

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> <b>5663</b>	<b>UNITÀ</b> <b>000</b>
	<b>LOCALITÀ</b> <b>REGIONE SARDEGNA</b>	<b>Doc. RT-0025</b>	
	<b>PROGETTO / IMPIANTO</b> <b>SISTEMA TRASPORTO GAS NATURALE SARDEGNA - SEZIONE CENTRO SUD</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>INDAGINI GEOFISICHE E GEOTECNICHE</b> <b>RELAZIONE TECNICA</b>		<b>Rev.</b> <b>1</b>

**SISTEMA TRASPORTO GAS NATURALE SARDEGNA  
SEZIONE CENTRO SUD**

**INDAGINI GEOFISICHE E GEOTECNICHE  
RELAZIONE TECNICA**

Il Committente



Il Progettista



Rev.	Descrizione	Elaborato	Verificato	Approvato	Data
1	Revisione Generale -Emissione per Enti	RP	CHV	PAR	Marzo 2017
0	Emissione per Enti	RP	CHV	PAR	Gennaio 2017



	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> <b>5663</b>	<b>UNITÀ</b> <b>000</b>
	<b>LOCALITÀ</b> <b>REGIONE SARDEGNA</b>	<b>Doc. RT-0025</b>	
	<b>PROGETTO / IMPIANTO</b> <b>SISTEMA TRASPORTO GAS NATURALE</b> <b>SARDEGNA - SEZIONE CENTRO SUD</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>INDAGINI GEOFISICHE E GEOTECNICHE</b> <b>RELAZIONE TECNICA</b>	Pag. 1 di 22	<b>Rev.</b> <b>1</b>

## INDICE

<b>LISTA DELLE TABELLE .....</b>	<b>2</b>
<b>LISTA DELLE FIGURE .....</b>	<b>2</b>
<b>LISTA DELLE APPENDICI .....</b>	<b>2</b>
<b>1 INTRODUZIONE .....</b>	<b>3</b>
<b>2 INDAGINE DI PROSPEZIONE ELETTRICA TOMOGRAFICA PRESSO VILLAMASSARGIA.....</b>	<b>6</b>
2.1 Metodologia di Investigazione .....	7
2.2 Risultati e Considerazioni geologico-tecniche .....	7
<b>3 INDAGINE GEOTECNICA E PROSPEZIONE SISMICA A RIFRAZIONE PRESSO</b>	
<b>ATTRAVERSAMENTI PROGETTATI MEDIANTE SISTEMA T.O.C.....</b>	<b>11</b>
3.1 Metodologie di Investigazione .....	11
3.1.1 <i>Campagna Geotecnica</i> .....	11
3.1.2 <i>Prospezione Sismica</i> .....	12
3.2 Risultati e Caratterizzazione geologico-tecnica .....	14
3.2.1 <i>Attraversamento 1- Nord di UTA (Dorsale Sud - Attraversamento Riu Mannu, Ferrovia</i>	
<i>Iglesias-Decimomannu-Cagliari, e SS 130)</i> .....	14
3.2.2 <i>Attraversamento 2- Est di Uta (Allacciamento Cagliari Monserrato- Attraversamento</i>	
<i>Flumini Mannu)</i> .....	17
3.2.3 <i>Attraversamento 3- Sud di Uta (Attraversamento Riu Cixerri)</i> .....	20
<b>4 CONCLUSIONI .....</b>	<b>22</b>

	<b>PROGETTISTA</b>  <small>consulting, design, operations &amp; maintenance engineering</small>	<b>COMMESSA</b> <b>5663</b>	<b>UNITÀ</b> <b>000</b>
	<b>LOCALITÀ</b> <b>REGIONE SARDEGNA</b>	<b>Doc. RT-0025</b>	
	<b>PROGETTO / IMPIANTO</b> <b>SISTEMA TRASPORTO GAS NATURALE</b> <b>SARDEGNA - SEZIONE CENTRO SUD</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>INDAGINI GEOFISICHE E GEOTECNICHE</b> <b>RELAZIONE TECNICA</b>	Pag. 2 di 22	<b>Rev.</b> <b>1</b>

### LISTA DELLE TABELLE

<b><u>Tabella No.</u></b>	<b><u>Pagina</u></b>
Tabella 1.1: Articolazione del Progetto	3
Tabella 2.1: Attraversamenti selezionati per le Indagini Geofisiche e Geotecniche	5

### LISTA DELLE FIGURE

<b><u>Figura No.</u></b>	<b><u>Pagina</u></b>
Figura 1.1: Localizzazione del Gasdotto a Progetto e Relativi Tronchi (TR)	4
Figura 2.1: Strumentazione Prospezione elettrica tomografica (Profilo 3)	7
Figura 2.2: Sezione elettrica P1	8
Figura 2.3: Sezione elettrica P2	8
Figura 2.4: Affioramento Strato arenaceo presso Profilo 3	9
Figura 2.5: Sezione elettrica P1	9
Figura 3.1: Indagine geognostica (sondaggio S1)	12
Figura 3.2: Esempio Stesa Prospezione sismica (profilo P5)	13
Figura 3.3: Esempio Energizzazione Sismica (profilo P4)	14
Figura 3.4: Localizzazione sondaggio S1	15
Figura 3.5: Sezione sismica P4	16
Figura 3.6: Sezione sismica P6	17
Figura 3.7: Localizzazione sondaggio S2	18
Figura 3.8: Sezione sismica P7	19
Figura 3.9: Sezione sismica P8	20
Figura 3.10: Sezione sismica P5	20

### LISTA DELLE APPENDICI

<b>No.</b>	<b>Titolo</b>
A	TR09-Villamassargia Localizzazione e risultati prospezione elettrica
B	TR08-Attraversamenti presso UTA Localizzazione e risultati prospezione sismica
C	TR08-Attraversamenti presso UTA Risultanze Indagini Geognostiche

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> <b>5663</b>	<b>UNITÀ</b> <b>000</b>
	<b>LOCALITÀ</b> <b>REGIONE SARDEGNA</b>	<b>Doc. RT-0025</b>	
	<b>PROGETTO / IMPIANTO</b> <b>SISTEMA TRASPORTO GAS NATURALE</b> <b>SARDEGNA - SEZIONE CENTRO SUD</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>INDAGINI GEOFISICHE E GEOTECNICHE</b> <b>RELAZIONE TECNICA</b>	Pag. 3 di 22	<b>Rev.</b> <b>1</b>

## 1 INTRODUZIONE

Il progetto in esame consiste nella realizzazione della Sezione Centro-Sud di un sistema di trasporto gas in Regione Sardegna proposto dalla Società Gasdotti Italia S.p.A. (SGI), costituito da una rete di metanodotti che si sviluppa principalmente in direzione Sud-Nord.

Il progetto proposto interessa le seguenti autonomie locali (LR No. 2 del 4 Febbraio 2016 e DGR No. 23/5 del 20 Aprile 2016): Provincia di Oristano, Provincia Sud Sardegna e la Città Metropolitana di Cagliari.

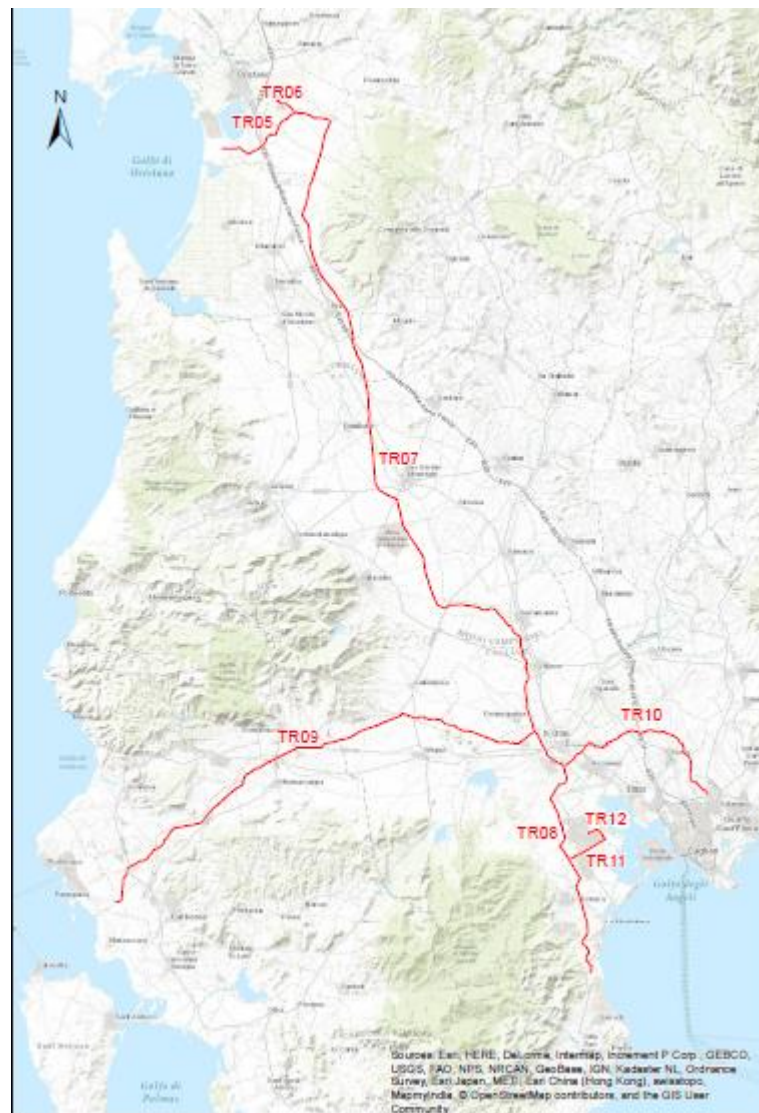
Sono complessivamente interessati 29 Comuni.

Il tracciato della condotta si estende per una lunghezza di circa 195 km ed è costituito dalle dorsali principali, dalle bretelle e dagli allacci. In particolare, il tracciato è suddiviso in 8 tronchi come descritti nella seguente Tabella 1.1 e rappresentati in Figura 1.1.

**Tabella 1.1: Articolazione del Progetto**

Sistema Trasporto Gas Naturale Sardegna Sezione Centro Sud				
Tronco	Denominazione	Partenza	Arrivo	Lunghezza (km)
TR05	Bretella Oristano	Santa Giusta	Palmas Arborea	13,4
TR06	Allacciamento Oristano	Palmas Arborea	Oristano	3,0
TR07	Dorsale Centro-Sud	Villaspeciosa	Palmas Arborea	71,8
TR08	Dorsale Sud	Sarroch	Villaspeciosa	28,6
TR09	Bretella Sulcis	Villaspeciosa	Carbonia	51,1
TR10	Allacciamento Cagliari Monserrato	Uta	Monserrato	20,6
TR11	Bretella Cagliari	Assemini (Macchiareddu)	Assemini (Macchiareddu)	4,2
TR12	Allacciamento Cagliari Macchiareddu	Assemini (Macchiareddu)	Assemini (Macchiareddu)	2,2

	<b>PROGETTISTA</b>  <small>consulting, design, operations &amp; maintenance engineering</small>	<b>COMMESSA</b> <b>5663</b>	<b>UNITÀ</b> <b>000</b>
	<b>LOCALITÀ</b> <b>REGIONE SARDEGNA</b>	<b>Doc. RT-0025</b>	
	<b>PROGETTO / IMPIANTO</b> <b>SISTEMA TRASPORTO GAS NATURALE</b> <b>SARDEGNA - SEZIONE CENTRO SUD</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>INDAGINI GEOFISICHE E GEOTECNICHE</b> <b>RELAZIONE TECNICA</b>	Pag. 4 di 22	<b>Rev.</b> <b>1</b>



**Figura 1.1: Localizzazione del Gasdotto a Progetto e Relativi Tronchi (TR)**

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> <b>5663</b>	<b>UNITÀ</b> <b>000</b>
	<b>LOCALITÀ</b> <b>REGIONE SARDEGNA</b>	<b>Doc. RT-0025</b>	
	<b>PROGETTO / IMPIANTO</b> <b>SISTEMA TRASPORTO GAS NATURALE</b> <b>SARDEGNA - SEZIONE CENTRO SUD</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>INDAGINI GEOFISICHE E GEOTECNICHE</b> <b>RELAZIONE TECNICA</b>	Pag. 5 di 22	<b>Rev.</b> <b>1</b>

Il progetto include:

- impianti di “entry point” per l'immissione in rete del gas naturale (Oristano, Sarroch, Portoscuso e Cagliari);
- impianti di derivazione per la successiva estensione della rete di trasporto;
- impianti di consegna per l'allacciamento alle reti cittadine di distribuzione (Monserrato, Oristano, Assemmini-Macchiareddu e Carbonia).

La presente Relazione Tecnica descrive le indagini geofisiche e geognostiche eseguite nell'ambito del progetto, in particolare:

- l'indagine geofisica di prospezione elettrica tomografica effettuata per le verifiche lungo il tracciato del metanodotto nella zona di potenziale pericolo di 'sink-hole' presso Villamassargia nella valle del Cixerri;
- la campagna geotecnica e l'indagine geofisica di prospezione sismica a rifrazione eseguita per la progettazione del metanodotto in corrispondenza di 3 attraversamenti di corsi idrici, linea ferroviaria e grande arteria stradale (SS. 130) mediante sistema TOC (Tabella 2.1).

**Tabella 1.2: Attraversamenti selezionati per le Indagini Geofisiche e Geotecniche**

<b>Attraversamento</b>	<b>Lunghezza (m)</b>
Dorsale Sud - Attraversamento RiuCixerri	550
Dorsale Sud - Attraversamento RiuMannu, Ferrovia Iglesias-Decimomannu-Cagliari, e SS 130	570
Allacciamento Cagliari Monserrato - Attraversamento FluminiMannu	600

L'indagine geofisica è stata eseguita dallo studio S.G.G. di Siena mentre la campagna geotecnica è stata svolta dalla ditta Tec.Am di Quartucciu (Cagliari). Tutte le operazioni dell'indagine sono state condotte sotto la supervisione di D'Appolonia.

Le localizzazioni e le risultanze dei profili geofisici e dei sondaggi geognostici sono allegati rispettivamente in Appendice A, B e C.

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> <b>5663</b>	<b>UNITÀ</b> <b>000</b>
	<b>LOCALITÀ</b> <b>REGIONE SARDEGNA</b>	<b>Doc. RT-0025</b>	
	<b>PROGETTO / IMPIANTO</b> <b>SISTEMA TRASPORTO GAS NATURALE</b> <b>SARDEGNA - SEZIONE CENTRO SUD</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>INDAGINI GEOFISICHE E GEOTECNICHE</b> <b>RELAZIONE TECNICA</b>	Pag. 6 di 22	<b>Rev.</b> <b>1</b>

## 2 INDAGINE DI PROSPEZIONE ELETTRICA TOMOGRAFICA PRESSO VILLAMASSARGIA

Per la verifica di potenziale pericolo di 'sink-hole' presso Villamassargia nella valle del Cixerri sono stati stati eseguiti tre profili di prospezione elettrica tomografica nelle date 14, 15 e 16 Gennaio 2017.

La prospezione elettrica è stata effettuata in un tratto del tracciato del tronco TR09 Bretella Sulcis – Da Villaspeciosa a Carbonia-Portoscuso presso Villamassargia.

In questo tratto il tracciato del metanodotto attraversa formazioni alluvionali diverse come la Formazione del Cixerri (CIX), i depositi alluvionali terrazzati olocenici e qualche passaggio sulle alluvioni attuali, rinvenibili in concomitanza delle incisioni del reticolo idrografico. La soggiacenza della falda freatica, di bassa portata, resta sempre di alcuni metri, circa 3 m, dal piano campagna.

Il tratto in esame interessa un settore dove il PAI – Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico segnala la presenza di fenomeni denominati 'sink-holes'. La fascia di maggiore pericolosità comprende infatti un settore che ha direzione all'incirca NO-SE-allungato da fino a Iglesias fino a Villamassargia.

I 'sink-holes' censiti nella Piana di Cixerri si manifestano in superficie con l'apertura di voragini di forma sub-circolare con diametri fino a 20m e profondità non superiori ai 15 metri. I sink-holes si sono manifestati con maggiore frequenza a partire dagli ultimi anni del 1990 (1997-1999), presumibilmente a causa di crollo di cavità ipogee carsiche all'interno di substrato carbonatico carsificato al di sotto di coperture alluvionali, anche di notevole spessore (20-40m), presumibilmente da raccordare anche a circolazioni puntuali e variazioni verticali (escursioni) dei livelli idrici di falda. Non possono tuttavia essere escluse concause antropiche, quali vibrazioni in corrispondenza di importanti strutture viarie o ferroviarie.

Questa zona del tracciato del metanodotto all'interno della fascia di pericolosità è stata oggetto nel 2009 di una indagine geognostica e geofisica, comprendente prospezioni di sismica e di geoelettrica tomografica, che non ha rilevato anomalie stratigrafiche da associare a condizioni di potenziali fenomenologie di 'sink-holes'.

La presente indagine elettrica tomografica, in corso di finalizzazione, è stata svolta allo scopo di verificare se le risultanze e le conclusioni circa l'assenza di fenomenologie di 'sink-holes' della campagna di indagine del 2009 siano condivisibili.

Le prospezione elettrica ha compreso i seguenti 3 profili:

- Il profilo P1 di 350m di lunghezza, eseguito dal km 31+850 al km 32+200 del tracciato del metanodotto in un'area pianeggiante a Nord Est dell'incrocio del tracciato del metanodotto con il corso del rio Cixerri;
- Il profilo P2 di 350m di lunghezza, eseguito dal km 33+450 al km 33+80, in area pianeggiante a Sud Ovest dell'incrocio del tracciato del metanodotto con il corso del rio Cixerri;



	<b>PROGETTISTA</b>  <small>consulting, design, operations &amp; maintenance engineering</small>	<b>COMMESSA</b> <b>5663</b>	<b>UNITÀ</b> <b>000</b>
	<b>LOCALITÀ</b> <b>REGIONE SARDEGNA</b>	<b>Doc. RT-0025</b>	
	<b>PROGETTO / IMPIANTO</b> <b>SISTEMA TRASPORTO GAS NATURALE</b> <b>SARDEGNA - SEZIONE CENTRO SUD</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>INDAGINI GEOFISICHE E GEOTECNICHE</b> <b>RELAZIONE TECNICA</b>	Pag. 7 di 22	<b>Rev.</b> <b>1</b>

- Il profilo P3 di 235m di lunghezza, dal km 32+765 al km 33+000, frapposto ai primi due profili presso un affioramento della formazione pleistocenica Cixerri, a Sud-Ovest dell'incrocio del tracciato con il corso del rio Cixerri.

La localizzazione dei profili elettrici è riportata sia nella figura in Appendice A che nella figura in Appendice B.

## 2.1 Metodologia di Investigazione

La prospezione elettrica tomografica è stata condotta con georesistimetro digitale Syscal R1 plus – IRIS Instruments 48 canali ed elettrodi spazati 5m, mediante metodo tomografico in configurazione dipolo-dipolo.



**Figura 2.1: Strumentazione Prospezione elettrica tomografica (Profilo 3)**

## 2.2 Risultati e Considerazioni geologico-tecniche

I risultati dei profili elettrici sono allegati in Appendice A, di seguito illustrati.

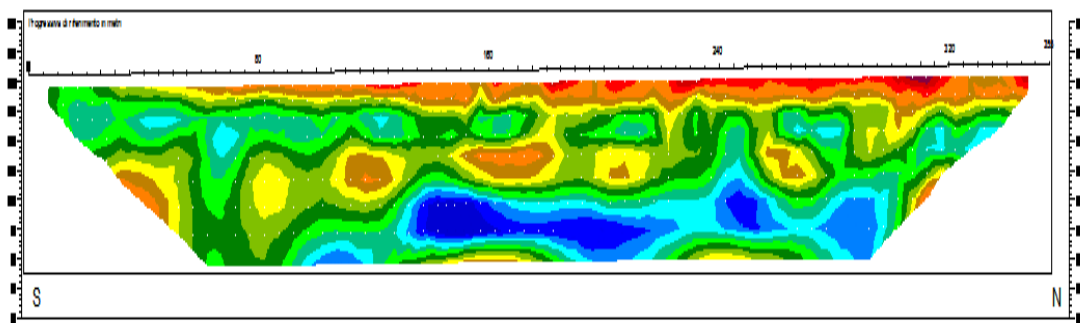
### Profilo elettrico P1

Dalla sezione elettrica tomografica (Figura 2.2), i terreni superficiali, primi 4-6 metri dal piano campagna (p.c.), sono caratterizzati da valori di resistività di circa 100 ohm $\cdot$ m da associare agli strati arenaceo-conglomeratici della formazione di Cixerri, localmente, ricoperti da depositi alluvionali olocenici. Al di sotto si osserva un elettrostrato intermedio associabile agli strati più marnoso-argillosi della formazione di Cixerri con andamento pressoché lineare, con valori di resistività compresi tra 20 e 70 ohm $\cdot$ m.

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> <b>5663</b>	<b>UNITÀ</b> <b>000</b>
	<b>LOCALITÀ</b> <b>REGIONE SARDEGNA</b>	<b>Doc. RT-0025</b>	
	<b>PROGETTO / IMPIANTO</b> <b>SISTEMA TRASPORTO GAS NATURALE</b> <b>SARDEGNA - SEZIONE CENTRO SUD</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>INDAGINI GEOFISICHE E GEOTECNICHE</b> <b>RELAZIONE TECNICA</b>	Pag. 8 di 22	<b>Rev.</b> <b>1</b>

Dalla progressiva 130 metri alla fine del profilo, la sezione tomografica evidenzia un elettrostrato medio conduttivo ad una profondità di circa 15 metri piano campagna associato a probabili litotipi più argillosi degli strati della formazione di Cabitza.

Non si evidenziano zone con valori elettrici attribuibili ad eventuali 'sink-hole'.

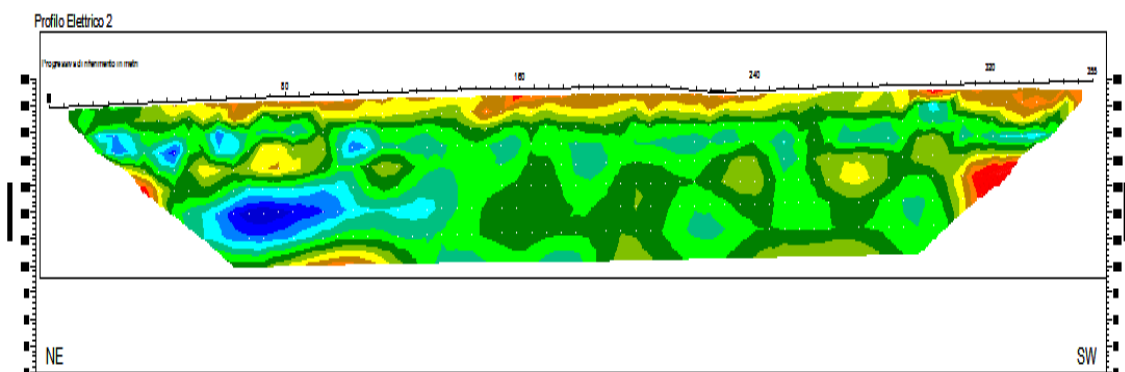


**Figura 2.2: Sezione elettrica P1**

### **Profilo elettrico P2**

La sezione elettrica tomografica (Figura 2.3) evidenzia un andamento delle resistività senza variazioni significative con valori compresi tra 20 e 50 ohm $\cdot$ m per gran parte della porzione di terreno investigato, associabile agli strati più marnoso-argillosi della formazione di Cixerri. Alla progressiva 80 metri ed ad una profondità di circa 17 metri si evidenzia una porzione di terreno con valori conduttivi associata a litotipi più argillosi.

Anche su questo profilo non si evidenziano anomalie specifiche riconducibili a potenziali 'sink-hole'.



**Figura 2.3: Sezione elettrica P2**

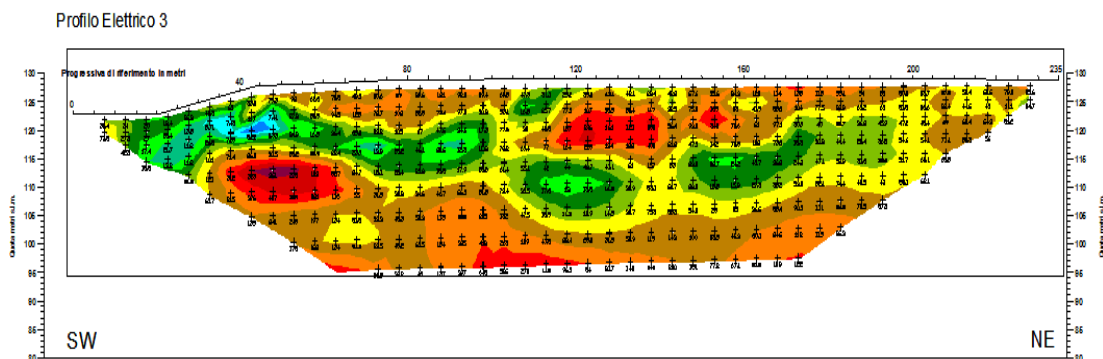
	<b>PROGETTISTA</b>  <small>consulting, design, operation &amp; maintenance engineering</small>	<b>COMMESSA</b> <b>5663</b>	<b>UNITÀ</b> <b>000</b>
	<b>LOCALITÀ</b> <b>REGIONE SARDEGNA</b>	<b>Doc. RT-0025</b>	
	<b>PROGETTO / IMPIANTO</b> <b>SISTEMA TRASPORTO GAS NATURALE</b> <b>SARDEGNA - SEZIONE CENTRO SUD</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>INDAGINI GEOFISICHE E GEOTECNICHE</b> <b>RELAZIONE TECNICA</b>	Pag. 9 di 22	<b>Rev.</b> <b>1</b>

### Profilo elettrico P3

La sezione elettrica tomografica di questo profilo (Figura 2.5) evidenzia nel suo insieme valori di resistività più alti rispetto ai precedenti. Anche in questo caso i terreni superficiali sono da associare alla componente arenaceo-conglomeratica della formazione di Cixerri, visibile in affioramento a Nord Ovest del tracciato (Figura 2.4).



**Figura 2.4: Affioramento Strato arenaceo presso Profilo 3**



**Figura 2.5: Sezione elettrica P1**

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> <b>5663</b>	<b>UNITÀ</b> <b>000</b>
	<b>LOCALITÀ</b> <b>REGIONE SARDEGNA</b>	<b>Doc. RT-0025</b>	
	<b>PROGETTO / IMPIANTO</b> <b>SISTEMA TRASPORTO GAS NATURALE</b> <b>SARDEGNA - SEZIONE CENTRO SUD</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>INDAGINI GEOFISICHE E GEOTECNICHE</b> <b>RELAZIONE TECNICA</b>	Pag. 10 di 22	<b>Rev.</b> <b>1</b>

Il profilo P3 è caratterizzato da un elettrostrato intermedio (strati più marnoso-argillosi della formazione di Cixerri), che nella parte a sud-ovest è in affioramento, con valori elettrici medio resistivi.

Inferiormente questi terreni sono caratterizzati da resistività più alte.

In particolare si evidenzia, ad una profondità di circa 17 metri ed in corrispondenza della progressiva 50 metri, una zona con alta resistività (361 ohmxm), legata ad un probabile strato arenaceo conglomeratico particolarmente fratturato e alterato che potrebbe far presupporre, data anche la sua forma, ad una possibile zona di innesco di 'sink-hole'.

Un'altra zona che potrebbe far presupporre ad un possibile fenomeno di 'sink-hole', è individuabile alla progressiva 120 metri ad una profondità di circa 10 metri piano campagna con valore di resistività di circa 250 ohmxm.

Al fine di escludere la possibilità che le due zone individuate possano rappresentare zone di innesco di sink – hole è stata programmata l'esecuzione di una campagna geognostica, indicativamente da effettuarsi nel mese di Giugno 2017, al termine del periodo di raccolta (i terreni sono attualmente seminati).

	<b>PROGETTISTA</b>  <small>consulting, design, operations &amp; maintenance engineering</small>	<b>COMMESSA</b> <b>5663</b>	<b>UNITÀ</b> <b>000</b>
	<b>LOCALITÀ</b> <b>REGIONE SARDEGNA</b>	<b>Doc. RT-0025</b>	
	<b>PROGETTO / IMPIANTO</b> <b>SISTEMA TRASPORTO GAS NATURALE</b> <b>SARDEGNA - SEZIONE CENTRO SUD</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>INDAGINI GEOFISICHE E GEOTECNICHE</b> <b>RELAZIONE TECNICA</b>	Pag. 11 di 22	<b>Rev.</b> <b>1</b>

### 3 **INDAGINE GEOTECNICA E PROSPEZIONE SISMICA A RIFRAZIONE PRESSO ATTRAVERSAMENTI PROGETTATI MEDIANTE SISTEMA T.O.C.**

La campagna geotecnica e la prospezione sismica a rifrazione, come detto, sono state eseguite per definire le condizioni stratigrafiche e geotecniche dei terreni interessati dai seguenti tre attraversamenti progettati mediante sistema TOC:

1. Nord di Uta (Dorsale Sud - Attraversamento RiuMannu, Ferrovia Iglesias-Decimomannu-Cagliari, e SS 130);
2. Est di Uta (Allacciamento Cagliari Monserrato - Attraversamento FluminiMannu);
3. Sud di Uta (Dorsale Sud - Attraversamento RiuCixerri).

I tre attraversamenti di RiuCixerri, RiuMannu e FluminiMannu localizzati in tre punti nell'intorno di UTA ricadono nella piana alluvionale del Campidano di Cagliari che è essenzialmente costituito da una serie di strati sabbioso–conglomeratici intercalati da strati limoso–argillosi, con potenze che in alcuni punti raggiungono i 60 metri. Nel settore in esame dove la falda si colloca mediamente fra i 2-3 metri sotto il piano di campagna nel periodo invernale e fra 3-4,5 metri nel periodo estivo, con escursioni che variano da 1 a 2 metri.

La campagna geotecnica ha compreso l'esecuzione di due sondaggi profondi 30 metri localizzati rispettivamente al centro dell'attraversamento 1 - Nord di Uta (Dorsale Sud - Attraversamento RiuMannu, Ferrovia Iglesias-Decimomannu-Cagliari, e SS 130) e dell'attraversamento 2 – Est di Uta (Allacciamento Cagliari Monserrato - Attraversamento FluminiMannu). La prospezione sismica svolta in tutti e tre gli attraversamenti ha consentito invece di interpretare, estendere e, nel caso dell'attraversamento 3-Sud di Uta, i dati stratigrafici e geotecnici derivati dai due sondaggi all'intera lunghezza di tutti e tre gli attraversamenti.

La localizzazione e i risultati dei profili sismici sono allegati in Appendice B mentre i risultati della campagna geotecnica sono inclusi in Appendice C.

#### 3.1 **Metodologie di Investigazione**

##### 3.1.1 **Campagna Geotecnica**

La campagna geotecnica ha compreso:

- due sondaggi a carotaggio continuo di profondità 30 m (Figura 3.1): uno in zona centrale dell'attraverso 1 (Nord di Uta) e uno in zona centrale dell'attraversamento 2 (Est di Uta);
- esecuzione per ogni sondaggio di prova SPT ad intervalli di 3 m di profondità per un totale di 17 prove;
- conservazione delle carote estratte di perforazione in cassette catalogatrici e stesura delle stratigrafie;

	<b>PROGETTISTA</b>  <small>consulting, design, operation &amp; maintenance engineering</small>	<b>COMMESSA</b> <b>5663</b>	<b>UNITÀ</b> <b>000</b>
	<b>LOCALITÀ</b> <b>REGIONE SARDEGNA</b>	<b>Doc. RT-0025</b>	
	<b>PROGETTO / IMPIANTO</b> <b>SISTEMA TRASPORTO GAS NATURALE</b> <b>SARDEGNA - SEZIONE CENTRO SUD</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>INDAGINI GEOFISICHE E GEOTECNICHE</b> <b>RELAZIONE TECNICA</b>	Pag. 12 di 22	<b>Rev.</b> <b>1</b>

- prelievo di campioni di terreno per prove di laboratorio ogni 5 m circa di avanzamento. Nel caso di impossibilità di recupero del campione indisturbato mediante fustella è stato prelevato un campione rimaneggiato. In totale sono stati recuperati 6 campioni indisturbati e 8 campioni rimaneggiati;
- raccolta, conservazione e spedizione al laboratorio geotecnico dei campioni indisturbati e rimaneggiati;
- prove di laboratorio su ciascun campione comprendenti: 14 prove granulometriche, 14 misure del peso di volume e contenuto d'acqua e 7 prove di taglio diretto.



**Figura 3.1: Indagine geognostica (sondaggio S1)**

La relazione della campagna geotecnica è allegata in Appendice C.

### 3.1.2 Prospezione Sismica

La localizzazione e le sezioni sismiche dei profili eseguiti sono allegati in Appendice B.

	<b>PROGETTISTA</b>  <small>consulting, design, operations &amp; maintenance engineering</small>	<b>COMMESSA</b> <b>5663</b>	<b>UNITÀ</b> <b>000</b>
	<b>LOCALITA'</b> <b>REGIONE SARDEGNA</b>	<b>Doc. RT-0025</b>	
	<b>PROGETTO / IMPIANTO</b> <b>SISTEMA TRASPORTO GAS NATURALE</b> <b>SARDEGNA - SEZIONE CENTRO SUD</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>INDAGINI GEOFISICHE E GEOTECNICHE</b> <b>RELAZIONE TECNICA</b>	Pag. 13 di 22	<b>Rev.</b> <b>1</b>



**Figura 3.2: Esempio Stesa Prospezione sismica (profilo P5)**

Il profilo sismico a rifrazione, impiegato per la determinazione della velocità delle onde di compressione P, è stata condotta mediante tecnica tomografica con sismografo 24 canali e interdistanza geofoni 5 m per 4 profili (Profili 4, 5, 7 e 8) e 3m per un profilo (profilo 6). Per ogni profilo di acquisizione, l'energizzazione con mazza è stata eseguita in 7 punti spazati 15m.

	<b>PROGETTISTA</b>  <small>consulting, design, operations &amp; maintenance engineering</small>	<b>COMMESSA</b> <b>5663</b>	<b>UNITÀ</b> <b>000</b>
	<b>LOCALITÀ</b> <b>REGIONE SARDEGNA</b>	<b>Doc. RT-0025</b>	
	<b>PROGETTO / IMPIANTO</b> <b>SISTEMA TRASPORTO GAS NATURALE</b> <b>SARDEGNA - SEZIONE CENTRO SUD</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>INDAGINI GEOFISICHE E GEOTECNICHE</b> <b>RELAZIONE TECNICA</b>	Pag. 14 di 22	<b>Rev.</b> <b>1</b>



**Figura 3.3: Esempio Energizzazione sismica (profilo P4)**

### **3.2 Risultati e Caratterizzazione geologico-tecnica**

Di seguito vengono presentati i risultati della indagine geognostica e geofisica per ciascuno dei tre attraversamenti progettati con metodologi T.O.C.

#### **3.2.1 Attraversamento 1- Nord di UTA (Dorsale Sud - Attraversamento Riu Mannu, Ferrovia Iglesias-Decimomannu-Cagliari, e SS 130)**

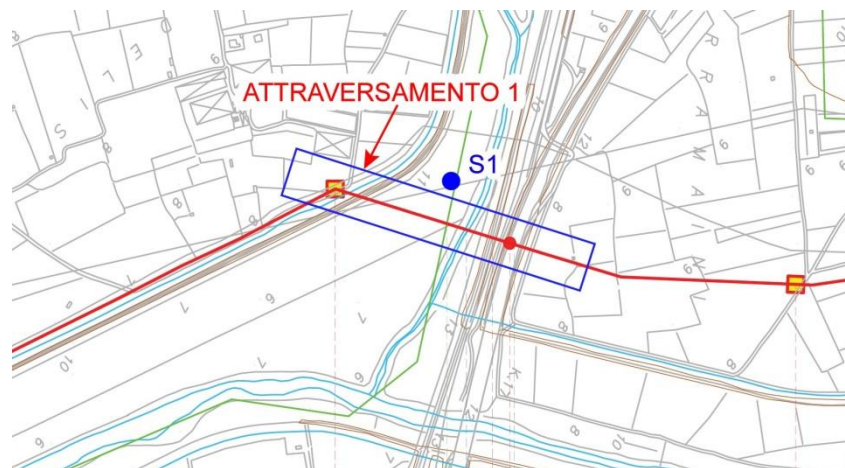
L'indagine ha compreso l'esecuzione di un sondaggio (S1) localizzato al centro della zona di attraversamento compreso tra l'argine e il Riu Mannu due profili di sismica a rifrazione posizionati rispettivamente tra l'argine sud e il Riu Mannu (profilo P4) e nella zona a Nord della statale SS190 (Profilo P6). La localizzazione e i risultati dei profili sismici sono allegati in Appendice B mentre i risultati della campagna geotecnica sono inclusi in Appendice C.

#### **Campagna geognostica**

Il sondaggio profondo 30m è stato effettuato nei giorni 21,22 e 23 Febbraio in corrispondenza della zona centrale dell'attraversamento (Fig.3.4).



	<b>PROGETTISTA</b>  <small>consulting, design, operations &amp; maintenance engineering</small>	<b>COMMESSA</b> <b>5663</b>	<b>UNITÀ</b> <b>000</b>
	<b>LOCALITÀ</b> <b>REGIONE SARDEGNA</b>	<b>Doc. RT-0025</b>	
	<b>PROGETTO / IMPIANTO</b> <b>SISTEMA TRASPORTO GAS NATURALE</b> <b>SARDEGNA - SEZIONE CENTRO SUD</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>INDAGINI GEOFISICHE E GEOTECNICHE</b> <b>RELAZIONE TECNICA</b>	Pag. 15 di 22	<b>Rev.</b> <b>1</b>



**Figura 3.4: Localizzazione sondaggio S1**

La perforazione è stata avanzata a carotaggio continuo con carotiere di diametro 101mm, con recupero integrale del terreno e posa dei tubi di rivestimento per il sostegno delle pareti del foro.

Il terreno estratto da tutti i carotaggi è essere riposto in idonee cassette catalogatrici in PVC. A completamento del sondaggio il foro è stato ritombato con il terreno di risulta del sondaggio e terreno naturale.

Durante il sondaggio sono state eseguite prove SPT ogni 3 metri (risultati prove SPT riportati nella relazione e stratigrafie allegata in Appendice C) e prelevato un campione di terreno ogni 5m circa per le seguenti prove di laboratorio: 7 prove granulometriche, 7 misure del peso di volume e contenuto d'acqua e 1 prova di taglio diretto (certificati delle prove di laboratorio allegati in Appendice C).

Il sondaggio ha evidenziato l'attraversamento di diversi strati di terreno alluvionale, che possono essere così sinteticamente definiti (la stratigrafia completa è inclusa nell'Appendice C):

- da 0 a 4.85m: argilla limosa mediamente consistente grigio marrone scuro;
- da 4.85 a 6.0m: limo sabbioso poco consistente psante a sabbia limosa poco addensata e ad argilla debolmente consistente;
- da 6.0 a 10.0m: ghiaia sabbiosa con ciottoli da sciolta a densità medio bassa grigio marrone scuro;
- da 10.0 a 12m: sabbia con ghiaia con densità passante da medio bassa a medio alta color marronerossastro chiaro;
- da 12.0 a 17.6m: ghiaia sabbiosa con ciottoli a densità media color marrone chiaro;
- da 17.6 a 21m: sabbia con ghiaia con densità alta color marrone rossastro chiaro;
- da 21.7 a 24.7: ghiaia sabbiosa con ciottoli a densità elevata;

	<b>PROGETTISTA</b>  <small>consulting, design, operations &amp; maintenance engineering</small>	<b>COMMESSA</b> <b>5663</b>	<b>UNITÀ</b> <b>000</b>
	<b>LOCALITÀ</b> <b>REGIONE SARDEGNA</b>	<b>Doc. RT-0025</b>	
	<b>PROGETTO / IMPIANTO</b> <b>SISTEMA TRASPORTO GAS NATURALE</b> <b>SARDEGNA - SEZIONE CENTRO SUD</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>INDAGINI GEOFISICHE E GEOTECNICHE</b> <b>RELAZIONE TECNICA</b>	Pag. 16 di 22	<b>Rev.</b> <b>1</b>

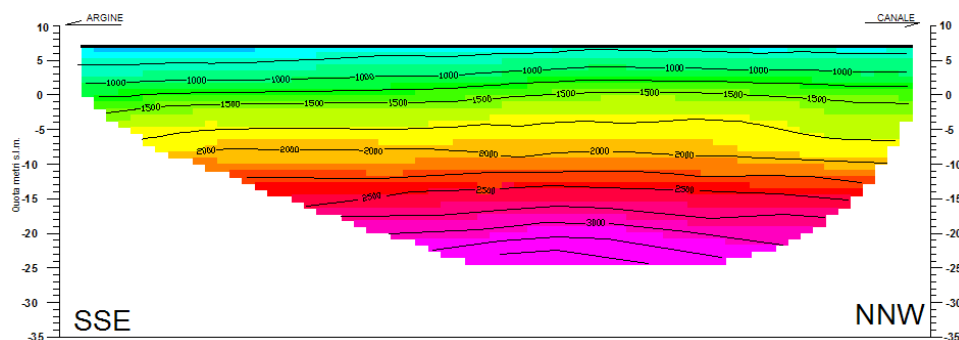
- Da 24.7 a 30m sabbia media sciolta per presenza di falda confinata color marrone chiaro.

Durante il sondaggio, è stato misurato un livello di falda a 2.2 m dal piano campagna, mentre, come da descrizione sintetica soprariportata, è stata rilevata una falda confinata a 24.7 metri di profondità.

#### **Profilo sismico P4**

La sezione sismica (Figura 3.5) evidenzia una sostanziale omogeneità nella distribuzione delle velocità sismiche in profondità con un andamento pressoché lineare. I terreni degli strati alluvionali superficiali presentano velocità comprese tra 750 e 1.500 m/sec e spessore uniforme. Inferiormente le velocità aumentano senza variazioni significative fino ad una profondità di circa 20 m piano campagna, quota alla quale, in corrispondenza della velocità di 2500 m/sec è possibile ipotizzare un passaggio litologico degli strati alluvionali. Con riferimento al sondaggio effettuato circa al centro di questa sezione, questi strati alluvionali superficiali con velocità tra 750 e 2000 m/sec sono associabili ai terreni prevalentemente sabbiosi con ghiaia da sciolti a mediamente addensati riscontrati dalla superficie fino alla profondità di 17.6m. A questa quota la densità delle sabbie aumenta drasticamente fino a 24,7 giustificando l'elevato valore delle velocità sottostanti (oltre 3000 m/sec).

Sempre con riferimento al sondaggio, va detto che queste velocità elevate profonde fanno riferimento al solo strato fortemente addensate riscontrate tra 17.6m e 24,7m. Lo strato sabbioso sciolto incontrato al di sotto di 25,4m essendo caratterizzato da velocità sismiche più basse non è visibile nella sezione sismica, in quanto nella tecnica utilizzata della sismica a rifrazione le velocità sismiche 'rilevabili' devono sempre essere crescenti nel percorso del raggio sismico dalla superficie verso il profondo. In altre parole, lo strato di sabbie sciolte a bassa velocità sismica è 'oscurato' dal soprastante strato molto addensato a velocità maggiore.



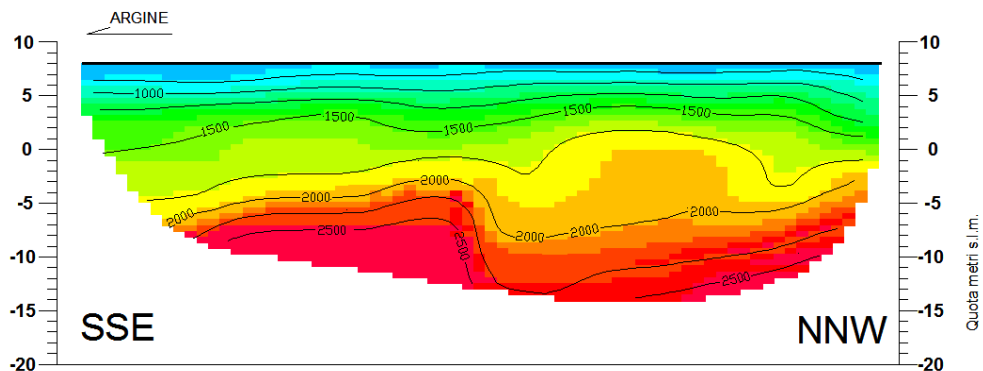
**Figura 3.5: Sezione sismica P4**

#### **Profilo sismico P6**

Anche in questa sezione sismica (Figura 3.6) gli strati alluvionali superficiali mostrano velocità sismiche comprese tra 700 e 1.500 m/sec. Inferiormente l'interpretazione

	<b>PROGETTISTA</b>  <small>consulting, design, operations &amp; maintenance engineering</small>	<b>COMMESSA</b> <b>5663</b>	<b>UNITÀ</b> <b>000</b>
	<b>LOCALITÀ</b> <b>REGIONE SARDEGNA</b>	<b>Doc. RT-0025</b>	
	<b>PROGETTO / IMPIANTO</b> <b>SISTEMA TRASPORTO GAS NATURALE</b> <b>SARDEGNA - SEZIONE CENTRO SUD</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>INDAGINI GEOFISICHE E GEOTECNICHE</b> <b>RELAZIONE TECNICA</b>	Pag. 17 di 22	<b>Rev.</b> <b>1</b>

evidenza, dal punto di scoppio 5 al punto di scoppio 9, un evidente aumento di spessore dei litotipi intermedi con velocità comprese tra 1.500 e 2.500 m/sec.



**Figura 3.6: Sezione sismica P6**

Con riferimento al sondaggio effettuato per questo attraversamento, questi strati alluvionali superficiali con velocità tra 750 e 2500 m/sec sono associabili ai terreni prevalentemente sabbiosi con ghiaia da sciolti a mediamente addensati riscontrati dalla superficie fino alla profondità di 17.6m.

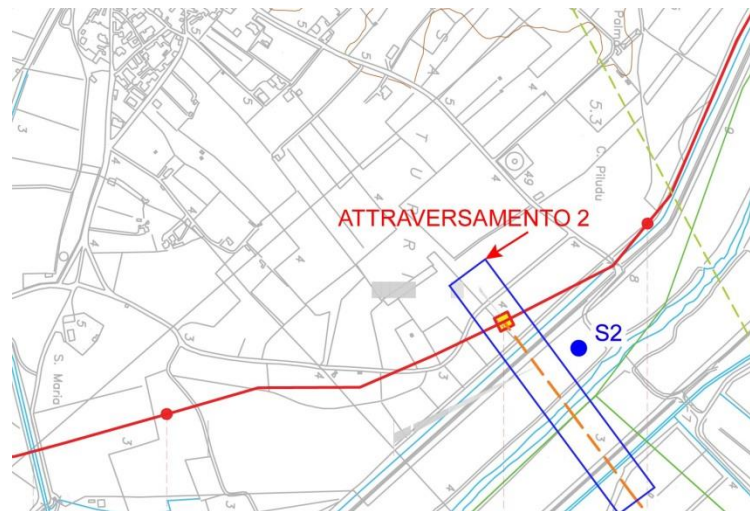
### 3.2.2 Attraversamento 2- Est di Uta (Allacciamento Cagliari Monserrato- Attraversamento Flumini Mannu)

L'indagine ha compreso l'esecuzione di un sondaggio (S2) localizzato al centro della zona di attraversamento compreso tra l'argine e il Riu Mannu due profili di sismica a rifrazione posizionati rispettivamente tra l'argine ovest e il Riu Mannu (profilo P7) e il Riu Mannu e l'argine est del rio (profilo P8). La localizzazione e i risultati dei profili sismici sono allegati in Appendice B mentre i risultati della campagna geotecnica sono inclusi in Appendice C.

#### **Campagna geognostica**

Il sondaggio profondo 30m è stato effettuato nei giorni 23, 24 e 27 Febbraio in corrispondenza della zona centrale dell'attraversamento (Figura 3.7)

	<b>PROGETTISTA</b>  <small>consulting, design, operations &amp; maintenance engineering</small>	<b>COMMESSA</b> <b>5663</b>	<b>UNITÀ</b> <b>000</b>
	<b>LOCALITÀ</b> <b>REGIONE SARDEGNA</b>	<b>Doc. RT-0025</b>	
	<b>PROGETTO / IMPIANTO</b> <b>SISTEMA TRASPORTO GAS NATURALE</b> <b>SARDEGNA - SEZIONE CENTRO SUD</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>INDAGINI GEOFISICHE E GEOTECNICHE</b> <b>RELAZIONE TECNICA</b>	Pag. 18 di 22	<b>Rev.</b> <b>1</b>



**Figura 3.7: Localizzazione Sondaggio S2**

La perforazione è stata avanzata a carotaggio continuo con carotiere di diametro 101mm, con recupero integrale del terreno e posa dei tubi di rivestimento per il sostegno delle pareti del foro.

Il terreno estratto da tutti i carotaggi è essere riposto in idonee cassette catalogatrici in PVC. A completamento del sondaggio il foro è stato ritombato con il terreno di risulta del sondaggio e terreno naturale.

Durante il sondaggio sono state eseguite prove SPT ogni 3 metri (risultati prove SPT riportati nella stratigrafia allegata in Appendice C) e prelevato un campione di terreno ogni 5m circa per le prove di laboratorio: 7 prove granulometriche, 7 misure del peso di volume e contenuto d'acqua e 6 prove di taglio diretto (certificati delle prove di laboratorio allegati in Appendice C).

Il sondaggio ha evidenziato l'attraversamento di diversi strati di terreno alluvionale, che possono essere così sinteticamente definiti (la stratigrafia completa è inclusa nell'Appendice C):

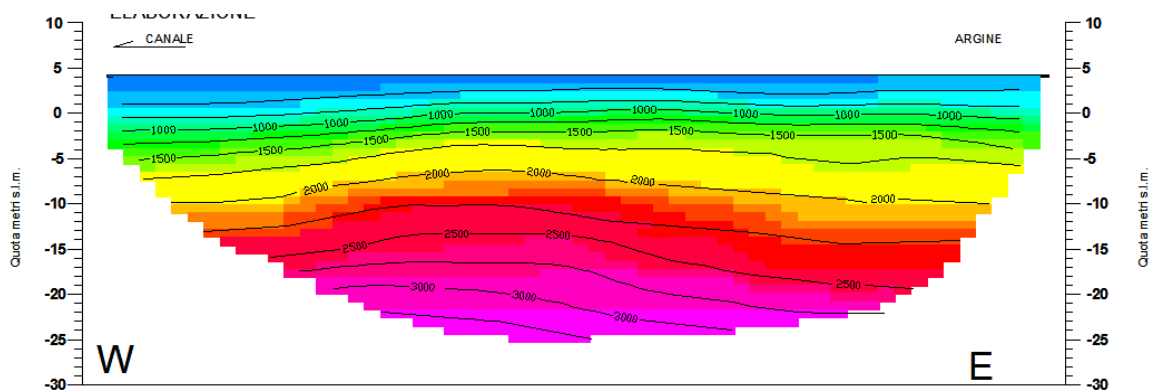
- da 0 a 6.2m: alternanze di argille, argille limose e sabbie limose da poco a mediamente consistenti color marrone verdastro;
- da 6.2 a 10.0 m: ghiaia e sabbia con ciottoli poco addensata colore marrone;
- da 10.0 a 13.7m: ghiaia e ciottoli in matrice sabbiosa sabbiosi e ciottoli da poco a mediamente addensati color marrone scuro;
- da 13.7 a 20.9m: strati di limo e di argilla con ciottoli mediamente consistenti color marrone grigiastro;
- da 20.9 a 22.5m: argilla sabbiosa mediamente consistente color grigio;
- Da 22.5 a 23.4m: limo consistente color grigio scuro;
- Da 23.4 a 26.4m: argilla limosa consistente color grigio rossastra;

	<b>PROGETTISTA</b>  <small>consulting, design, operations &amp; maintenance engineering</small>	<b>COMMESSA</b> <b>5663</b>	<b>UNITÀ</b> <b>000</b>
	<b>LOCALITÀ</b> <b>REGIONE SARDEGNA</b>	<b>Doc. RT-0025</b>	
	<b>PROGETTO / IMPIANTO</b> <b>SISTEMA TRASPORTO GAS NATURALE</b> <b>SARDEGNA - SEZIONE CENTRO SUD</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>INDAGINI GEOFISICHE E GEOTECNICHE</b> <b>RELAZIONE TECNICA</b>	Pag. 19 di 22	<b>Rev.</b> <b>1</b>

- Da 26.4 a 30m: ghiaia e ciottoli con sabbia e argilla molto addensate color marrone. Durante il sondaggio, è stato misurato un livello di falda a 2.3 m dal piano campagna.

### **Profilo sismico P7**

La sezione sismica di questo profilo (Figura 3.8) è simile alle precedenti sezioni sismiche. Gli strati alluvionali superficiali presentano velocità comprese tra 500 e 1.500 m/sec con spessore pressoché omogeneo su tutta la lunghezza del profilo. Inferiormente le velocità aumentano senza variazioni significative con velocità comprese tra 1.500 e 2.500 m/sec fino ad una profondità di circa 18 m piano campagna. Al di sotto i valori sismici delle velocità raggiungono un massimo di 3.250 m/sec.



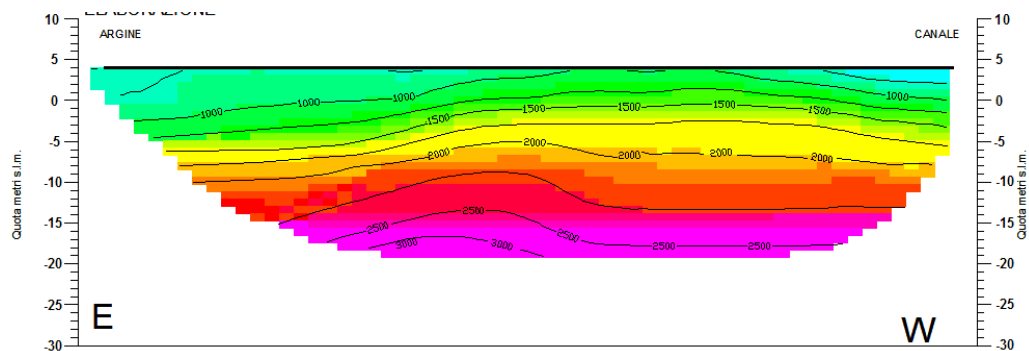
**Figura 3.8: Sezione sismica P7**

Con riferimento al sondaggio S2 effettuato circa al centro di questa sezione, questi strati alluvionali superficiali con velocità tra 750 e 1500 m/sec sono associabili ai terreni prevalentemente limosi sabbiosi da sciolti a mediamente addensati riscontrati dalla superficie fino alla profondità di 6.2m. Le velocità in aumento comprese tra 1.500 e 2500 m/sec è associabile all'aumento dell'addensamento e consistenza della successione alluvionale di strati prima ghiaiosi sabbuosi e poi limosi e argillosi tra 6.2m a 26.4m di profondità, mentre le velocità elevate sottostanti, oltre 2500 m/sec, sono ascrivibili alle ghiaie e ciottoli molto addensati dello strato incontrato da 26.4m a fine sondaggio.

### **Profilo sismico P8**

Anche questa sezione sismica lungo l'attraversamento 3 (Figura 3.9) evidenzia velocità dei terreni superficiali comprese tra 750 e 1.500 m/sec con spessore maggiore nella parte est del profilo. Inferiormente le velocità aumentano con un gradiente sismico senza variazioni significative con velocità sismiche massime di circa 3.000 m/sec.

	<b>PROGETTISTA</b>  <small>consulting, design, operations &amp; maintenance engineering</small>	<b>COMMESSA</b> <b>5663</b>	<b>UNITÀ</b> <b>000</b>
	<b>LOCALITÀ</b> <b>REGIONE SARDEGNA</b>	<b>Doc. RT-0025</b>	
	<b>PROGETTO / IMPIANTO</b> <b>SISTEMA TRASPORTO GAS NATURALE</b> <b>SARDEGNA - SEZIONE CENTRO SUD</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>INDAGINI GEOFISICHE E GEOTECNICHE</b> <b>RELAZIONE TECNICA</b>	Pag. 20 di 22	<b>Rev.</b> <b>1</b>



**Figura 3.9: Sezione sismica P8**

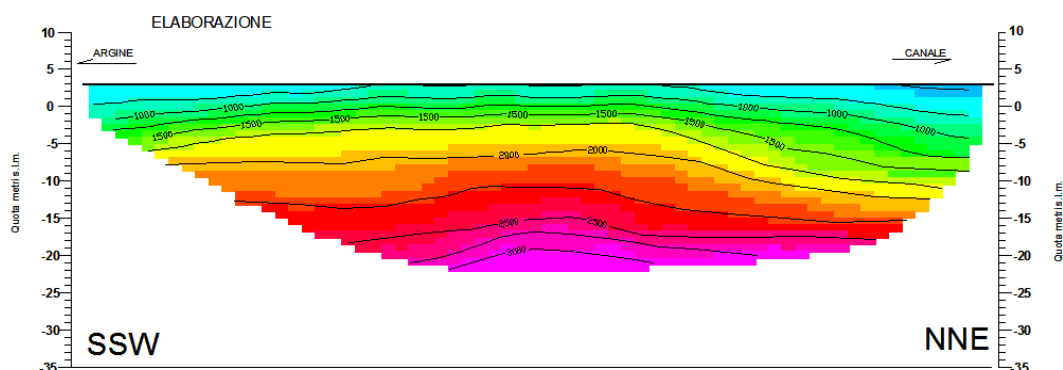
Le caratteristiche stratigrafiche e litologiche associabili a questa sezione sismica sono le stesse esposte per la sezione P7.

### 3.2.3 Attraversamento 3- Sud di Uta (Attraversamento Riu Cixerri)

L'indagine ha compreso solo l'esecuzione di un profilo di sismica a rifrazione posizionato rispettivamente tra l'argine nord e il Riu Cixerri. Per gli aspetti stratigrafici si fa riferimento alle risultanze dei sondaggi effettuati in corrispondenza degli altri due attraversamenti presso Uta. La localizzazione e i risultati dei profili sismici sono allegati in Appendice B mentre i risultati della campagna geotecnica sono inclusi in Appendice C.

#### **Profilo sismico P5**

Questo profilo (Figura 3.10) presenta un deposito di strati alluvionali superficiali con velocità sismiche comprese tra 750 e 1.500 m/sec con spessore che aumenta procedendo verso la parte nord del profilo. Inferiormente le velocità aumentano in maniera uniforme fino ad un massimo di circa 3.000 m/sec nella parte più profonda.



**Figura 3.10: Sezione sismica P5**

Con particolare riferimento al sondaggio S2 effettuato in corrispondenza dell'attraversamento 2 gli strati superficiali con velocità tra 750 e 1500 m/sec sono associabili ai terreni alluvionali prevalentemente da sciolti a mediamente addensati

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> <b>5663</b>	<b>UNITÀ</b> <b>000</b>
	<b>LOCALITÀ</b> <b>REGIONE SARDEGNA</b>	<b>Doc. RT-0025</b>	
	<b>PROGETTO / IMPIANTO</b> <b>SISTEMA TRASPORTO GAS NATURALE</b> <b>SARDEGNA - SEZIONE CENTRO SUD</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>INDAGINI GEOFISICHE E GEOTECNICHE</b> <b>RELAZIONE TECNICA</b>	Pag. 21 di 22	<b>Rev.</b> <b>1</b>

riscontrati dalla superficie fino alla profondità di 6-7m. Le velocità in aumento comprese tra 1.500 e 3000 m/sec sono associabili all'aumentodelle condizioni di addensamento e consistenza degli strati alluvionali compresi tra 6-7m e 25m di profondità.

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> <b>5663</b>	<b>UNITÀ</b> <b>000</b>
	<b>LOCALITÀ</b> <b>REGIONE SARDEGNA</b>	<b>Doc. RT-0025</b>	
	<b>PROGETTO / IMPIANTO</b> <b>SISTEMA TRASPORTO GAS NATURALE</b> <b>SARDEGNA - SEZIONE CENTRO SUD</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>INDAGINI GEOFISICHE E GEOTECNICHE</b> <b>RELAZIONE TECNICA</b>	Pag. 22 di 22	<b>Rev.</b> <b>1</b>

#### 4 CONCLUSIONI

Le indagini geofisiche e geognostiche eseguite nell'ambito del progettolungo il tracciato del metanodotto nella zona di potenziale pericolo di 'sink-hole' presso Villamassargia nella valle del Cixerri e per la progettazione del metanodotto in corrispondenza di No. 3 attraversamenti di corsi idrici, linea ferroviaria e grande arteria stradale (SS. 130) mediante sistema TOC hanno evidenziato quanto segue:

- nella zona di potenziale pericolo di 'sink-hole' presso Villamassargia nella valle del Cixerri un profilo (profilo n. 3) della prospezione elettrica tomografica ha localizzato due punti, rispettivamente ad una profondità di circa 17 metri e 10 metri, caratterizzati da alta resistività, legati alla probabile presenza di uno strato arenaceo conglomeratico particolarmente fratturato e alterato che potrebbe far presupporre ad una possibile zona di innesco di 'sink-hole'. Al fine di escludere la possibilità che le due zone individuate possano rappresentare zone di innesco di sink – hole è stata programmata l'esecuzione di una campagna geognostica, indicativamente da effettuarsi nel mese di Giugno 2017, al termine del periodo di raccolta (i terreni sono attualmente seminati);
- la campagna geotecnica e l'indagine geofisica di propezione sismica a rifrazione eseguita per la progettazione del metanodotto in corrispondenza di 3 attraversamenti di corsi idrici presso UTA mediante sistema TOC hanno definito una stratigrafia rappresentata da una successione alluvionale di alternanze di sabbie, limi e ghiaie ciottolosi argillosi con condizioni di addensamento e consistenza crescenti con la profondità.