	x
S17i	C2	8,0	8,4	x	x	x				x	x

S18i	C1	2,7	3,2	x	x					x	x
S18i	C2	9,0	9,5	x	x	x				x	x
S28i	C1	4,0	4,4	x	x			x			
S29i	C1	2,5	3,0	x	x			x			
S29i	C2	7,5	8,0	x	x					x	x
S30i	C1	3,2	3,7	x	x			x		x	
S30i	C2	9,3	9,7	x	x					x	x
S31i	C1	4,0	4,5	x	x					x	x
S31i	C2	8,0	8,4	x	x					x	x
S32i	C1	3,7	4,2	x	x			x			
S34i	C2	6,0	6,5	x	x					X	
S36i	C2	9,0	9,5	x	x						
S38i	C1	2,6	3,0	x	x					x	
S38i	C2	6,5	7,0	x	x						x
S39i	C1	2,0	2,5	x	x					x	
S41i	C1	4,0	4,5	x	x					x	x
S41i	C2	10,3	10,7	x	x					x	x
S42i	C1	3,0	3,5	x	x					x	x
S43i	C1	4,5	5,0	x	x					x	
S45i	C1	3,0	3,4	x	x					x	x
S45i	C2	8,5	8,8	x	x					x	x
S46i	C1	3,3	3,7	x	x					x	x
S46i	C2	3,0	3,7	x	x	x				x	
S47i	C1	3,0	3,5	x	x					x	
S47i	C2	9,0	9,5	x	x					x	x
S49i	C1	1,7	2,0	x	x					x	x
S50i	C1	3,0	3,5	x	x					x	x
S50i	C2	8,5	9,0	x	x					x	x
S51i	C1	4,0	4,5	x	x					x	x
S52i	C1	2,5	4,0	x	x					x	
S52i	C2	4,5	4,9	x	x					x	x
S52i	C3	12,0	12,5	x	x			x			
S53i	C1	4,5	5,0	x	x					x	x
S54i	C1	4,5	5,0	x	x			x			
S54i	C2	9,0	9,3	x	x					x	x
S57i	C1	3,0	3,5	x	x			x			
S57i	C2	6,5	7,0	x	x					x	x
S58i	C1	3,0	3,4	x	x					x	x
S58i	C2	8,5	9,0	x	x					x	x

S58i	C3	15,0	15,4	x	x						x
S59i	C1	2,5	3,0	x	x	x				x	
S59i	C2	6,0	6,4	x	x					x	x
S60i	C1	2,0	2,5	x	x					x	x
S60i	C2	8,0	8,4	x	x						x
S61i	C1	3,0	3,5	x	x					x	x
S61i	C2	7,4	7,8	x	x					x	x
S61i	C3	19,0	19,5	x	x					x	x
S62i	C1	2,0	2,5	x	x					x	x
S62i	C2	10,5	11,0	x	x			x			
S63i	C1	3,5	4,0	x	x					x	x
S63i	C2	9,0	9,5	x	x					x	x
S64i	C1	3,0	3,5	x	x					x	x
S64i	C2	7,5	8,0	x	x					x	x
S65i	C1	3,5	4,0	x	x					x	x
S65i	C2	8,0	8,5	x	x					x	x
S66i	C1	4,5	5,0	x	x	x				x	x
S66i	C2	9,3	9,7	x	x					x	x
S67i	C1	3,0	3,5	x	x			x			
S67i	C2	13,0	3,5	x	x					x	x
S68i	C2	12,0	12,5	x	x					x	x
S69i	C1	3,0	3,5		x	x				x	x
S69i	C2	12,0	12,5	x	x						x
S70i	C1	3,0	3,5	x	x	x				x	x
S70i	C2	12,5	13,0	x	x						x
S71i	C1	1,0	1,5	x	x					x	
S71i	C2	6,0	6,4	x	x					x	x
S72i	C1	0,0	0,0	x	x	x				x	
S72i	C2	6,0	6,4	x	x					x	x
S73i	C1	4,0	4,5	x	x					x	x
S74i	C1	1,3	1,7	x	x					x	x
S75i	C1	2,7	3,2	x	x					x	x
S76i	C1	7,0	7,5	x	x					x	x
S76i	C2	11,5	12,0	x	x					x	x
S78i	C2	9,5	10,0	x	x						x
S79i	C1	1,2	1,7	x	x						
S80i	C1	3,0	3,5	x	x	x				x	x
S81i	C1	4,0	4,5	x	x	x					x
S82i	C1	4,0	4,5	x	x					x	x

S82i	C2	9,0	9,5	x	x						x
S84i	C2	6,5	7,0	x	x						x
S85i	C2	7,0	7,5	x	x						x
S86i	C1	6,0	6,5	x	x					x	x
S87i	C1	3,0	3,5	x	x					x	x
S87i	C2	7,5	8,0	x	x					x	x
S88i	C1	4,0	4,5	x	x	x				x	x
S89i	C1	4,0	4,5	x	x	x					
S89i	C2	9,5	10,0	x	x					x	x
S90i	C1	4,5	5,0	x	x	x				x	x
S90i	C2	11,0	11,5	x	x					x	x
S91i	C1	6,5	7,0	x	x		x				
S91i	C2	12,0	12,5	x	x					x	x
S92i	C1	5,5	6,0	x	x					x	x
S92i	C2	15,0	15,5	x	x					x	x
S93i	C1	5,5	6,0	x	x					x	x
S93i	C2	11,5	12,0	x	x					x	x
S96i	C2	11,5	12,0	x	x	x				x	x
S97i	C2	12,5	13,0	x	x	x					x
S98i	C3	12,5	13,0	x	x					x	x

3.4 Indagini per il trattamento a calce

Per verificare l' idoneità del materiale insito e costituente gli attuali rilevati

In fase di **progetto definitivo**, per verificare l' idoneità del materiale insito e costituente gli attuali rilevati alla realizzazione degli stessi, RFI ha eseguito una serie di saggi con escavatore ai lati dei rilevati di maggiore altezza; l'obiettivo era quello di prelevare campioni di materiale argilloso per valutarne la possibilità di trattarlo a calce, è invece emerso che fino alla profondità di 1.00 - 1.50 metri sono presenti materiali aridi da rilevato, a prima vista idonei al riuso tal quali.

Di seguito si riportano invece le prove realizzate per il **Progetto Definitivo**

N. Campione	Granulometria		Indice di Plasticità		Sostanze organiche		Solfati	
	Valore (Pass 0,075)	Limite	Valore	Limite	Valore (mg/kg)	Limite	Valore	Limite
A1	2,71	35	0	10	10,6	2	31	0,25
A1a	1,02	35	25,68	10	12,3	2	25	0,25
A2	2,47	35	0	10	18	2	27	0,25
A3	9,91	35	30,46	10	12,2	2	31	0,25
A4	2,33	35	23,1	10	7,4	2	239	0,25
A5	9,23	35	29,19	10	10	2	26	0,25

 RFI RETE FERROVIARIA ITALIANA GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE Direzione Territoriale Produzione Palermo	CONTRATTO APPLICATIVO n.9/2017 - A.Q. n.341/2016 del 29/11/2016 Progettazione definitiva delle opere civili ed armamento per il ripristino della linea Palermo - Trapani via Milo
	304817_S01_PD_TG--_02_000_E0003 Rapporto tecnico sulle indagini

A6	7,41	35	31,01	10	7,8	2	106	0,25
A7	2,14	35	23,48	10	32,8	2	19388,1	0,25
A8	1,84	35	19,1	10	38,3	2	3215,2	0,25%
A9	0,94	35	25,59	10	16,5	2	86,1	0,25
A10	2,96	35	20,83	10	18,3	2	6258,3	0,25
A11	93,61	35	33,29	10	12,8	2	12524,3	0,25
A12	7,47	35	29,41	10	12,5	2	77,3	0,25
A13	2,7	35	23,33	10	13,4	2	17708,5	0,25
A14	6,21	35	29,74	10	6,9	2	162,3	0,25
A15	1,32	35	0	10	5,3	2	189,6	0,25
A16	10,9	35	30,25	10	14,3	2	52,3	0,25

I risultati completi delle prove effettuate sono riportate nell' elaborato di progetto:
 304817_S01_PD_TG--_02_000_E0015- *Indagini geognostiche progetto definitivo: prove di laboratorio per trattamento a calce.*

3.5 Indagini geofisiche progetto definitivo

Ad integrazione delle indagini svolte per il progetto preliminare, è stata eseguita un' ulteriore campagna di indagini geofisiche (sismica passiva, tomografia sismica e tomografia elettrica 2D) per la redazione del progetto definitivo

Le indagini sono state realizzate dall'ottobre 2017 al dicembre 2017 ed hanno interessato l'intero tracciato ferroviario a partire dalla Stazione di Alcamo diramazione fino ad arrivare alla stazione di Trapani.

Nella tabella seguente sono riassunte le indagini geofisiche realizzate, riportate in ordine progressivo a partire dalla stazione di Alcamo :


Sismica passiva REMI	TOMOGRAFIA SISMICA	TOMOGRAFIA ELETTRICA
Rm39	Ts25	Te1
Rm1	Ts5	Te2
Rm2	Rzi	Te3
Rm36	Ts3	Te4
Rm37	Ts8	Te5
Rm38	Ts11	Te6
Rm43	Ts12	Te23
Rm6	Ts6	Te7
Rm5	Ts7	Te21
Rm7	Ts26	Te8

Rm8	Ts9	Te9
Rm9	Ts10	Te16
Rm10	Ts21	Te17
Rm11	Ts22	Te22
Rm12	Ts23	Te18
Rm13	Ts13	Te19
Rm14	Ts14	Te20
Rm40	Ts15	Te10
Rm10	Ts16	Te11
Rm11	Ts17	Te12
Rm12	Ts18	Te13
Rm13	Ts19	Te14
Rm14	Ts20	Te15
Rm15	Ts24	Te25
Rm16	Ts2	Te26
Rm17	Ts4	Te27
Rm18		Te28
Rm19		Te29
Rm20		Te30
Rm21		Te24
Rm22		
Rm23		
Rm24		
Rm25		
Rm26		
Rm27		
Rm28		
Rm29		
Rm30		
Rm31		
Rm32		
Rm33		
Rm34		
Rm35		
Rm44		
Rm45		
Rm41		
Rm42		

Risultati della Sismica passiva (Re.Mi.)

La risposta elastica ottenuta manifesta, in generale, profili di Vs con velocità crescenti con la profondità; sussistono, però, zone in cui si riscontrano inversioni di velocità;

I valori di Vs30 ottenuti classificano in prevalenza i terreni nella categoria litostratigrafica B; comunque in alcuni siti sono stati riscontrati terreni anche in categoria A e C.

 RFI RETE FERROVIARIA ITALIANA GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE Direzione Territoriale Produzione Palermo	CONTRATTO APPLICATIVO n.9/2017 - A.Q. n.341/2016 del 29/11/2016 Progettazione definitiva delle opere civili ed armamento per il ripristino della linea Palermo - Trapani via Milo
304817_S01_PD_TG--_02_000_E0003	Rapporto tecnico sulle indagini

Risultati della Tomografia sismica

I modelli di velocità ottenuti sono coerenti con la litologia attesa nei diversi siti d'indagine;

In alcuni siti il particolare andamento geometrico dei sismostrati prefigura l'esistenza di criticità geomorfologiche.

Risultati Tomografia elettrica 2D

Dall'andamento della risposta elettrica emerge una mancanza di continuità laterale degli elettrostrati a prefigurare l'esistenza di terreni caratterizzati da variazioni laterali e verticali di facies;

I valori di resistività ottenuti sono in generale riferibili a litologie pelitiche con minimi di resistività che manifestano condizioni locali di elevata saturazione dei terreni.

I risultati delle indagini geognostiche e geofisiche realizzate per il **Progetto Definitivo** sono riportate nei seguenti elaborati di progetto:

Codice Elaborato	Nome Elaborato
304817_S01_PD_TG--_02_000_E0010	Indagini geognostiche progetto definitivo: sondaggi geognostici
304817_S01_PD_TG--_02_000_E0011	Indagini geognostiche progetto definitivo: prove in sito
304817_S01_PD_TG--_02_000_E0012	Indagini geognostiche progetto definitivo: prove di laboratorio dal km 73+230 al km 102+278
304817_S01_PD_TG--_02_000_E0013	Indagini geognostiche progetto definitivo: prove di laboratorio dal km 102+278 al km 114+152
304817_S01_PD_TG--_02_000_E0014	Indagini geognostiche progetto definitivo: prove di laboratorio dal km 114+152 al km 120+350
304817_S01_PD_TG--_02_000_E0015	Indagini geognostiche progetto definitivo: prove di laboratorio per trattamento a calce
304817_S01_PD_TG--_02_000_E0016	Indagini geofisiche progetto definitivo

L'ubicazione di tutte le indagini pregresse e del progetto definitivo sono riportate nelle Planimetrie di ubicazione delle indagini.