ANAS S.p.A.

DIREZIONE REGIONALE PER LA SICILIA

PA 12/09

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO - NORD EUROPA
ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA - A19
S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE"
AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001
Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19

VARIANTE TECNICA N°4

ai sensi dell'art. 176, comma 5, secondo periodo lettera "a" e lettera "b", del D.Lgs. N. 163/2006 e Art. 11 del CSA-NG

CONTRAENTE GENERALE

Empedocle 2 s.c.p.a

DIRETTORE DEI LAVORI
Ing. CARLO DAMIANI

OPERE D'ARTE MAGGIORI
GALLERIE NATURALI
GALLERIA NATURALE CALTANISSETTA

Relazione Geologica

Empedocle 2 s.c.p.a

Codice Unico Progetto (CUP) : F91B09000070001

Codice Elaborato: 3569-03

PA12_09 - V	1	2	5	G	N	2	0	4	G	N	0	2	Z	R	D	5	0	2	C	Scala: --------

REV.	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO	AUTORIZZATO
F						
E						
D						
C	Aprile 2021	AGGIORNAMENTO CARTIGLIO			A. ANTONELLI	A.FINAMORE
B	Marzo 2019	Emissione a seguito nota DL nr.003/CD/19 del 05.02.2019			A. ANTONELLI	P. PAGLINI
A	Dicembre 2018	EMISSIONE			A. ANTONELLI	P. PAGLINI

Il Progettista:	Il Consulente Specialista:	Il Geologo:	Il Coordinatore per la sicurezza:	Il Direttore dei Lavori:
ORDINE DEGLI INGEGNERI DELLA PROVINCIA DI PRATO DOTT. ING. ALBERTO ANTONELLI N° 308		ORDINE REGIONALE DEI GEOLOGI DI SICILIA Dott. Geol. ENRICO CURCURUTO n. 966	ORDINE DEGLI INGEGNERI PROVINCIA DI BARI INGEGNERE MARCO PELLEGRINI Sez. A - 4148 a) CIVILE AMBIENTALE b) INDUSTRIALE c) dell' INFORMAZIONE	ORDINE DEGLI INGEGNERI DELLA PROVINCIA DELL'AQUILA INGEGNERE CARLO DAMIANI ISCRITTO ALL'ALBO COL N. 344

Responsabile del procedimento: Ing. LUIGI MUPO

ANAS S.p.A.

DIREZIONE CENTRALE PROGRAMMAZIONE PROGETTAZIONE

PA 12/09

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO - NORD EUROPA

ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA - A19

S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE"

AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001

Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19

Contraente Generale: Empedocle 2 s.c.p.a

OPERE D'ARTE MAGGIORI
GALLERIE NATURALI
GALLERIA NATURALE CALTANISSETTA

VARIANTE BY PASS PEDONALI E CARRABILI

RELAZIONE GEOLOGICA

Dr.Geologo
Enrico Curcuruto

ORDINE REGIONALE DEI GEOLOGI DI SICILIA
Dott. Geol. ENRICO CURCURUTO N. 966

STUDIO GEOLOGIA TECNICA CURCURUTO- VIA LOMBARDIA, 5 – CALTANISSETTA- TEL-FAX 0934/ 55.26.49 – EMAIL :GEOCURCURUTO @ GMAIL.COM

1.- PREMESSA

Su incarico del Consorzio Empedocle 2 S.c.p.a con sede legale a Ravenna in Via Trieste 76 Partita IVA 02379310390, lo scrivente dr. geologo Enrico Paolo Curcuruto, iscritto all'Albo Regionale dei Geologi di Sicilia al n° 966, ha redatto la presente relazione descrittiva delle indagini geognostiche effettuate nel mese di Gennaio 2018 di supporto alla progettazione di variante dei bypass pedonali e carrabili, nell'ambito del progetto esecutivo "CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA - ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 - S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" - AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 - dal km 44+000 allo svincolo con l'A19".

Le peculiari condizioni geologiche e geotecniche riscontrate durante lo scavo della galleria naturale "Caltanissetta" hanno reso necessario infatti un approfondimento sulle fattibilità tecnica dei by-pass di interconnessione tra le due canne della galleria stradale.

In particolare l'analisi geologica-geotecnica eseguita si è resa necessaria alla luce dell'inconsueto ed anomalo comportamento deformativo del terreno attraversato dalle due canne della galleria, non sperimentato né conosciuto in precedenza in considerazione alla notevole profondità della galleria (circa 100-120 m) ed agli effetti negativi indotti (subsidenze).

Nello specifico, il comportamento in superficie, registrato grazie all'implementazione dell'esteso sistema di monitoraggio geotecnico definito in fase di PE ed integrato successivamente durante la realizzazione delle due canne, si può considerare del tutto inatteso a livello di previsione; lo stesso vale anche per le deformazioni del terreno in profondità davanti al fronte di scavo che sono caratterizzate da un andamento deformazioni-distanza dal fronte non contemplato da equazioni scientifiche o empiriche (esperienze/dati di altri progetti) riportate in letteratura.

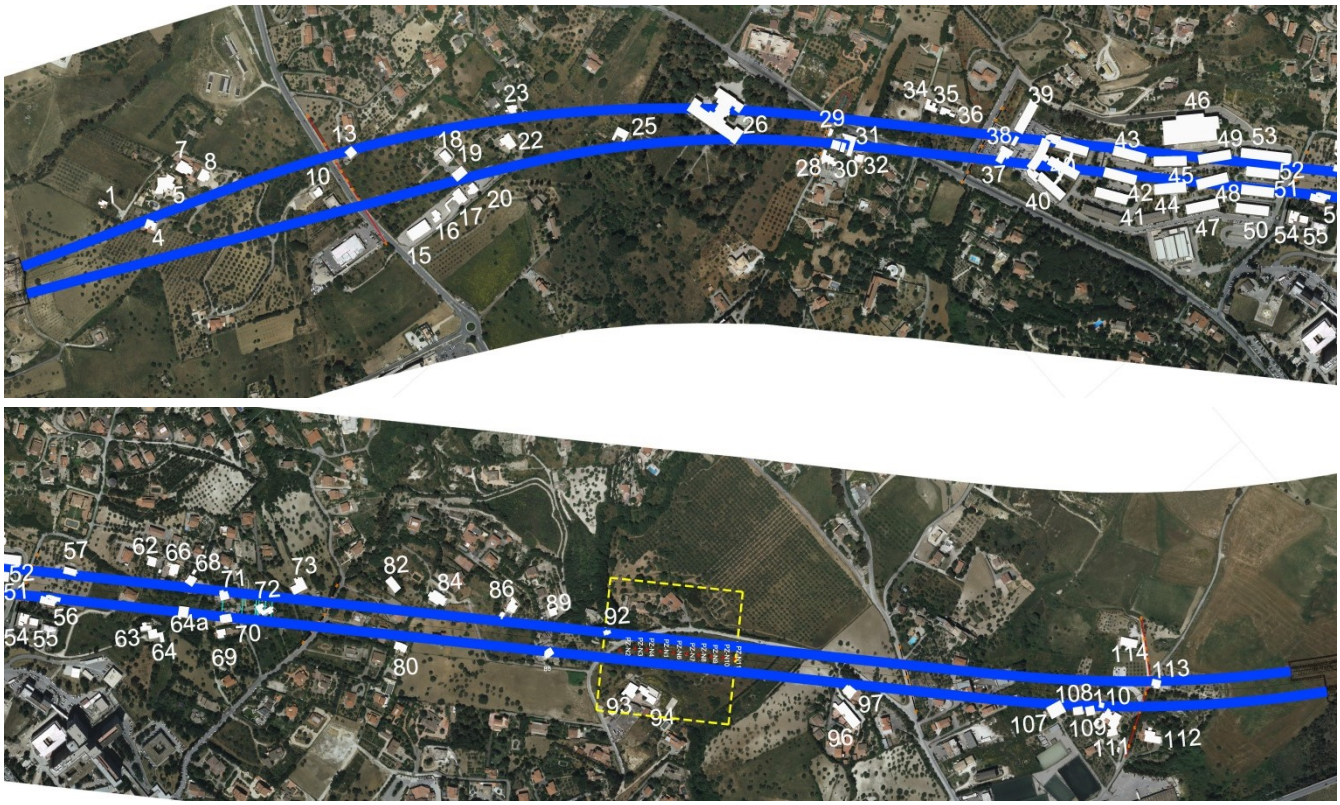
Nello specifico si fa riferimento a due fenomeni, tra di loro collegati:

- cedimenti in superficie molto importanti e non compatibili né con l'elevata profondità dello scavo, né tantomeno con la tecnologia di scavo utilizzata: EPB scudata, in grado di fornire una contropressione al fronte e con lo scavo rivestito in tempi molto brevi con anelli in conci prefabbricati di rigidezza elevata;
- deformazioni del fronte di tipo estrusivo già riscontrate a distanze maggiori di circa 5 diametri oltre al fronte di scavo, comportamento del tutto sconosciuto ed incontrollabile con le tecniche attualmente disponibili.

Ad oggi, con le due canne completate, il complesso terreno-rivestimento, come dimostrato dai dati di monitoraggio, ha raggiunto l'equilibrio tensionale e deformativo. Certamente la realizzazione dei by-pass, che peraltro vanno scavati in un terreno che ha subito la sovrapposizione degli effetti dello scavo sia della prima che della seconda canna, andrà a perturbare questo equilibrio, comportando variazioni sullo stato tensionale al contorno delle due canne e quindi un aumento delle deformazioni in superficie ed una variazione nello stato tensionale del rivestimento definitivo di entrambe.
Andava quindi valutato un riposizionamento dei ByPass che tenesse conto delle aree caratterizzate da maggiore criticità riguardo ai cedimenti rilevati.

DATI DEL MONITORAGGIO IN SUPERFICIE

Il tracciato della galleria naturale sottoattravversa il centro urbano della città di Caltanissetta per circa il 70-80% del suo intero sviluppo longitudinale.
Considerata l'elevata connotazione antropica dell'area da sottoattraversare, sin dalle iniziali fasi di scavo si è provveduto all'implementazione di un sistema di monitoraggio di superficie, con target di misura fissati sia sugli edfici che direttamente sul terreno (*stendimenti di subsidenza*). Lo scopo di tale piano di monitoraggio è stato quello di fornire informazioni utili sulle evoluzioni deformative indotte, con il fine ultimo di permette una progressiva acquisizione di una sempre maggiore conoscenza del territorio e della risposta deformativa delle diverse litologie allo scavo.
Il piano di monitoraggio previsto in progetto per le preesistenze, predisponeva il controllo di tutti gli edifici le cui impronte si trovano entro una distanza di circa 100m dall'asse tra le due canne. Sebbene tale distanza costituisse già una misura conservativa per la valutazione dei fenomeni indotti, al fine di procedere con lo scavo in avanzamento con il maggior numero di informazioni possibile sulla superficie, in via prudenziale, si è provveduto in corso d'opera a estendere ulteriormente il raggio di monitoraggio a circa 150-200m.
Anche il posizionamento previsto per gli stendimenti di subsidenza ha subito variazioni rispetto al piano di monitoraggio di progetto.
Anziché concentrare il monitoraggio sulle zone di imbocco, così come previsto dal PVT, gli stendimenti sono stati infatti distribuiti con una maggiore omogeneità lungo il tracciato della galleria naturale.
Con tale distribuzione, infatti, si è riusciti ad analizzare il dato topografico con una maggiore ridondanza e ciò ha permesso di comprendere con un migliore livello di dettaglio le evoluzioni deformative in atto.



stralcio planimetrico con ubicazione degli edifici monitorati (evidenziati in bianco)

stralcio planimetrico con ubicazione degli stendimenti di subsidenza (rosso)

Gli stendimenti di misurazione topografica, sono stati installati alle seguenti progressive:

- Sez. S_05 pk 13+500 ca
- Sez. S_A pk 14+200 ca
- Sez. S_B pk 14+428 ca
- Sez. S_C pk 14+909 ca
- Sez. S_D pk 15+354 ca
- Sez. S_E pk 16+253 ca
- Sez. S_07 pk 16+660 ca

In modo analogo con quanto fatto con il monitoraggio degli edifici, i punti terreno sono stati rilevati con una frequenza congruente con le fasi di avanzamento/allontamento del fronte. Nello specifico si è seguito lo stesso criterio di infittimento e progressiva riduzione adottata per le letture sulle preesistenze. Successive letture integrative sono state talora effettuate in quei casi dove il fenomeno deformativo suggeriva una non completa dissipazione del disturbo indotto, nonostante il fronte si trovasse ormai a grande distanza.

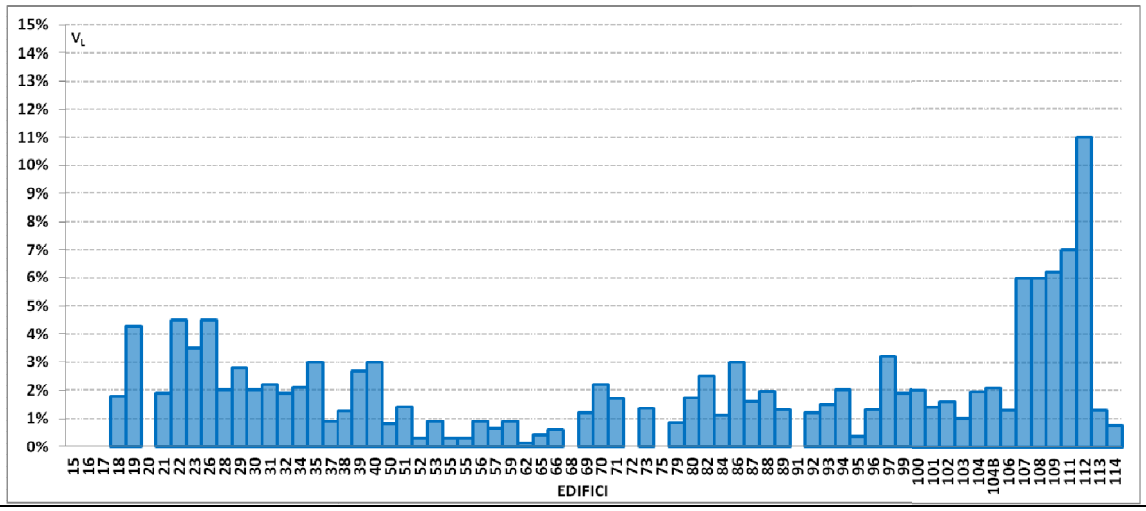
Il primo dato che si vuole mostrare, è quello relativo alla distribuzione lungo l'asse della galleria naturale, dei diversi valori di volume perso.

Il volume perso rappresenta il parametro caratteristico con cui è possibile rappresentare e valutare la curva di subsidenza; esso rappresenta la diminuzione del volume rispetto al teorico che si ottiene a seguito dello scavo per effetto della deformazione radiale del cavo.

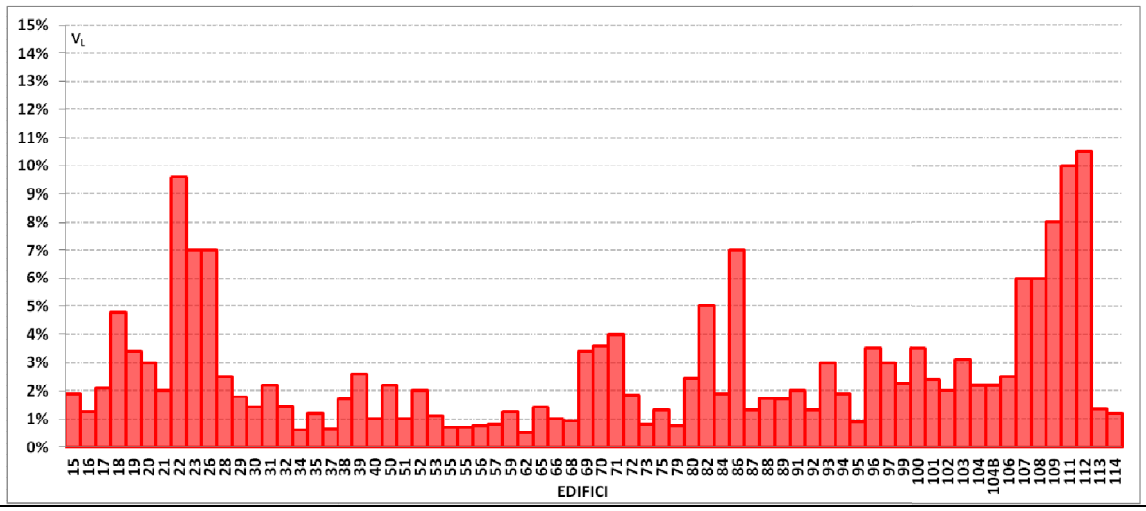
L'informazione che si ottiene dalla back-analysis, in termini di volume perso, costituisce un dato molto interessante ed aiuta ad individuare in modo abbastanza speditivo le zone in cui il fenomeno di disturbo superficiale sembrerebbe aver assunto caratteristiche del tutto singolari.

Il volume perso non è direttamente misurabile, ma è valutabile partendo dai valori misurati di cedimento.

Di seguito si riporta le distribuzioni dei volumi persi sia per la canna sinistra che per la canna destra:



distribuzione volumi persi lungo la GN Caltanissetta – canna SX



distribuzione volumi persi lungo la GN Caltanissetta – canna DX

Il disturbo deformativo maggiore, al quale è possibile associare un maggiore volume perso, si riscontra nella aree esterne del tracciato rispettivamente vicine agli imbocchi AG e A19 della galleria naturale. Questo andamento si verifica per la canna sinistra ed è presente anche nello scavo di quella destra. Il tratto centrale, invece, anche dopo il passaggio della seconda canna, presenta valori di volume perso mediamente intorno al valore dell'1.5%.

Un'area di estrema singolarità di comportamento è rappresentata sicuramente dalla zona in adiacenza dell'imbocco A19 (**ed. 108-114**), che presenta una risposta deformativa, sin dallo scavo della canna SX, caratterizzata da valori di volume perso considerevoli. Tale tendenza viene confermata e accentuata anche durante lo scavo della seconda canna.

Data l'entità dei volumi persi in gioco e tenuto conto che i parametri di avanzamento della macchina in tale tratta, non hanno subito variazioni degni di nota, tale singolarità di comportamento è senza dubbio imputabile ad un comportamento poco prevedibile del terreno allo scavo, che ha comportato importanti ripercussioni in termini di cedimento superficiale totale.

Discorso completamente analogo, nella zona in corrispondenze degli edifici **21-22-26-40**, **68-71** e **81-86**, dove con il passaggio della seconda canna, sono stati riscontrati considerevoli cedimenti di superficie ai quali corrispondono dei volumi persi quanto meno rilevanti e poco compatibili con dinamiche imputabili a problematiche di scavo.

Questo tipo di informazione, evidenzia come le problematiche afferibili al volume perso, abbiano interessato delle aree circoscritte e facilmente individuabili lungo il tracciato della Caltanissetta. Tali aree costituiscono senza dubbio zonne critiche, che hanno raggiunto un equilibrio, ma che non andrebbero ulteriormente perturbate al fine garantire la persistenza della stabilizzazione raggiunta.

Per una corretta analisi, sono state riportate lungo il tracciato della galleria le aree di superficie caratterizzate da maggior cedimento/volume perso e laddove, successivamente al passaggio della seconda canna, si è registrato un notevole incremento dei tempi necessari al raggiungimento della stabilizzazione delle deformazioni. Oggi, con le due canne completate, il complesso terreno-rivestimento, come dimostrato dai dati di monitoraggio, ha raggiunto l'equilibrio tensionale e deformativo.

In tal senso sono state definite lungo il tracciato della GN Caltanissetta, n° 6 aree sensibilmente critiche:

- ***Area ED#18-23*** – contrassegnata da valori elevati di volume perso/cedimento.
- ***Area ED#26*** – "ex clinicaDubini", edificio sensibile in quanto struttura ricettiva ASL, contrassegnata da valori di cedimento elevato
- ***Area ED#40-45*** – compendio immobiliare CEFPASS, struttura ricettiva con riscontrati elevati valori di cedimento.
- ***Area ED#68-71*** – contrassegnata da valori elevati di volume perso/cedimento.
- ***Area ED#80-86*** – contrassegnata da valori elevati di volume perso/cedimento.
- ***Area ED#107-114*** – contrassegnata da valori elevati di volume perso/cedimento

La realizzazione dei by-pass, che peraltro vanno scavati in un terreno che ha subito la sovrapposizione degli effetti dello scavo sia della prima che della seconda canna, andrà a perturbare questo equilibrio, comportando variazioni sullo stato tensionale al contorno delle due canne e quindi un aumento delle deformazioni in superficie ed una variazione nello stato tensionale del rivestimento definitivo di entrambe.

Dalla planimetria mostrata sotto si evince che quasi il 50% degli attraversamenti previsti in progetto di variante, risulterebbero all'interno di zone contrassegnate come critiche.

In particolare il 100% dei by pass carrabili, che presentano quindi la maggiore sezione di scavo da realizzare, ricadrebbero all'interno delle zone critiche.

È evidente dunque, che il posizionamento dei by pass, così come previsto nel progetto di variante, alla luce delle evidenze riscontrate durante il corso d'opera della galleria, presenta importanti sovrapposizioni con le aree definite "critiche".

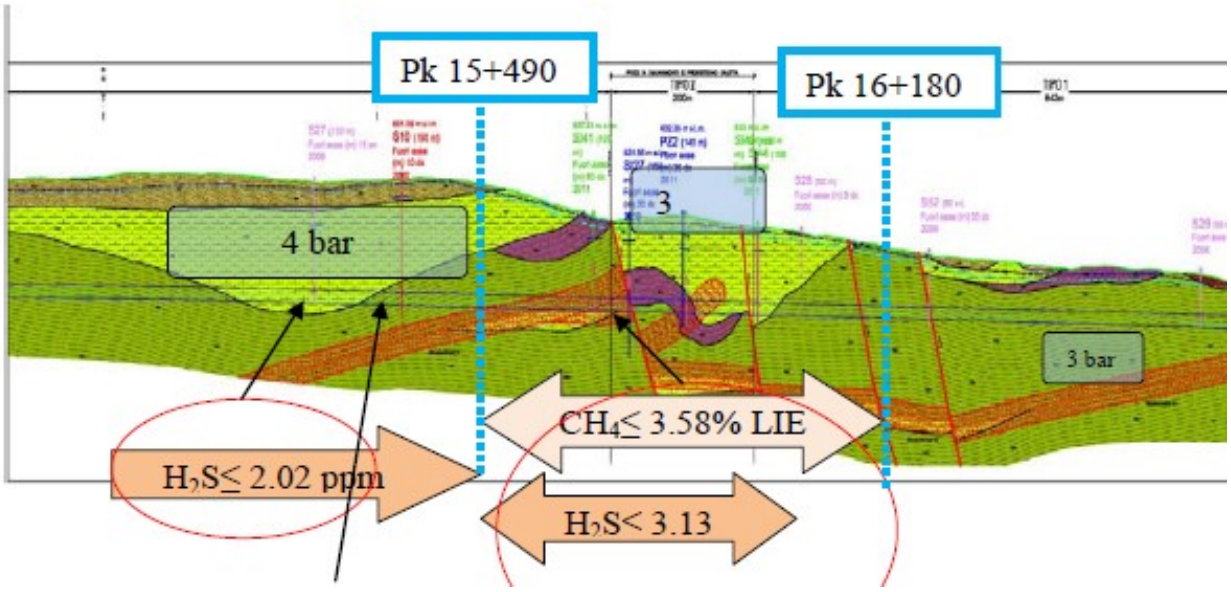
La realizzazione dei by pass in tali aree, comporterebbe una perturbazione locale dell'equilibrio raggiunto, con ripercussioni di difficile previsione sulla superficie e sulle preesistenze, ma che in caso di conferma della tendenza evolutiva riscontrata tra la prima e la seconda canna, porterebbe ad un incremento significativo del cedimento in superficie, al quale si può associare un sempre crescente potenziale danno sugli edifici esistenti.

Il riposizionamento oltre che delle criticità geotecniche doveva tener conto della notevole mole di dati geologici ed idrogeologici derivanti dallo scavo delle due canne.

Alle 6 aree individuate con criticità legate ai cedimenti instauratisi è stata aggiunta l'area caratterizzata dalla presenza di falda acquifera con elevato battente idraulico, interessata durante lo scavo dalla realizzazione dei pozzi drenanti.

Il PE aveva evidenziato infatti l'attraversamento di una tratta nei Calcari di Base della Formazione di Cattolica, la cui permeabilità elevata rispetto al contesto attraversato congiuntamente alla presenza di un forte battente d'acqua (8-9 bar) necessitava, per il proprio sottoattraversamento, della realizzazione di una batteria di pozzi di emungimento per l'abbattimento delle altezze piezometriche.

Il monitoraggio dei gas durante tale tratta evidenziava sia la presenza sia di Idrogeno Solforato nelle falde che di Metano nelle rocce argiilose.



Durante lo scavo della canna destra, tra le progr. 15+226 e 15+328, con massimo alla progr. 15+258,8 , veniva intercettata una rilevante venuta d'acqua, tale da determinare la sospensione dello scavo meccanizzato.

L'acqua permeava calcari marnosi litoidi intensamente fratturati della Form.Trubi (previsti nella sezione geologica di progetto)e una lente di calcari evaporitici fratturati (Form.Calcare di Base), non individuati dai sondaggi geognostici effettuati in fase di PE e rilevati da sondaggi orizzontali realizzati dalla canna sx in corrispondenza degli anelli 1144,1159,1169,1171,1176 e 1181.

Allo scopo di proseguire con lo scavo meccanizzato veniva deciso di realizzare un sistema di dreni sub orizzontali, realizzati dalla canna sx della galleria con un interasse variabile tra 4 e 20 m. L'intervento risultava efficace permettendo così di riprendere lo scavo meccanizzato.

Scaturiva quindi l'esigenza di predisporre un riposizionamento degli attraversamenti della GN Caltanissetta funzionale all'eliminazione delle interferenze tra i by pass e le suddette aree critiche.

Sulla scorta di tale criteri geologici, idrogeologici e geotecnici sono state quindi escluse aree fortemente critiche per la realizzazione dei Bypass procedendo con il riposizionamento in quelle rimanenti .

Il riposizionamento dei Bypass nelle aree che presentano meno rischi idrogeologici e geotecnici veniva quindi effettuato ai sensi dal Decreto Legislativo n°264 del 5 Ottobre 2006 "*Attuazione della direttiva 2004/54/CE in materia di sicurezza per le gallerie della rete stradale trans europea*"

che appunto recepisce la direttiva 2004/54/CE "requisiti minimi di sicurezza per le gallerie della rete stradale trans europea".
Per ulteriori approfondimenti e riferimenti normativi, nonché al dettaglio del livello di sicurezza della galleria naturale, si rimanda all'elaborato specifico "Analisi di Rischio della galleria naturale Caltanissetta".
Alla luce di tali considerazioni il progetto di variante prevede quindi la realizzazione di n°9 attraversamenti pedonali del diaframma di terreno tra le canne e n°4 attraversamenti carrabili.

Gli studi geologici sulle aree interessate dalla realizzazione dei Bypass si sono articolate attraverso le seguenti fasi

- Studio delle indagini effettuate per la redazione del progetto esecutivo delle opere;
- Studio dei dati derivanti dallo scavo delle canne sinistra e destra della Galleria Naturale Caltanissetta
- Studio dei dati ricavati dalla campagna integrativa di indagini geognostiche in corrispondenza dei bypass previsti con monitoraggio acqua di sottososuolo e gas

Sono allegati alla presente relazione geologica i seguenti allegati :

- Corografia dell'area con ubicazione dei Bypass progettati
- Stratigrafie delle indagini geognostiche eseguite
- Sezioni geologiche

2. – NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Gli studi geologici e la redazione della presente relazione sono stati eseguiti seguendo le prescrizioni delle norme, i cui riferimenti sono di seguito riportati:

- **D.M. 17 Gennaio 2018 –**

Nuove Norme tecniche per le costruzioni;

- **D.M. 14 Gennaio 2008 –**

Norme tecniche per le costruzioni;

Circolare 2 febbraio 2009, n° 617 –

istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche per le costruzioni".

- **Norme Tecniche di cui al D.M. 11.03.88**

Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione";

3. – DESCRIZIONE DELL'OPERA

Gli attraversamenti tra due canne di una galleria naturale, come nel caso della GN Caltanissetta, costituiscono la misura di sicurezza predisposta per consentire l'esodo degli utenti e dei mezzi in caso di soccorso/emergenza e/o per lavorazioni straordinarie da effettuare all'interno della galleria.

Ad oggi, con le due canne completate, il complesso terreno-rivestimento, come dimostrato dai dati di monitoraggio, ha raggiunto l'equilibrio tensionale e deformativo. Certamente la realizzazione dei by-pass, che peraltro vanno scavati in un terreno che ha subito la sovrapposizione degli effetti dello scavo sia della prima che della seconda canna, andrà a perturbare questo equilibrio, comportando variazioni sullo stato tensionale al contorno delle due canne e quindi un aumento delle deformazioni in superficie ed una variazione nello stato tensionale del rivestimento definitivo di entrambe.

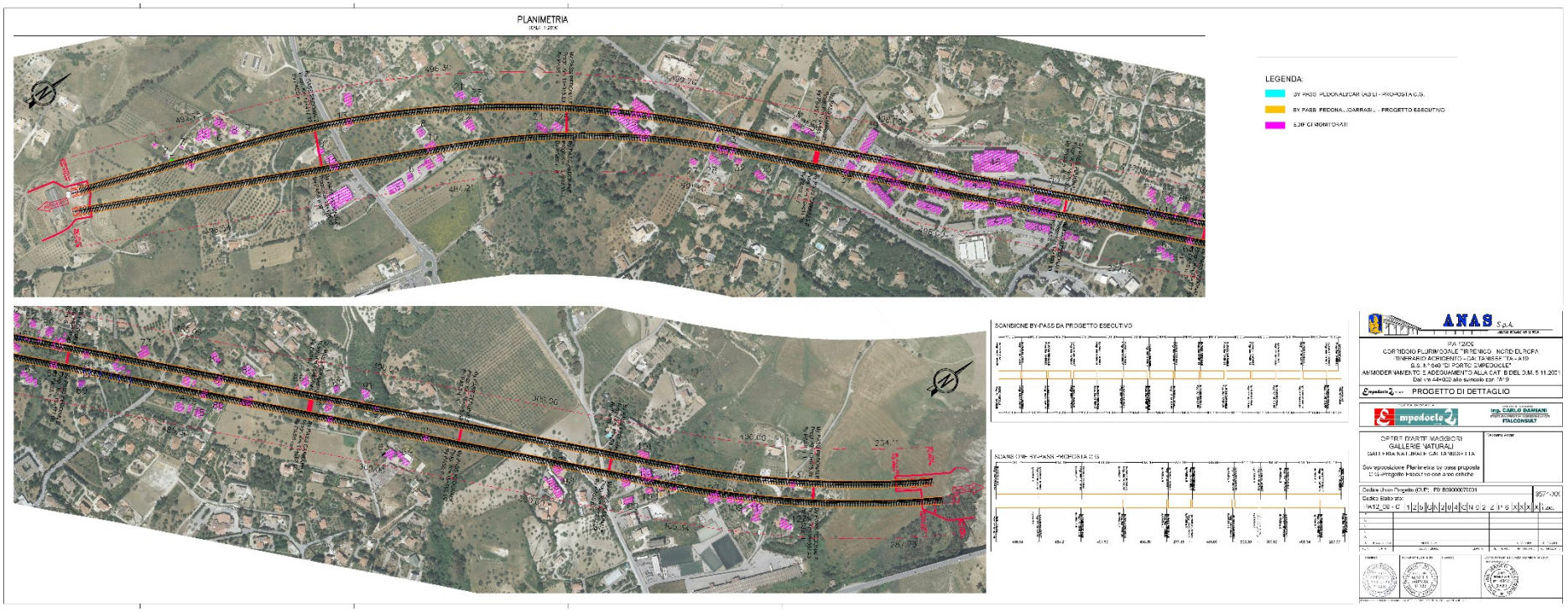
Per tutti questi motivi, in conformità con le norme stradali di recente emanazione a livello europeo, si propone una riduzione del numero dei by-pass ed un loro ri-posizionamento in zone meno critiche in termini di condizioni idro/geologiche riscontrate durante lo scavo.

Di seguito le progressive di possibile ubicazione dei ByPass , oggetto di indagini geognostiche

By-Pass	Ped/Carr	Canna	Pk	Canna	Pk
1	P	SX	16+675,49	DX	16+667,43
2	P	SX	16+275,49	DX	16+262,09
3	P	SX	15+975,49	DX	15+962,09
4	C	SX	15+675,49	DX	15+662,09
5	P	SX	15+190,49	DX	15+177,09
6	P	SX	14+913,33	DX	14+899,93
7	C	SX	14+415,33	DX	14+401,93
8	P	SX	13+915,63	DX	13+910,33
9	P	SX	13+417,33	DX	13+426,12

Il PVT prevede che i by-pass vengano realizzati con metodo di scavo tradizionale previo consolidamento del fronte e del contorno di scavo.

ORTOFO


PLANIMETRIA
LEGENDA:
BY PASS PEDONALI/CARRABILI - PROPOSTA C.G.
BY PASS PEDONALI/CARRABILI - PROGETTO ESECUTIVO
EDIFICI MONITORATI
SCANSIONE BY-PASS DA PROGETTO ESECUTIVO
SCANSIONE BY-PASS PROPOSTA C.G.
ANAS S.p.A.
PROGETTO DI DETTAGLIO
ing. CARLO DAMIANI
ITALCONSULT
OPERE D'ARTE MAGGIORI
GALLERIE NATURALI
Sovrapposizione Planimetria by-pass proposta
C.G.-Progetto Esecutivo con aree critiche

7.-INDAGINI GEOGNOSTICHE

Al fine di ottenere un quadro geologico di dettaglio nell'aree di possibile ubicazione dei ByPass, è stata effettuata una campagna di indagini geognostiche integrative, svolta nel mese di Febbraio 2018.

A tal fine sono stati effettuati n° 11 sondaggi geognostici orizzontali a rotazione a carotaggio continuo, spinti a lunghezze variabili tra 11 m e 35 m da boccaforo, ubicato sul concio della canna dx o sx della Galleria Caltanissetta, in corrispondenza delle progressive di possibile nuova ubicazione dei bypass; tali sondaggi sono stati denominati **S**ondaggi **I**ntegrativi **ByPass .**

L'esecuzione delle indagini geognostiche è stata affidata a mezzi e personale specializzato della ditta CMC di Ravenna. Per le perforazioni è stata utilizzata una sonda Casagrande C6.

Durante la perforazione dei sondaggi è stato effettuato un monitoraggio continuo delle concentrazioni di gas a boccaforo , tramite esplosimetro manuale.

Il rilievo dei gas è stato effettuato in avanzamento ogni 1 m di perforazione in corrispondenza dell'aggiunta delle aste alla batteria di perforazione.

Di seguito si riportano i risultati delle indagini eseguite integrando gli stessi con tutti i dati derivanti dagli studi a supporto della progettazione definitiva ed esecutiva dell'opera.

BY PASS PEDONALE 1

Il ByPass pedonale 1 è ubicato in prossimità dell'imbocco lato A19 della GN Caltanissetta. L'asse dello stesso è ubicato tra la progr. 16+667,43 in canna destra e la progr. 16+675,49 in canna sinistra, prolungandosi per circa 25 metri.

Stralcio ortofoto con ubicazione in rosso del By Pass1

La copertura in corrispondenza dell'asse della canna dx è di circa 44,60 m , mentre in corrispondenza dell'asse della canna sx è di 39,70 m.

STUDIO DELLE INDAGINI EFFETTUATE PER LA REDAZIONE DEL PROGETTO ESECUTIVO DELLE OPERE

L'area interessata dalla realizzazione del BP 1 è stata indagata con i sondaggi geognostici S29 (2006) e S11 (2010), spinti rispettivamente a m 50 e m 40 dal p.c. Il sondaggio S11 è stato condizionato con inclinometro oltre ad effettuarvi l'esecuzione di prova sismica in foro di tipo down-hole.

Nome Sondaggio	A carotaggio	A distruzione	piezometro
	Metri	Metri	
S29	25	30	(C)

Sondaggi geognostici eseguiti in seno al PD nel 2006 lungo il tracciato della galleria

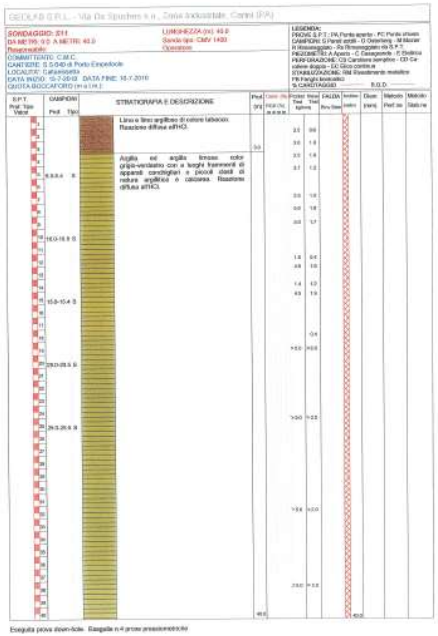
Sondaggio	Tipologia	Note	Profondità (m)	Campioni		
				N°	Denominazione	Profondità (m)
S11	Inclinometro/ Down Hole	Eseguite n. 4 prove pressiometriche (prof. m. 10; 20; 30; 40)	40,00	1	C1	5,00-5,40
				2	C2	10,00-10,50
				3	C3	15,00-15,40
				4	C4	20,00-20,50
				5	C5	25,00-25,50

Sono stati effettuati inoltre alcune indagini di tipo indiretto consistenti in:

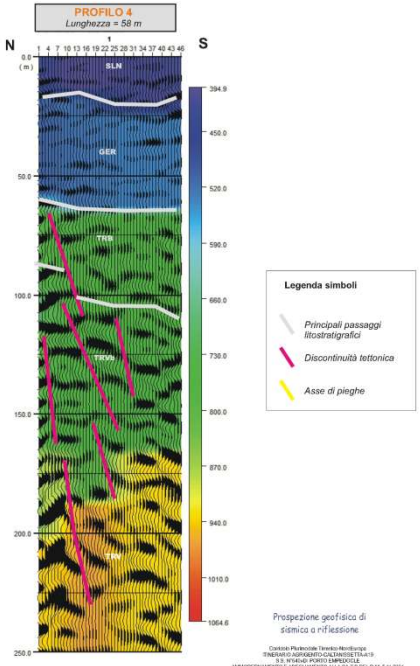
- Sismica di superficie: è stata realizzata n. 1 traversa sismica a rifrazione, effettuate con risoluzione tomografica, opportunamente localizzate in corrispondenza dell'imbocco lato A19 della galleria denominata SS 3;
- Prospezioni elettromagnetiche: è stata realizzato n. 1 sondaggio elettromagnetico con metodologia ad alta risoluzione nel dominio del tempo (TDEM), con configurazioni di lato pari a 100 m e possibilità di ottenere profondità di indagine pari a circa 200 m, denominata TDEM 2

I dati dello studio geologico a supporto della progettazione esecutiva evidenziano come dalla prog. 16+180 il tracciato della galleria interessi le Argille brecciate tortoniane (TRVB), sino al termine della stessa galleria(16+960); la formazione è interessata da una intensa tettonizzazione correlata all'affioramento (prog. 16+780 in canna sx e progr. 16+825 in canna dx) di un sovrascorrimento posto immediatamente sotto il tracciato della galleria.

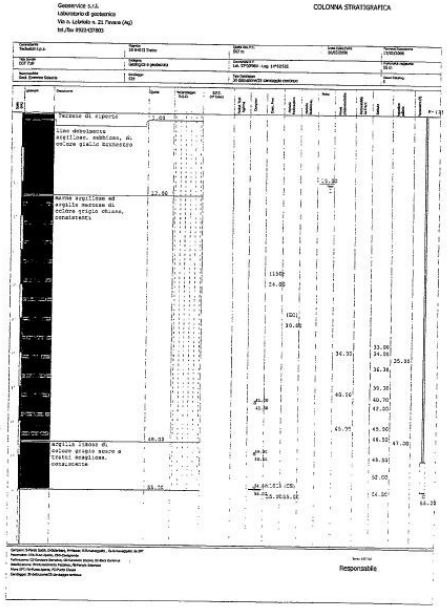
TDEM 1
TDEM 2
15° - 30°
S1-PO
S20 (55 m)



STRATIGRAFIA E DESCRIZIONE



PROFILO 4
Lunghezza = 58 m
N
S
SLN
GER
TRS
Legenda simboli
Principali passaggi litostratigrafici
Discontinuità tettonica
Asse di pieghe
Prospezione geofisica di sismica a riflessione



COLONNA STRATIGRAFICA
Responsabile

STUDIO DEI DATI DERIVANTI DALLO SCAVO DELLE CANNE SINISTRA E DESTRA DELLA GALLERIA NATURALE CALTANISSETTA

I dati derivanti dall'osservazione del marino scorrente sul nastro e dal monitoraggio dei parametri di scavo hanno evidenziato la correttezza dei dati del modello geologico.

Dati derivanti dallo scavo della canna sinistra

Lo scavo della canna sx ha interessato le Argille brecciate tortoniane (TRVB), e in un breve tratto il contatto di tale formazione con i Calcari di Base; tale contatto tra le argille brecciate della Form. Terravecchia si è rilevato a quota più bassa di quella prevista nel profilo di PE.

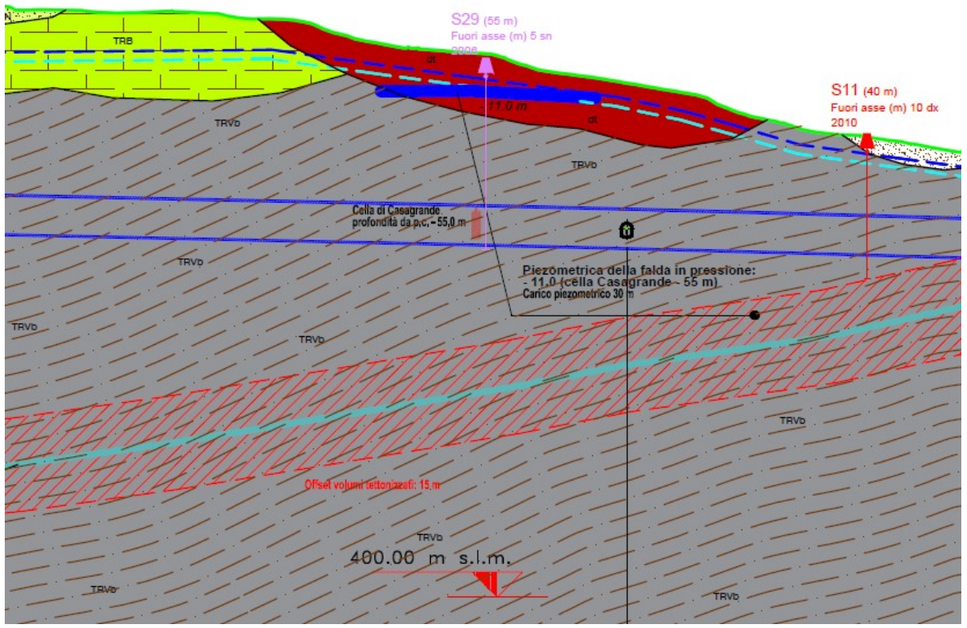
Non si sono registrate presenze di gas lungo la tratta in oggetto nonostante la presenza di una falda con circa 3 bar di pressione in corrispondenza del contatto tra argille brecciate e calcari di base.

Dati derivanti dallo scavo della canna destra

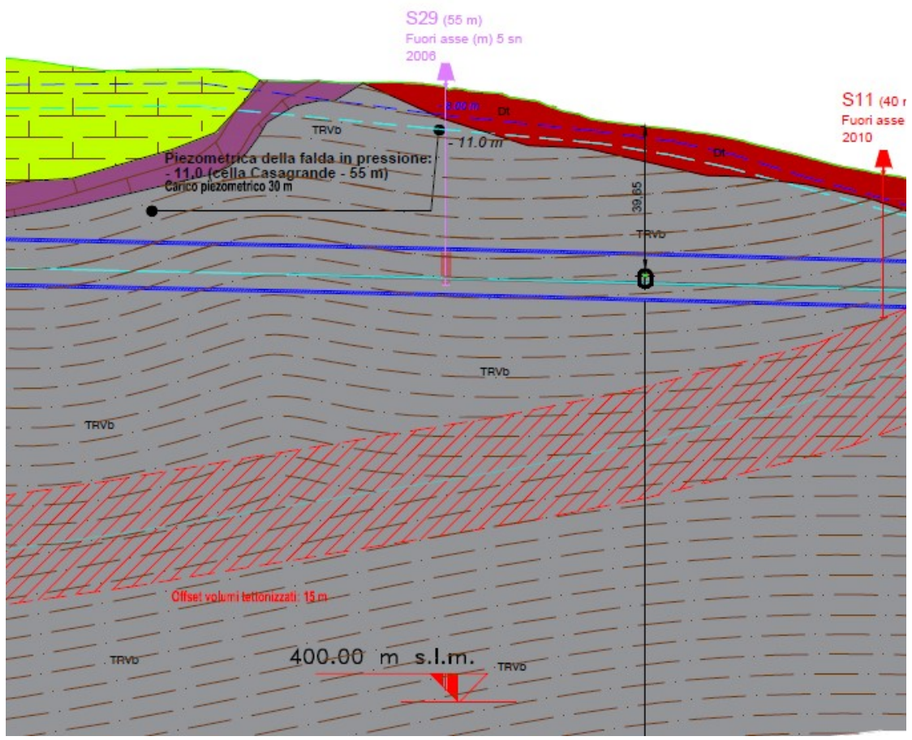
Lo scavo della canna dx ha interessato le Argille brecciate tortoniane (TRVB).

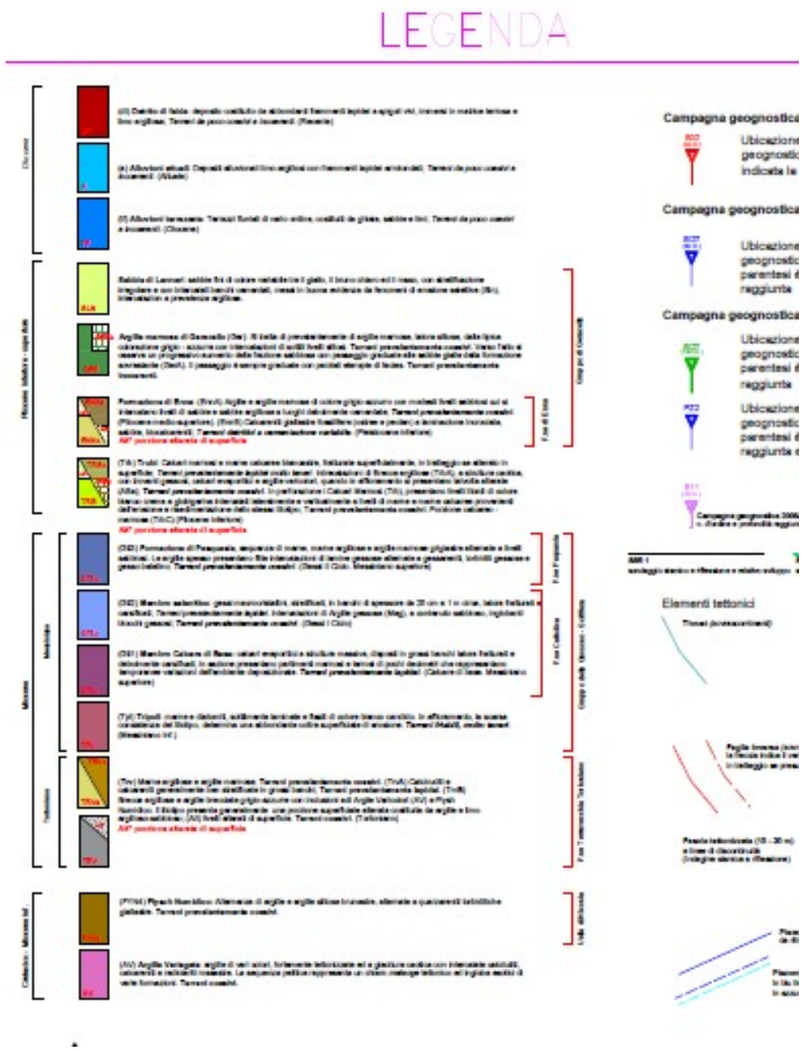
Non si sono registrate presenze di gas lungo la tratta in oggetto.

Profilo geologico canna destra



Profilo geologico canna sinistra





STUDIO DEI DATI RICAVATI DALLA CAMPAGNA INTEGRATIVA DI INDAGINI GEOGNOSTICHE IN CORRISPONDENZA DEI BYPASS PREVISTI CON MONITORAGGIO ACQUA DI SOTTOSOSUOLO E GAS

Al fine di avere un riscontro di dettaglio della stratigrafia, delle caratteristiche idrogeologiche e di eventuale presenza di manifestazioni di gas è stato effettuato un sondaggio geognostico a carotaggio in corrispondenza della progressiva di realizzazione del ByPass 1 denominato B1.

Il sondaggio B1 è stato realizzato in canna destra alla progr. 16+667,43 in progressione verso la canna sinistra. Il sondaggio è stato spinto sino a 25 m di lunghezza , indagando così l'intero tratto interessato dal Bypass 1.

Il carotaggio eseguito ha evidenziato come i terreni tra le due canne interessati dalla realizzazione del ByPass pedonale 1 siano costituiti da argille limose grigio scure a struttura brecciata, talora scagliettata, di consistenza elevata, ascrivibili alla formazione Terravecchia (TRV b).I monitoraggi eseguiti hanno evidenziato l'assenza sia di manifestazioni di gas, sia di acque di sottosuolo.

MODELLO GEOLOGICO BP 1

Lo scavo del ByPass 1 interesserà una monoclinale di rampa costituita dalle brecce argillose della Form. Terravecchia con direzione degli strati circa Est-Ovest ed immersione verso Sud con pendenza variabile tra 15 e 35° . Lo scavo del Bypass può essere classificato come scavo in direzione.

La presenza in sottosuolo di formazioni argillose impermeabili non permette il formarsi di falda acquifera.

CRITICITA' GEOLOGICHE

Lo scavo del ByPass pedonale 1, con un fronte di scavo di circa 22 m^2 ed una lunghezza di circa 25 m, interesserà terreni coesivi a grana fine, costituiti da Argille Brecciate della For. Terravecchia, con tessitura variabile da brecciata a scagliettata.

La presenza di un sovrascorrimento intraformazionale nelle formazione, sebbene a profondità maggiori di quelle interessate dallo scavo del By Pass 1, accentua i fenomeni di tettonizzazione dell'ammasso argilloso, con fasce di intensa fratturazione e scagliettatura del materiale e "caoticizzazione" delle stratificazioni originarie.

La formazione delle brecce argillose della Form. Teravecchia è caratterizzata da un comportamento rigonfiante che si esplica con una variazione di volume o con una pressione vera e propria e con fenomeni estrusivi, ben descritti nella relazione geotecnica a supporto del progetto di variante.

COMMITTENTE: Cons. Empedocle 2 S.c.p.a.

LOCALITA': G.N. Caltanissetta - Canna DX – Anello 1862 Pk 16+667.43

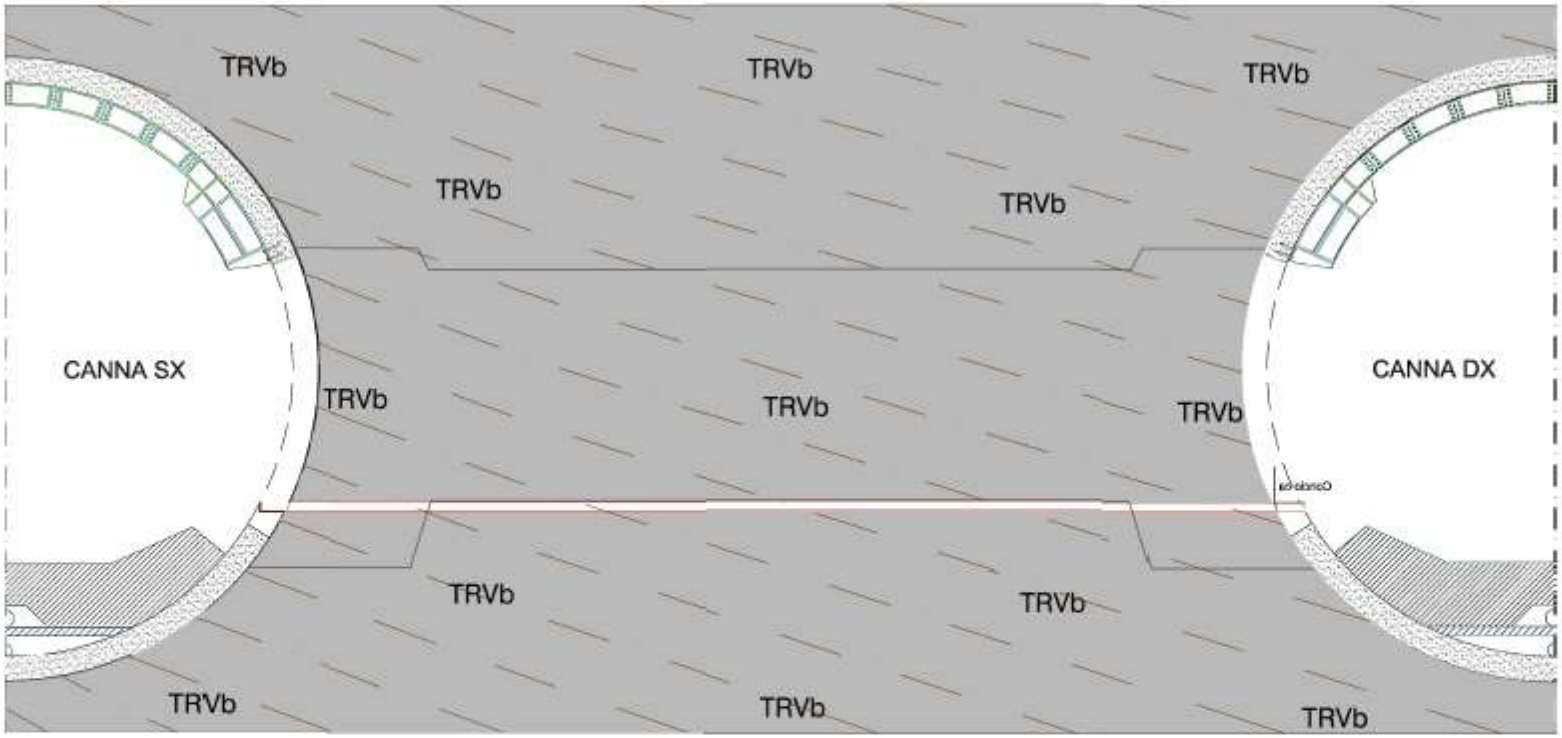
PROGETTO: Scavo By-Pass n. 1 pedonale

SONDAGGIO: S1862h

DATA: 23 Gennaio 2018

Profond. m	Rilievo GAS	Falda acquifera	SCALA	COLONNA STRAT.	STRATIGRAFIA	CAROTAGGIO %	PENETROMETRO TASCABILE (Kg/cm2)	RQD %
						25 50 75 100	1 2 3 4 5	25 50 75 100
0.70	Assenza di manifestazioni di GAS				Concio in c.a. Canna DX			
1.00					Malta di retroinieazione TBM			
			1					
			2					
			3					
			4					
			5					
			6					
			7					
			8					
			9					
			10					
			11					
			12					
			13		**TRVb:** Argille limose grigio scure a struttura brecciata a tratti scagliettata. Consistenza elevata.			
			14					
			15					
			16					
			17					
			18					
			19					
			20					
			21					
			22					
			23					
			24					
25.00			25		Malta di retroinieazione TBM			
25.10					Concio in c.a. Canna SX			
25.80			26					
			27					
			28					
			29					
			30					
			31					
			32					

Sezione Geologica - By-Pass Pedonale n. 1 - Anello 1862 - Canna DX



TRVb — Argille limose grigio scure a struttura brecciata a tratti scagliettata. Consistenza elevata. Fm. Terravecchia

Sondaggio $S_{1862}h$ 18-01-2018

	Nullo-Basso	Medio	Alto
H_2O	■		
CH_4	■		
H_2S	■		

Tale comportamento rigonfiante, innescato spesso a seguito di fenomeni di adsorbimento di acqua, anche sotto forma di umidità presente nell'aria, o sempicemente dal detensionamento del cavo, è correlato alla microstruttura ed alla composizione mineralogica delle argille che, come evidenziato nelle analisi mineralogiche condotte con tecnica diffrattometrica sulla frazione < 2 υm dei materiali argillosi esaminati ha (vedi relazione geologica di PE) ha permesso di ottenere un tracciato in cui si riconoscono le seguenti percentuali semiquantitative di minerali argillosi:

- Smectite 40%
- Illite 13%
- Kaoilinite 46%

Il gruppo delle Smectiti comprende minerali quali la montmorillonite, le cui proprita rigonfianti sono note in letteratura e nelle applicazioni pratiche.

Lo scavo di gallerie in rocce rigonfianti è caratterizzato da un comportamento deformativo del cavo che evolve nel tempo con convergenze che, qualora il sostegno risulti inadeguato, possono raggiungere anche valori elevati fino a tendere, in casi estremi, alla chiusura del cavo stesso.

La zona interessata dalla realizzazione del ByPass 1 è ubicata al di fuori delle aree critiche individuate nell'apposita relazione geotecnica . L'area critica più vicina individuata con la sigla ED 07-114, è mostrata nella corografia sottostante.

Stralcio ortofoto con ubicazione dell'area critica individuata con la sigla ED 07-114

Andranno adottati quindi tutti gli accorgimenti necessari al fine di ottenere la minimizzazione degli effetti deformativi al contorno dei by pass.

CONDIZIONI IDROGEOLOGICHE

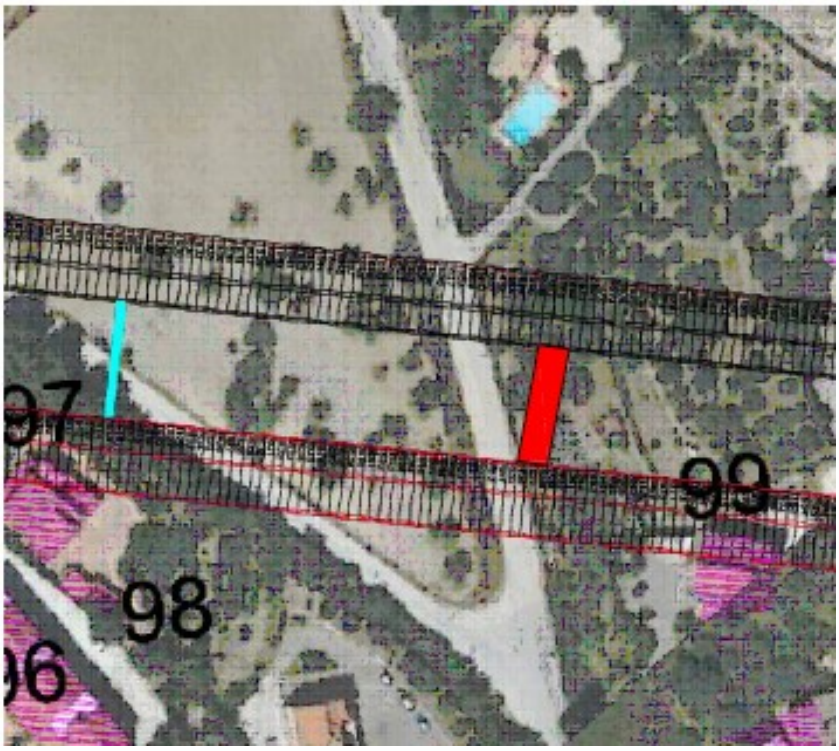
Dal punto di vista idrogeologico è assente circolazione idrica nei terreni argillosi.

PRESENZA DI GAS

I monitoraggi eseguiti hanno evidenziato l'assenza sia di manifestazioni di gas, anche se non è possibile escludere manifestazioni puntuali, legati a maggiore fratturazione dell'ammasso argilloso di metano (CH_4)

BY PASS PEDONALE 2

Il ByPass pedonale 2 è ubicato tra la progr. 16+262,09 in canna destra e la progr. 16+275,49 in canna sinistra, prolungandosi per circa 25 metri.



La copertura in corrispondenza dell'asse della canna dx è di circa 61,80 m, mentre in corrispondenza dell'asse della canna sx è di 60,40 m.

STUDIO DELLE INDAGINI EFFETTUATE PER LA REDAZIONE DEL PROGETTO ESECUTIVO DELLE OPERE

L'area interessata dalla realizzazione del BP 2 è stata indagata con i sondaggi geognostici S52 (2006) e SI 9 14 (2014), spinti ambedue a m 80 dal p.c

Nome Sondaggio	A carotaggio	A distruzione	piezometro
	Metri	Metri	
S52	30	50	

Sondaggi geognostici eseguiti in seno al PD nel 2006 lungo il tracciato della galleria

Sondaggio	Tipologia	Note	Profondità (m)
SI09/14	Mon.Gas	Attrezzato con piezometro	84,00

Sondaggi geognostici integrativi eseguiti lungo il tracciato della galleria

SIDERCEM s.r.l.
ISTITUTO DI RICERCA E SPERIMENTAZIONE

Certificato N°		Prot. N.	CBA 002 259
		Data accettazione:	10/03/14
CBC 020 581	del 14/03/14	Periodo indagine:	Inizio: 27/02/14
			Fine: 18/03/14

Laboratorio: C.I.a.C. C.P.
Tel.: 0934
Fax.: 0934
e-mail: ...
Divisione: Geo...
Settori: Geo... Indi... Mec... Prov...

Laboratorio già la... 7481 del 16/07/201... (già in concessione 13/10/2004)

Contraente Generale: *Empedocle 2 S.c.p.a*

Oggetto *1° Programma per le opere Strategiche – (Legge n° 443/2001) itinerario Agrigento-... Adeguamento a quattro corsie della S.S. 640 di "Porto Empedocle" tratto dal Km 44+000 ... l'A19*

Geologo: Dott. geol. Salvatore Manta

Profondità (m): da 54,00 a 84,00 mt p.c.

Sondaggio: SI 09 14

Scala 1:100	Stratigrafia	Descrizione	Falda	Piezometro	Campioni	Fustellamento	Fdc	Cassette
		Argille limose debolmente marnose, consistente, di colore grigio-marrone						
		Argille marnose, consistente, di colore rosa grigio al biancastro						

Geosar-Vico s.r.l.
Laboratorio di geotecnica
Via a. Labriola n. 21 Favara (Ag)
tel./fax 0922/421003

COLONNA STRATIGRAFICA

Committente: Technital S.p.A.	Cantiere: 22.640 FASE 1	Data Inizio: 13/03	Data Fine: 17/04/2009	Trivellazione: 09/04/2009
Tipo sondaggio: SI 09 14	Geologo: Geologo e geotecnico	Coordinate: Lat. 37°18'28 - Long. 14°18'27.36		Attrezzatura impiegata: Altra
Responsabile: Dott. Salvatore Sciascia	Geologo: SS	Tipo Carotiere: 101 diametro 101 campioni continui		Casse Catalogo: 4

Simbolo	Descrizione	Quota	Profondità (m)	Spessore (m)	Campioni	Prelievi	Fustellamento	Fdc	Cassette
	limo argilloso, alterato di colore grigio-giallastro, sabbioso, presenza di inclusi lapidei millimetrici	3.00							
	sabbie con intercalazioni quarzarenitiche	8.00							
	argille marnose di colore grigio chiaro, consistente	37.00							
	argille limose di colore grigio scuro consistente a struttura scagliosa	80.00							

Responsabile

Sono state effettuate inoltre alcune indagini di tipo indiretto consistenti in:

- Prospezioni elettromagnetiche: è stata realizzato n. 1 sondaggio elettromagnetico con metodologia ad alta risoluzione nel dominio del tempo (TDEM), con configurazioni di lato pari a 100 m e possibilità di ottenere profondità di indagine pari a circa 200 m, denominata TDEM 4

I dati a supporto della progettazione evidenziano come dalla prog. 16+180 il tracciato della galleria interessi le Argille brecciate tortoniane (TRVB), sino al termine della stessa galleria(16+960); La formazione è interessata da varie strutture tettoniche, in particolare faglie dirette, alle prog.16+140 e 16+240 in canna sx e alla progr. 16+135 e 16+230 in canna dx.

Il sondaggio **SI_09-14** ,ubicato lungo il tracciato tra le due canne alla progr.16+187 ha evidenziato la seguente stratigrafia:

0.00 -9.00 m	Marne argillose ed argille marnose grigio chiare-turchine. (Form . Trubi) A m 9.00 forte odore di idrocarburi
9.00 – 66.20 m	Argille limose grigio azzurre ; struttura brecciata; Consistenza elevata. Odore di idrocarburi. A m 65.50 frattura planare inclinata di 50° con superficie lucida e strie di scorrimento
66.20 -67.80 m	Marne argillose ed argille marnose grigio chiare (Form . Trubi). A m 67 odore di idricarburi
67.80 – 69.50 m	Argille limose grigio azzurre ; struttura brecciata; Consistenza elevata.
69.50 -70.50 m	Marne argillose ed argille marnose grigio chiare (Form . Trubi)
70.50 – 71.10 m	Argille limose grigio azzurre ; struttura brecciata; Consistenza elevata.
71.10 -73.50 m	Marne argillose ed argille marnose grigio chiare (Form . Trubi)
73.50 – 74.00 m	Argille limose grigio azzurre ; struttura brecciata; Consistenza elevata
74.00 -77.70 m	Limi argillosi grigio chiari (Form . Trubi) – manifestazione di gas CH4
77.00 – 80.00 m	Argille limose grigio azzurre ; struttura brecciata; Consistenza elevata

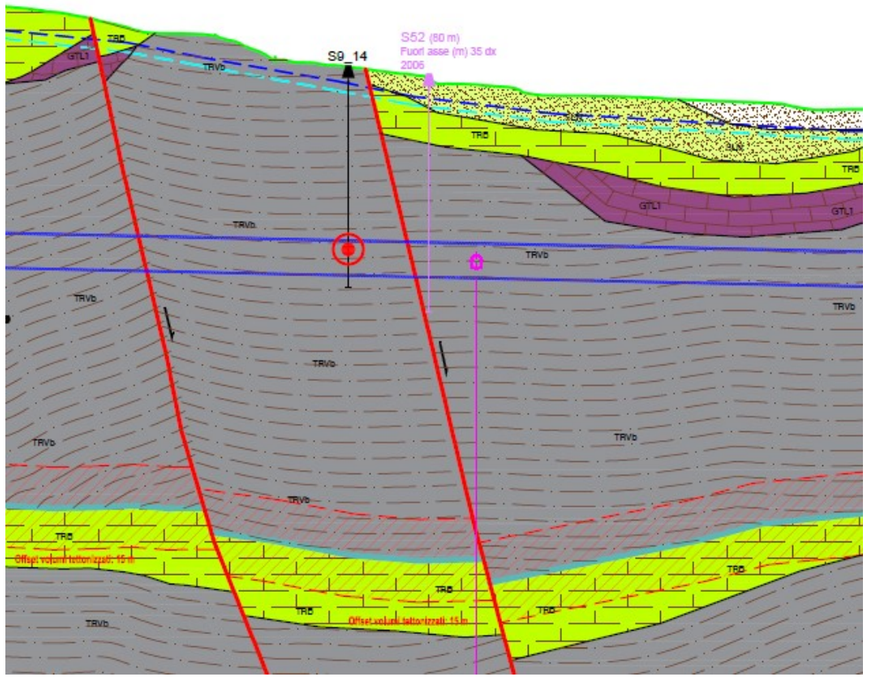
Il monitoraggio a boccaforo delle emissione gassose rileva metano in percentuale massima di 0.1 % da o m a 15 m. A 77 m dal p.c. manifestazione di CH_4 con flusso registrato di 1%.

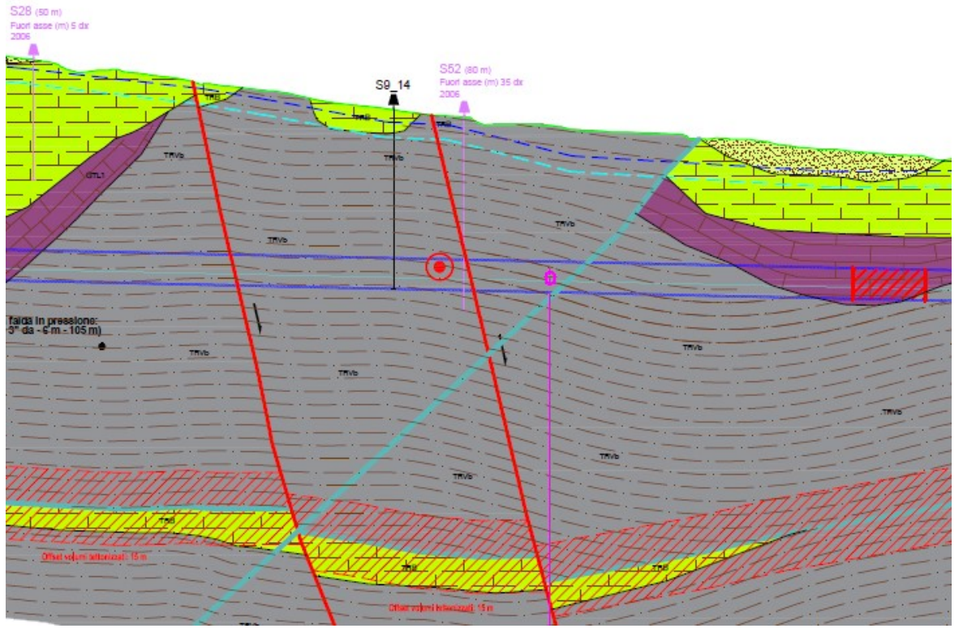
STUDIO DEI DATI DERIVANTI DALLO SCAVO DELLE CANNE SINISTRA E DESTRA DELLA GALLERIA NATURALE CALTANISSETTA

I dati derivanti dall'osservazione del marino scorrente sul nastro e dal monitoraggio dei parametri di scavo hanno evidenziato la correttezza dei dati del modello geologico.

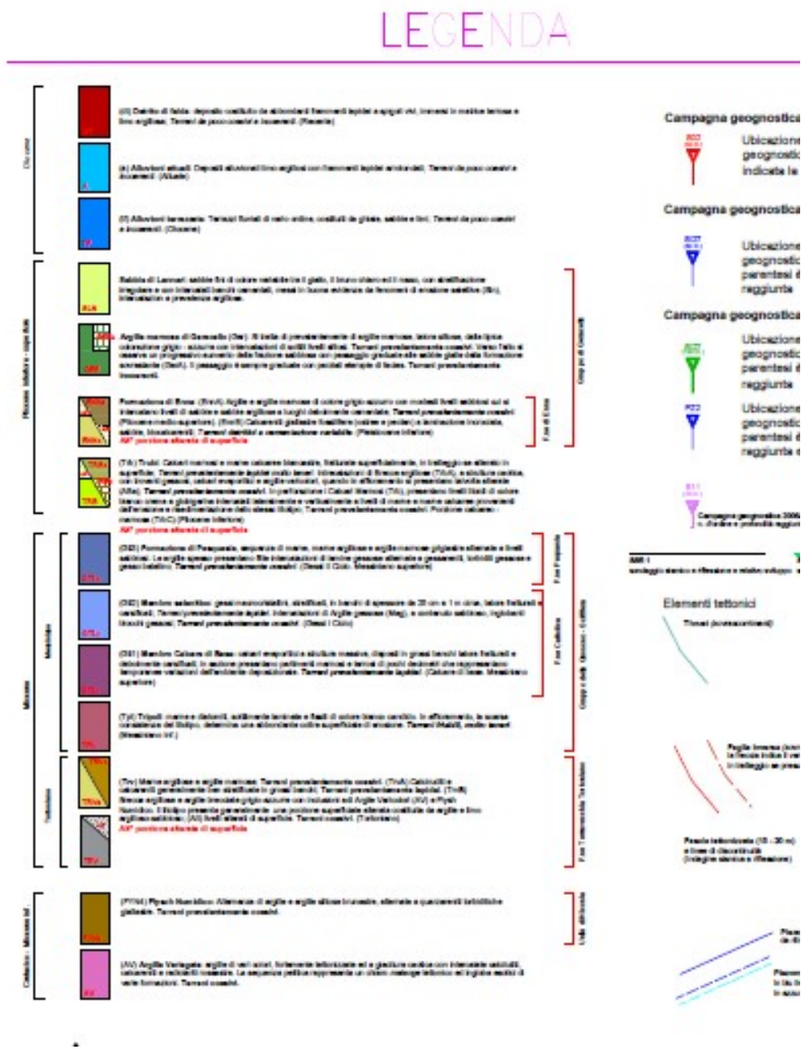
Si sono rilevati flussi limitati di gas Metano durante lo scavo.

Profilo geologico PE canna destra





Profilo geologico PE canna sinistra



STUDIO DEI DATI RICAVATI DALLA CAMPAGNA INTEGRATIVA DI INDAGINI GEOGNOSTICHE IN CORRISPONDENZA DEI BYPASS PREVISTI CON MONITORAGGIO ACQUA DI SOTTOSOSUOLO E GAS

Al fine di avere un riscontro di dettaglio della stratigrafia, delle caratteristiche idrogeologiche e di eventuale presenza di manifestazioni di gas è stato effettuato un sondaggio geognostico a carotaggio in corrispondenza della progressiva di realizzazione del ByPass 2 denominato B2.

Il sondaggio **B2** è stato realizzato in canna destra alla progr. 16+262,09 in progressione verso la canna sinistra. Il sondaggio è stato spinto sino a 24 m di lunghezza , indagando così l'intero tratto interessato dal Bypass 2.

Il carotaggio eseguito ha evidenziato come i terreni tra le due canne interessati dalla realizzazione del ByPass pedonale 2 siano costituiti da argille limose grigio scure a struttura brecciata, talora scagliettata, di consistenza elevata, ascrivibili alla formazione Terravecchia (TRV b). Non è stata rilevata falda acquifera nel sondaggio.

I monitoraggi eseguiti hanno evidenziato deboli emissioni di gas metano (CH_4) lungo l'orizzontale del carotaggio rispettivamente a 10 m (10% LEL – Lower Esplosivity Level) e 15 m (10% LEL)dal concio della canna dx.

COMMITTENTE: Cons. Empedocle 2 S.c.p.a.

LOCALITA': G.N. Caltanissetta - Canna DX - Anello 1656 Pk 16+262.09

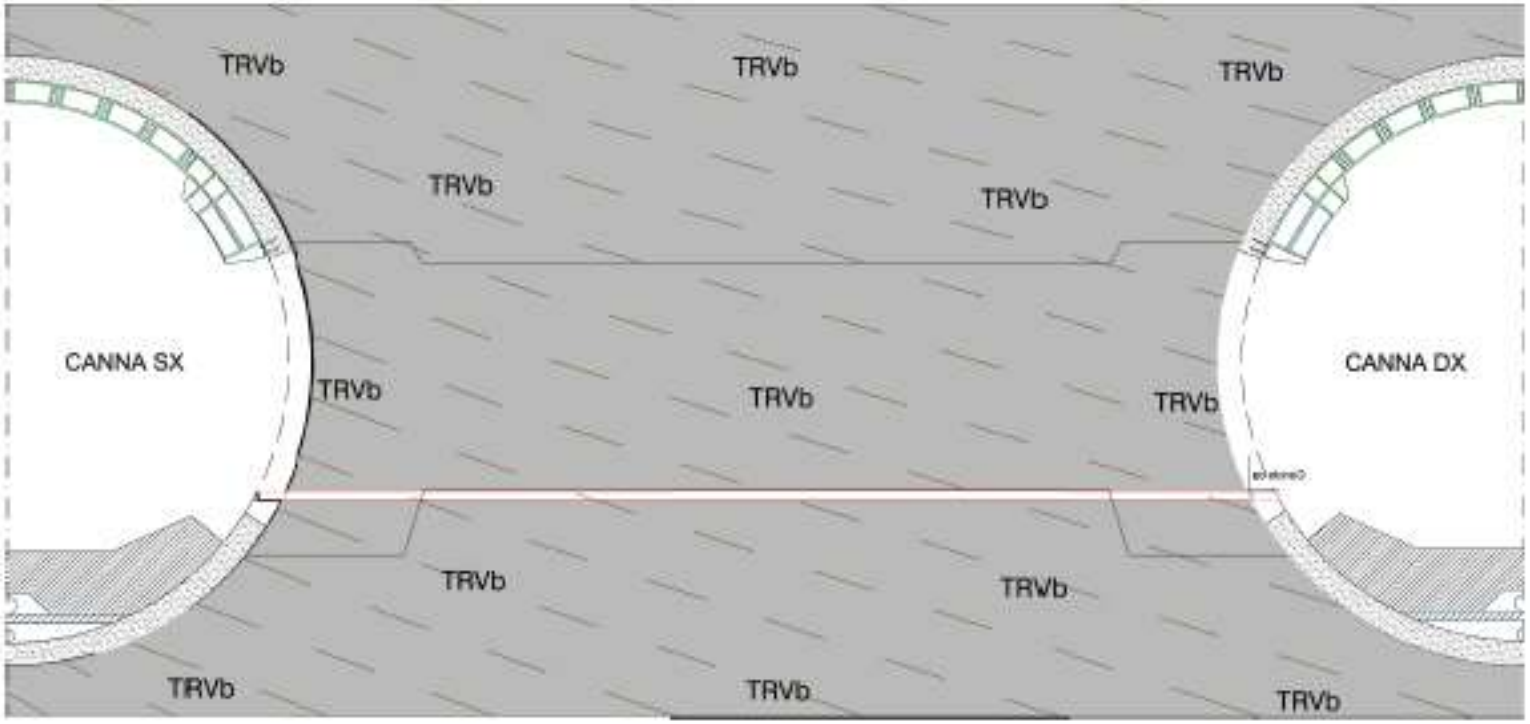
PROGETTO: Scavo By-Pass n. 2 pedonale

SONDAGGIO: S1656h

DATA: 19/20 Gennaio 2018

Profond. m	Rilievo GAS	Falda acquifera	SCALA	COLONNA STRAT.	STRATIGRAFIA	CAROTAGGIO % (21 50 75 100)	RIMBOMBINO PASSABILE Kg/cm2 (1 2 3 4 5)	RQD % (25 50 75 100)
0.70					Concio in c.a. Canna DX			
0.80			1		Malta di retroiniezione TBM			
10.00	CH_4 10%LEL		10					
			12		TRVB: Argille limose grigio scure a struttura brecciata a tratti scagliettata. Consistenza elevata.			
15.00	CH_4 10%LEL		15					
20.00			20					
23.00			23		Malta di retroiniezione TBM			
23.10					Concio in c.a. Canna SX			
23.80			24					

Sezione Geologica - By-Pass Pedonale n. 2 - Anello 1656 - Canna DX



TRVb — Argille limose grigio scure a struttura brecciata a tratti scagliettata. Consistenza elevata. Fm. Terravecchia

Sondaggio $S_{1656}h$ 19/20-01-2018

	Nullo-Basso	Medio	Alto
H_2O			
CH_4			
H_2S			

MODELLO GEOLOGICO BP 2

Lo scavo del ByPass 2 interesserà il fianco di anticlinale , con asse NO-SE , costituito dalle brecce argillose della Form. Terravecchia, interessata da un sistema di faglie dirette con direzione ONO-ESE che ribassano gli strati da Sud verso Nord.

La presenza in sottosuolo di formazioni argillose impermeabili non permette il formarsi di falda acquifera.

CRITICITA' GEOLOGICHE

La presenza di disturbi tettonici (faglie dirette) nelle formazione accentua i fenomeni di tettonizzazione dell'ammasso argilloso, con fasce di intensa fratturazione e scagliettatura del materiale e "caoticizzazione" delle stratificazioni originarie.

La formazione delle brecce argillose della Form. Teravecchia è caratterizzata da un comportamento rigonfiante che si esplica con una variazione di volume o con una pressione vera e propria e con fenomeni estrusivi, ben descritti nella relazione geotecnica a supporto del progetto di variante.

La zona interessata dalla realizzazione del ByPass 2 è ubicata al di fuori delle area critiche individuata nell'apposita relazione geotecnica contrassegnate da valori elevati di volume perso/cedimento.

Andranno adottati quindi tutti gli accorgimenti necessari al fine di ottenere la minimizzazione degli effetti deformativi al contorno dei by pass.

CONDIZIONI IDROGEOLOGICHE

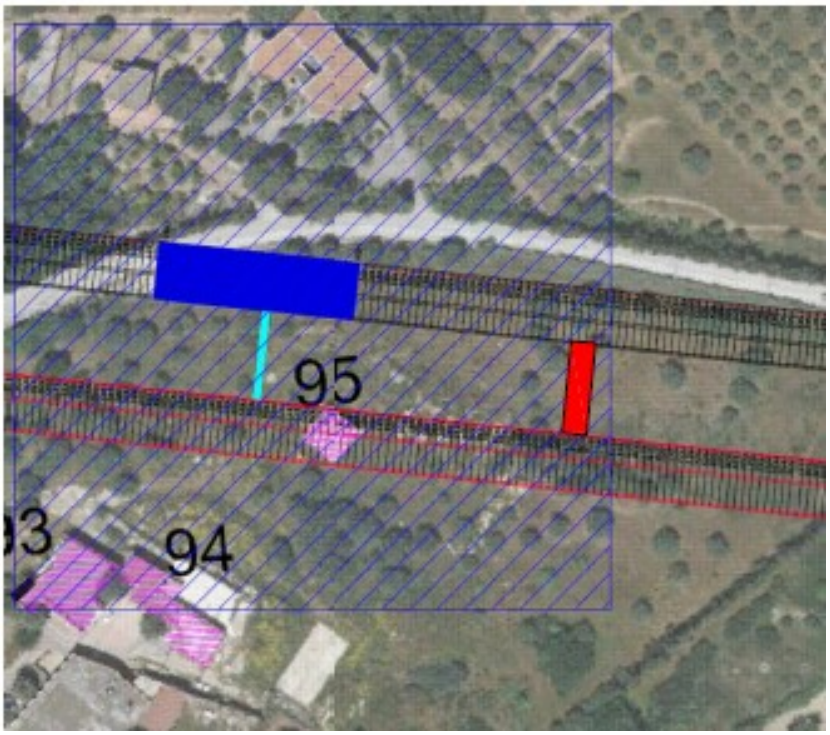
Dal punto di vista idrogeologico è assente circolazione idrica nei terreni argillosi.

PRESENZA DI GAS

Durante le indagini di progetto esecutivo e durante lo scavo delle canne sono state rilevate manifestazioni di gas metano nell'area del ByPass 2; il sondaggio SI09_14 rilevava nelle carote odore di idrogeno solforato da m 47 a 60 m e tracce di metano, in percentuale massima di 0.1 % con un picco a 77 m dal p.c. di CH_4 con flusso in rapida estinzione.

BY PASS PEDONALE 3

Il ByPass pedonale 3 è ubicato tra la progr. 15+962,09 in canna destra e la progr. 15+975,49 in canna sinistra, prolungandosi per circa 28 metri.



La copertura in corrispondenza dell'asse della canna dx è di circa 97,20 m , mentre in corrispondenza dell'asse della canna sx è di 89,00 m.

STUDIO DELLE INDAGINI EFFETTUATE PER LA REDAZIONE DEL PROGETTO ESECUTIVO DELLE OPERE

L'area interessata dalla realizzazione del BP 3 è stata indagata con sondaggi geognostici eseguiti nell'anno 2010, durante la fase 2 della campagna geognostica condotta tra ottobre e dicembre 2010. In particolare le indagini sono consistite nell'esecuzione di un sondaggio a carotaggio continuo denominato SI27 profondo 150 m (SI27) con prelievo di campioni indisturbati in numero adeguato alla caratterizzazione geomeccanica dell'intera colonna stratigrafica. Il sondaggio è stato attrezzato con tubo piezometrico aperto, al fine di monitorare e campionare l'acqua della falda contenuta nell'acquifero ritrovato tra 58 e 87 m di profondità.

Sondaggio	Tipologia	Progr. Km	Profondità (m)	Campioni		
				N°	Denominazione	Profondità (m)
SI26		13+460	50,00	1	C1	25,60-26,00
				2	C2	50,00-50,30
SI26 bis	-	13+420	90,00	1	C1	24,30-24,60
				2	C2	50,00-50,50
				3	C3	75,00-75,50
SI27	Piezometro	15+820	150,00	1	C1	15,00-15,35
				2	C2	40,00-40,50
				3	C3	90,50-90,90
				4	C4	103,50-104,00
				5	C5	125,00-125,40
				6	C6	142,50-143,00

Nello stesso anno durante la fase 3 si è proceduto nella stessa area alla realizzazione di n. 2 perforazioni a carotaggio continuo condotte con profondità comprese tra 105 e 120 m di prof. da p.c. denominati SI42 e SI44 e si proceduto alla esecuzione di perforazione a distruzione di nucleo per la installazione di altrettanti pozzi, rispettivamente PZ1 prof. 140 m, PZ2 prof. 120 m, PZ3 prof. 120 m, utili alla esecuzione di prove di emungimento di lunga durata (48 ore), finalizzate alla determinazione dei parametri idraulici degli acquiferi interessati dal cavo della galleria.

Sigla	*Prog. Km*	*Prof. (m)*	*Camp. Ind. (n)*	*Tipologia installazione*	*Prove*
SI39	13+600	120	6	n. 1 cella Casagrande	2 Lefranc
SI40	14+150	130	7	n. 1 cella Casagrande	2 Lefranc – 1 Slug test
SI41	15+770	120	6	n. 2 celle Casagrande	2 Lefranc – 1 Slug test
SI42	15+900	117	6	n. 2 celle Casagrande	3 Lefranc
SI43	13+710	110	-	n. 1 cella Casagrande	1 Slug test
SI44	16+000	105	-	Piezometro a tubo aperto DN 3"	1 Lefranc
SI45	14+275	130	-	Piezometro a tubo aperto DN 3"	1 Lefranc – 1 Slug test
SI46	14+115	130	-	n. 1 cella Casagrande	2 Lefranc – 1 Slug test
PZ1	14+190	140	-	Piezometro a tubo aperto DN 4,5"	Emungimento
PZ2	15+890	120	-	Piezometro a tubo aperto DN 4,5"	Emungimento
PZ3	13+700	120	-	Piezometro a tubo aperto DN 4,5"	Emungimento

Sono state, inoltre, eseguite delle prove di permeabilità in foro (tipo Lefranc a carico variabile) per alcuni dei sondaggi eseguiti, in corrispondenza delle quote di installazione delle celle di Casagrande e laddove ritenuto necessario in fase di esecuzione. Si è proceduto, inoltre, alla esecuzione di prove idrauliche di tipo Slug Test in corrispondenza di alcuni piezometri, per la verifica speditiva della permeabilità in corrispondenza degli stessi piezometri, oltre che dei livelli piezometrici effettivi.

E' stata effettuata nell'area n. 1 prova sismica di superficie con tecnica a riflessione, lungo l'asse longitudinale della galleria Caltanissetta, di lunghezza variabile tra 72 e 252 m.

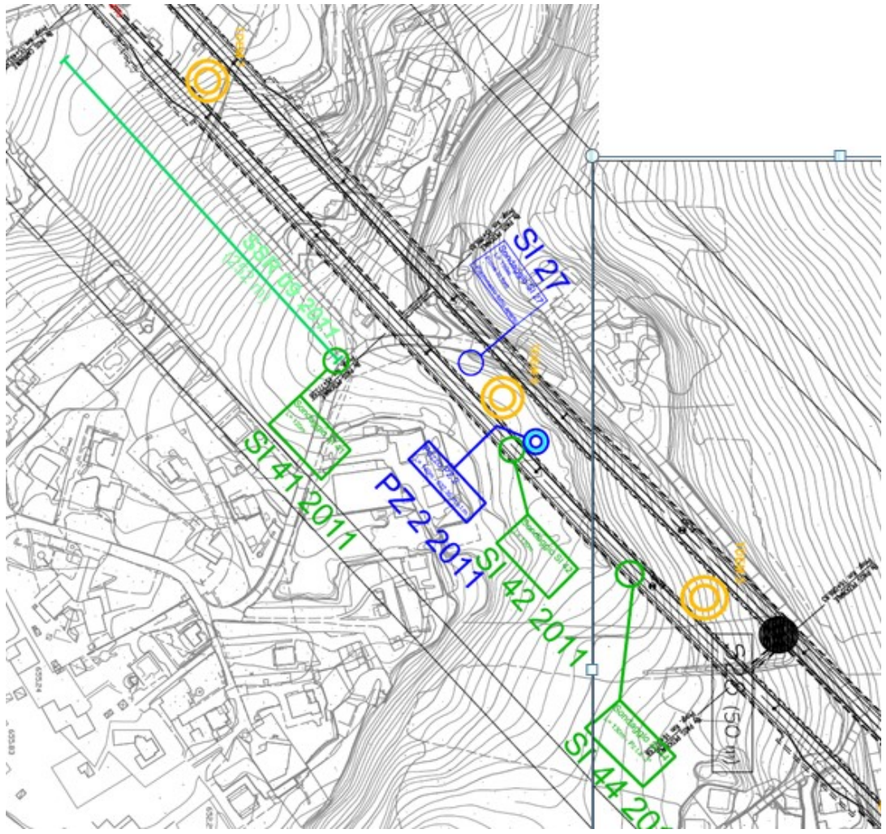
Sigla	Lungh. (m)	Tipologia	Prog. Km
SSR09	252	Sismica a riflessione	15+500
SSR10	114	Sismica a riflessione	13+220
SSR11	75	Sismica a riflessione	14+950
SSR12	72	Sismica a riflessione	15+130

I dati dello studio geologico a supporto della progettazione esecutiva evidenziano come dalla prog. 15+550 il tracciato della galleria interessa una zona fortemente deformata con sovrapposizione anomala dei terreni delle argille brecciate del Tortoniano (TRVb) e dei calcari evaporitici della Form.Calcari di Base (GTL1) sulle marne argillose della Form.dei Trubi.

Tale interpretazione è supportata, oltre che dai rilievi di superficie, dai risultati dei sondaggi **SI 27, SI42, SI44**, dai sondaggi integrativi **SI07_14 e SI08_14** e dalle indagini geofisiche con esecuzione della prova sismica **SSR09 252** con sismica a riflessione e stendimento di circa 250 m .

I calcari evaporitici sono deformati a formare strette anticlinali interessate da faglie inverse. Agli esiti di tale deformazione, con carattere fortemente compressivo, e databile al Pliocene Medio, si sommano i risultati di una tettonica distensiva post pliocenica, con formazione di faglie dirette che ribassano i terreni verso NE.

Alla prog. 15+800 infatti una importante discontinuità individuabile con una faglia normale (rigetto oltre 30 m), di epoca successiva ai sovrascorrimenti sopra descritti, pone a contatto i Trubi con i Calcari evaporitici messiniani .



Da 0,00 a 60,00 m. Perforazione a distruzione di nucleo

Committente	EMPEDOCLE 2
Cantiere	Indagini Geognostiche
Località	SS640 2° Lotto 3 fase
Data inizio	16/03/2011 Data Fine 28/03/11

Stratigrafia	Descrizione	Profondità	Potenza	Cassetta	Pocket	Campioni
	Argilla marnosa consistente, di colore grigio chiaro con inclusi marnosi debolmente fratturati	61.00	61.00	1		
	Argilla marnosa e marna argillosa, consistente, di colore grigio chiaro-biancastro, con livelli marnosi fratturati.	71.00	8.00	2		
	Argilla marnosa fortemente consistente di colore grigio-verdastro, con inclusi livelli di calcare fratturato di colore biancastro. Blocco calcareo tra 72,80 e 73,10 m.	74.60	3.60	3		
	Argilla marnosa consistente, fratturata nella porzione marnosa, di colore grigio-biancastro, con inclusi frammenti di natura calcarea.	76.40	1.80	4		
	Calcare fratturato e frammentato di dimensioni centimetriche di colore grigio-biancastro, misto ad argilla marnosa. Alternato a livelli di argilla marnosa di colore grigio-verdastro.	79.30	2.90			
	Argilla marnosa di colore grigio-biancastro, scagliosa, fratturata, a struttura brecciata, con inclusi litici di natura calcarea.	82.60	3.30	5		
	Argilla limosa mista a calcare fratturato e frammentato di colore grigio-biancastro. Alternato a	86.70	3.90			

Permeabilità (60,50 m.)

Permeabilità (70,50 m.)

SIDERCEM

Timbro a secco

CBC 015 093

Committente	EMPEDOCLE 2
Cantiere	Indagini Geognostiche
Località	SS640 2° Lotto 4°Fase
Data inizio	27/06/11 Data Fine 01/07/11

SONDAGGIO SI4

Stratigrafia	Descrizione	Profondità
	D.N. Cuttig: Marna argillosa grigio-biancastra.	
	Marna argillosa consistente di colore grigio-biancastro, con inclusi livelli di marna calcarea.	57.00
	D.N. Cutting: Marna grigio-biancastra.	60.00
	Marna argillosa alternata a marna calcarea fratturata, di colore biancastro, con livelli di colore grigio chiaro.	65.00

SIDERCEM

Timbro a secco

CBC 015 791

Committente	CMC
Cantiere	SS 640-II Lotto
Località	
Data inizio	14/10/2010 Data Fine 09/11/2010

SONDAGGIO SI27

Stratigrafia	Descrizione	Profondità	Potenza	Cassetta	Fasto	Campioni	Piezometro
	Terreno vegetale e sabbia debolmente limosa	0.20	0.20				
	Sabbia a grana medio fine di colore giallastro con livello calcarenitico a circa 1,50m	2.00	1.80	1			
	Sabbia debolmente limosa a grana medio fine di colore giallo nocciola	2.20	0.20				
	Limo sabbioso argilloso di colore nocciola con intercalazioni di calcare marnoso biancastro	3.00	0.30				
	Argilla con limo di colore nocciola con striature grigiastre, plastica, con intercalazioni di livelli di limo sabbioso alterato	4.00	1.00				
	Argilla marnosa di colore grigio-azzurro con striature nocciola, consistente	7.00	2.40	2			
	Argilla marnosa di colore grigiastro, consistente, alternata a livelli di argilla limosa debolmente marnosa	10.20	3.20				
	Argilla marnosa passante a marna argillosa di colore grigio chiaro, consistente	11.10	0.90	3			
	Marna argillosa di colore grigio chiaro a tratti fratturata	17.00	6.70	4		15.00 DS 16.35	
	Argille marnose e marne argillose di colore grigio biancastro (la porzione marnosa si presenta fratturata e con visibile stratificazione)		10.20	5			

SIDERCEM

Timbro a secco

CBC 014 476

Stratigrafia	Descrizione	Profondità	Potenza	Cassetta	Pocket	Campioni
	Argilla marnosa a struttura brecciata, consistente, scagliosa, di colore grigio-verdastro, con incluso calcareo frantumato di colore biancastro.	94.30	2.10	6		
	Breccia calcarea in matrice limo-argillosa, poco consistente di colore biancastro.	96.90	2.60			
	Argilla limosa di colore da grigio-verdastro a grigio biancastro, con inclusi litici di natura calcarea millimetrici e centimetrici di colore biancastro.	97.60	0.80	8		
	Breccia calcarea in matrice limo-argillosa, poco consistente di colore biancastro. (All'olfatto debole presenza di zolfo).	99.90	2.30	9		
	Breccia calcarea in matrice limo-argillosa, poco consistente di colore biancastro. Alternata a livelli di argilla marnosa di colore grigio-biancastro. (All'olfatto debole presenza di zolfo).	105.80	5.90	10		

Permeabilità (110,00 m.)

SIDERCEM

Timbro a secco

CBC 015 093

Stratigrafia	Descrizione
	Marna argillosa alternata a livelli marnosi fratturati di colore grigio chiaro (all'olfatto presenza di solfati).
	Marna fortemente fratturata alternata a livelli di marna argillosa di colore grigio-biancastro.
	Argilla marnosa e argilla limosa, consistente a struttura brecciata, di colore grigio-verdastro (all'olfatto presenza di idrocarburi).

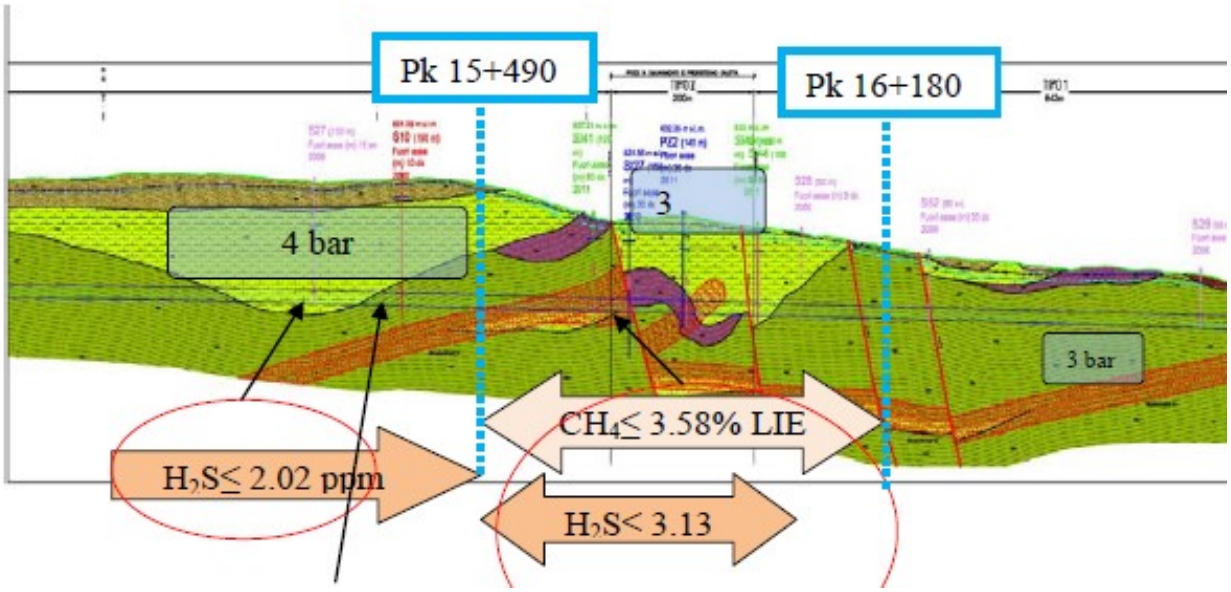
STUDIO DEI DATI DERIVANTI DALLO SCAVO DELLE CANNE SINISTRA E DESTRA DELLA GALLERIA NATURALE CALTANISSETTA

I dati derivanti dall'osservazione del marino scorrente sul nastro e dal monitoraggio dei parametri di scavo hanno evidenziato la correttezza dei dati del modello geologico.

Dati derivanti dallo scavo della canna sinistra

Lo scavo della canna sx , nell'area del BP 3 , ha interessato le Argille brecciate tortoniane (TRVB) intensamente tettonizzate .

Durante lo scavo sono state registrate manifestazioni di gas con presenza sia di idrogeno solforato con punte massime di **3.13 ppm** che di metano con punte massime di **3.58% LIE.**

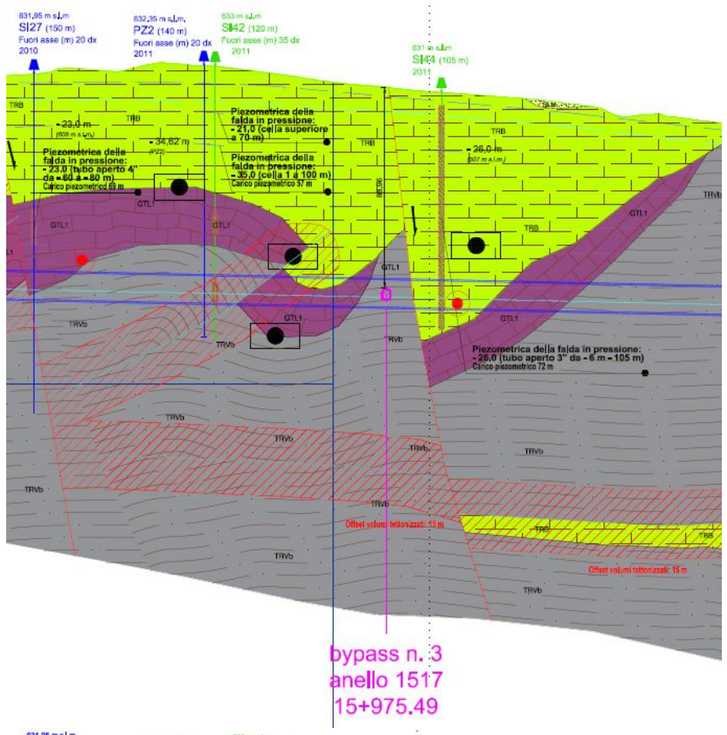


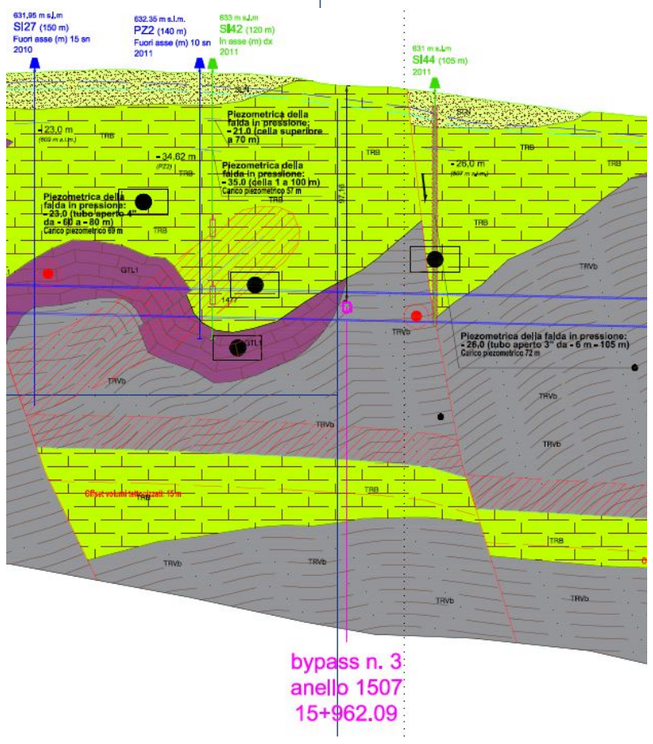
Dati derivanti dallo scavo della canna destra

Lo scavo della canna dx , nell'area del BP 3 , ha interessato le Argille brecciate tortoniane (TRVB) intensamente tettonizzate .

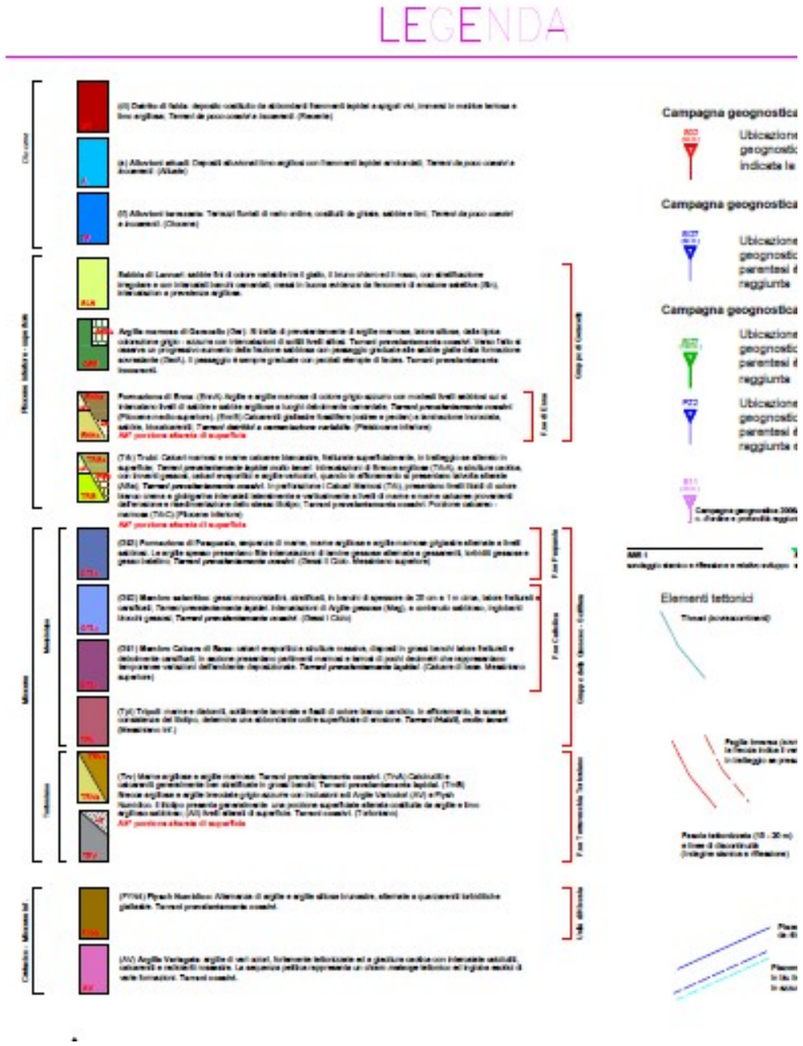
Durante lo scavo sono state registrate manifestazioni di gas con presenza sia di idrogeno solforato analoghe a quelle rilevate in canna sx.

Profilo geologico PE canna destra





Profilo geologico PE canna sinistra



STUDIO DEI DATI RICAVATI DALLA CAMPAGNA INTEGRATIVA DI INDAGINI GEOGNOSTICHE IN CORRISPONDENZA DEI BYPASS PREVISTI CON MONITORAGGIO ACQUA DI SOTTOSOSUOLO E GAS

Al fine di avere un riscontro di dettaglio della stratigrafia, delle caratteristiche idrogeologiche e di eventuale presenza di manifestazioni di gas è stato effettuato un sondaggio geognostico a carotaggio in corrispondenza della progressiva di realizzazione del ByPass 3 denominato B3.

Il sondaggio **B3** è stato realizzato in canna destra alla progr. 15+962,09 in progressione verso la canna sinistra. Il sondaggio è stato spinto sino a 27 m di lunghezza , indagando così l'intero tratto interessato dal Bypass 3.

Il carotaggio eseguito ha evidenziato come i terreni tra le due canne interessati dalla realizzazione del ByPass pedonale 3 siano costituiti da argille limose grigio scure a struttura brecciata, talora scagliettata, di consistenza elevata, ascrivibili alla formazione Terravecchia (TRV b).

Va evidenziata però l'interferenza della sezione di scavo con l'opera di captazione denominata pozzo 10, costituente uno dei pozzi della batteria di emungimento realizzata nell'area della collina S.Elia per deprimere la falda durante la realizzazione dello scavo della Galleria Naturale Caltanissetta.

Durante il carotaggio è stata perforata la tubazione in PVC del condizionamento del pozzo 10 e drenata l'acqua presente nel pozzo, con rapida diminuizione del flusso drenato.

MODELLO GEOLOGICO BP 3

Lo scavo del ByPass 3 interesserà il fianco di una sinclinale, con asse NO-SE , costituito dalle brecce argillose della Form. Terravecchia, interessato nel fianco settentrionale da una faglia diretta, con direzione ONO-ESE che, ribassando gli strati da Sud verso Nord, mette a contatto le brecce argillose con le marne calcaree ed argillose della Form. dei Trubi.

Le brecce argillose della Form. Terravecchia sono intensamente tettonizzate.

La presenza in sottosuolo di formazioni argillose impermeabili non permette il formarsi di falda acquifera.

CRITICITA' GEOLOGICHE

La presenza di disturbi tettonici (faglie inverse e dirette) nelle formazione accentua i fenomeni di tettonizzazione dell'ammasso argilloso, con fasce di intensa fratturazione e scagliettatura del materiale e "caoticizzazione" delle stratificazioni originarie.

La formazione delle brecce argillose della Form. Terravecchia è caratterizzata da un comportamento rigonfiante che si esplica con una variazione di volume o con una pressione vera e propria e con fenomeni estrusivi, ben descritti nella relazione geotecnica a supporto del progetto di variante.

La zona interessata dalla realizzazione del ByPass 3 è ubicata al di fuori delle area critiche individuata nell'apposita relazione geotecnica contrassegnate da valori elevati di volume perso/cedimento.

Andranno adottati quindi tutti gli accorgimenti necessari al fine di ottenere la minimizzazione degli effetti deformativi al contorno dei by pass.

CONDIZIONI IDROGEOLOGICHE

Dal punto di vista idrogeologico è assente circolazione idrica nei terreni argillosi, ma l'area del BP 3 rientra nell'area critica denominata Area Pozzi , caratterizzata da elevati battenti idraulici della falda permeante i calcari evapori tic presenti a tetto delle argille brecciate TRV b. In tale area era ubicata la batteria di pozzi emungenti la falda acquifera attivati durante il passaggio della TBM ; durante il carotaggio del B3 è stata perforata infatti la tubazione in PVC del condizionamento del pozzo 10 e drenata l'acqua presente nel pozzo, con rapida diminuzione del flusso drenato.

PRESENZA DI GAS

Sebbene il sondaggio B3 non abbia rilevato manifestazione di gas, durante le indagini di progetto esecutivo sono state segnalate manifestazioni di gas metano nell'area del ByPass 3; il monitoraggio a boccaforo delle emissione gassose nei sondaggi di supporto alla progettazione esecutiva rileva tracce di metano, in percentuale massima di 0,5%, CO variabile tra 1 e 5 ppm, $C0_2$ in percentuale massima di 1,8% ed O_2 in percentuale del 17,6% (m 87) .

Nel pozzo **PZ 2** le analisi condotte sui gas estratti tramite gorgogliamento dalla matrice acqua hanno evidenziato la presenza di idrogeno solforato (**H_2S**) con valore di **91,9 mg/l .**

Il modello emissivo, in questa parte del tracciato, vede le manifestazioni di gas fortemente legate associate all'acquifero ed una prevalenza di flussi di H2S rispetto al metano. La ricostruzione del modello geo-tettonico è stata confermata dai risultati del monitoraggio

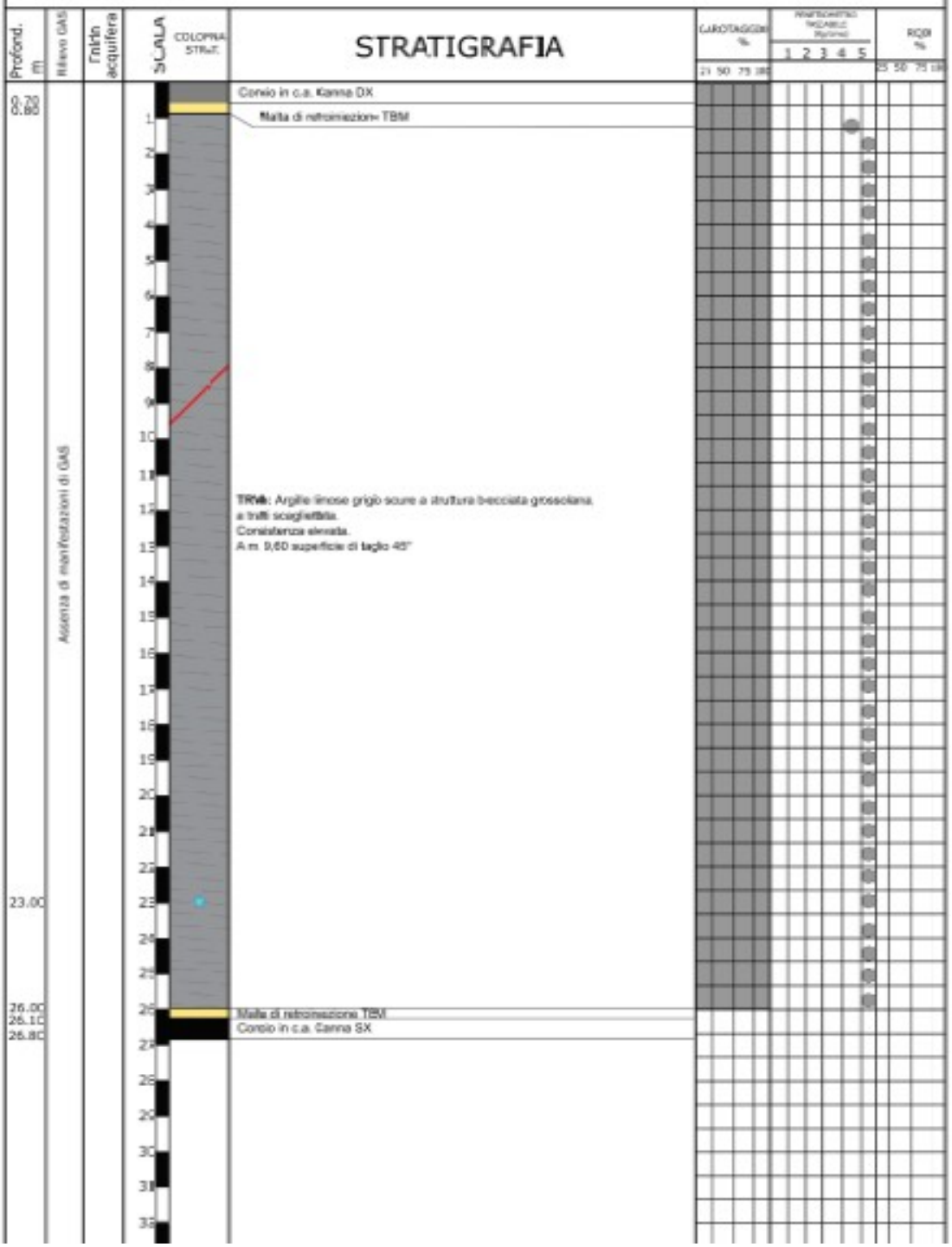
COMMITTENTE: Cons. Empedocle 2 S.c.p.a.

LOCALITA': G.N. Caltanissetta - Canna DX - Anello 1507 Pk 15+962.09

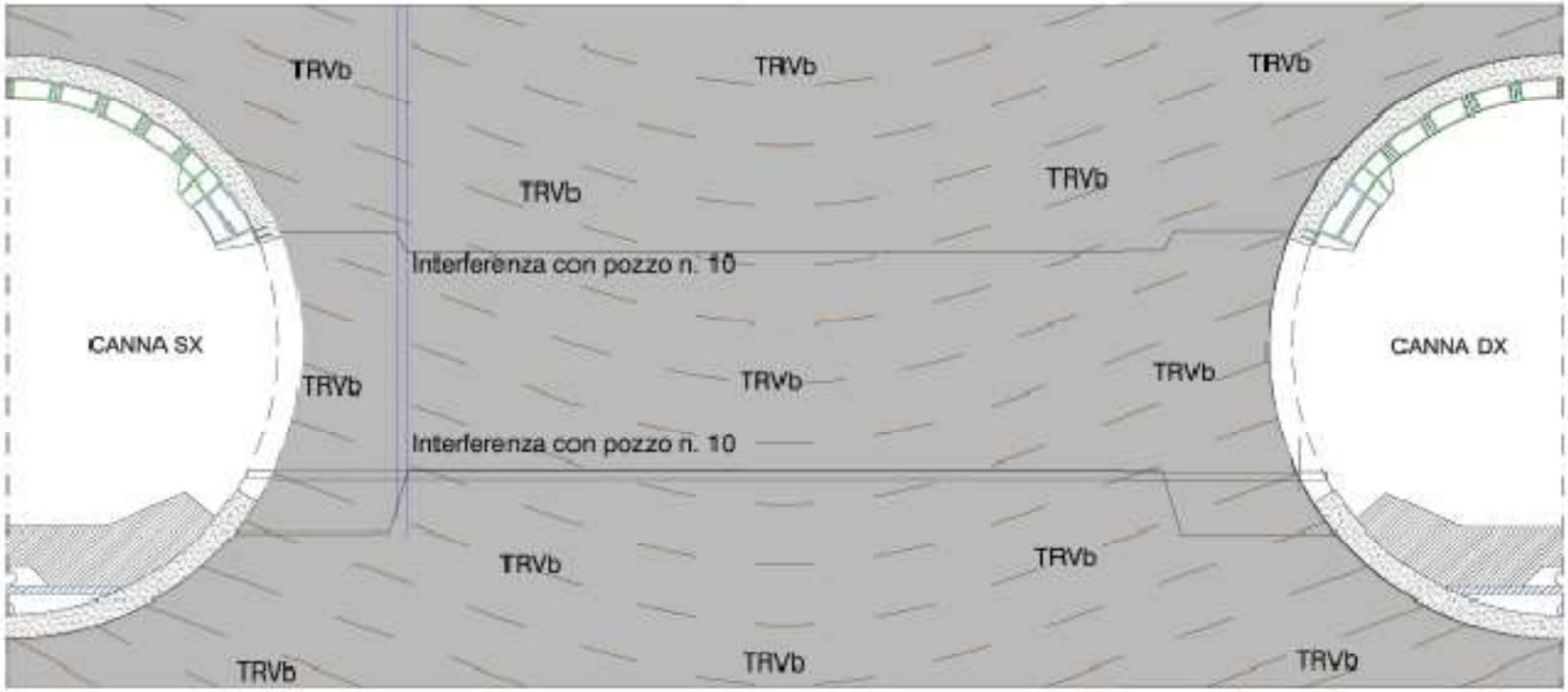
PROGETTO: Scavo By-Pass n. 3 pedonale

SONDAGGIO: S1507h

DATA: 19 Gennaio 2018



Sezione Geologica - By-Pass Pedonale n. 3 - Anello 1507 - Canna DX



TRVb — Argille limose grigio scure a struttura brecciata a tratti scagliettata. Consistenza elevata. Fm. Terravecchia

Sondaggio S_{1507}h 19-01-2018

	Nullo-Basso	Medio	Alto
H_2O			
CH_4			
H_2S			

BY PASS CARRABILE 4

Il ByPass carrabile 4 è ubicato tra la progr. 15+662,09 in canna destra e la progr. 15+675,49 in canna sinistra, prolungandosi per circa 28 metri.

Stralcio ortofoto con ubicazione in rosso del By Pass 4

La copertura in corrispondenza dell'asse della canna dx è di circa 113,50 m , mentre in corrispondenza dell'asse della canna sx è di 114,20 m.

STUDIO DELLE INDAGINI EFFETTUATE PER LA REDAZIONE DEL PROGETTO ESECUTIVO DELLE OPERE

L'area interessata dalla realizzazione del BP 3 è stata indagata con sondaggi geognostici eseguiti nell'anno 2010, durante la fase 2 della campagna geognostica condotta tra ottobre e dicembre 2010. In particolare le indagini sono consistite nell'esecuzione di un sondaggio a carotaggio continuo denominato SI27 profondo 150 m (SI27) con prelievo di campioni indisturbati in numero adeguato alla caratterizzazione geomeccanica dell'intera colonna stratigrafica. Il sondaggio è stato attrezzato con tubo piezometrico aperto, al fine di monitorare e campionare l'acqua della falda contenuta nell'acquifero ritrovato tra 58 e 87 m di profondità.

Sondaggio	Tipologia	Progr. Km	Profondità (m)	Campioni		
				N°	Denominazione	Profondità (m)
SI26		13+460	50,00	1	C1	25,60-26,00
				2	C2	50,00-50,30
SI26 bis	-	13+420	90,00	1	C1	24,30-24,60
				2	C2	50,00-50,50
				3	C3	75,00-75,50
SI27	Piezometro	15+820	150,00	1	C1	15,00-15,35
				2	C2	40,00-40,50
				3	C3	90,50-90,90
				4	C4	103,50-104,00
				5	C5	125,00-125,40
				6	C6	142,50-143,00

Nell'anno 2011 durante la fase 3 si è proceduto nella stessa area alla realizzazione di n. 1 perforazione a carotaggio continuo spinta a profondità di 120 m di prof. da p.c. denominati SI41. Si proceduto alla esecuzione di perforazione a distruzione di nucleo per la installazione di altrettanti pozzi, rispettivamente PZ1 prof. 140 m, PZ2 prof. 120 m, PZ3 prof. 120 m, utili alla esecuzione di prove di emungimento di lunga durata (48 ore), finalizzate alla determinazione dei parametri idraulici degli acquiferi interessati dal cavo della galleria.

Sigla	*Prog. Km*	*Prof. (m)*	*Camp. Ind. (n)*	*Tipologia installazione*	*Prove*
SI39	13+600	120	6	n. 1 cella Casagrande	2 Lefranc
SI40	14+150	130	7	n. 1 cella Casagrande	2 Lefranc – 1 Slug test
SI41	15+770	120	6	n. 2 celle Casagrande	2 Lefranc – 1 Slug test
SI42	15+900	117	6	n. 2 celle Casagrande	3 Lefranc
SI43	13+710	110	-	n. 1 cella Casagrande	1 Slug test
SI44	16+000	105	-	Piezometro a tubo aperto DN 3"	1 Lefranc
SI45	14+275	130	-	Piezometro a tubo aperto DN 3"	1 Lefranc – 1 Slug test
SI46	14+115	130	-	n. 1 cella Casagrande	2 Lefranc – 1 Slug test
PZ1	14+190	140	-	Piezometro a tubo aperto DN 4,5"	Emungimento
PZ2	15+890	120	-	Piezometro a tubo aperto DN 4,5"	Emungimento
PZ3	13+700	120	-	Piezometro a tubo aperto DN 4,5"	Emungimento

Sono state, inoltre, eseguite delle prove di permeabilità in foro (tipo Lefranc a carico variabile) per alcuni dei sondaggi eseguiti, in corrispondenza delle quote di installazione delle celle di Casagrande e laddove ritenuto necessario in fase di esecuzione. Si è proceduto, inoltre, alla esecuzione di prove idrauliche di tipo Slug Test in corrispondenza di alcuni piezometri, per la verifica speditiva della permeabilità in corrispondenza degli stessi piezometri, oltre che dei livelli piezometrici effettivi.

E' stata effettuata nell'area n. 1 prova sismica di superficie con tecnica a riflessione, lungo l'asse longitudinale della galleria Caltanissetta, di lunghezza di 252 m, denominata SSR 09

Sigla	Lungh. (m)	Tipologia	Prog. Km
SSR09	252	Sismica a riflessione	15+500
SSR10	114	Sismica a riflessione	13+220
SSR11	75	Sismica a riflessione	14+950
SSR12	72	Sismica a riflessione	15+130

Nell'anno 2014 è stata effettuata una campagna integrativa di sondaggi geognostici. Nell'area del BP 4 è stato effettuato il sondaggio denominato SI07/14. Il sondaggio era ubicato lungo il tracciato della canna dx alla progr.15+800 .

La stratigrafia del sondaggio, dedotta dal cutting, è la seguente :

0.00 - 47.00 m	Marne argillose ed argille marnose grigio chiare-turchine. (Form . Trubi)
47.00 - 60.00 m	Calcari evaporitici biancastri
60.00 - 84.00 m	Argille grigio scure; struttura brecciata.
84.00 - 115.00 m	Marne argillose grigio chiare-turchine; struttura sottilmente stratificata; Consistenza elevata. (Form . Trubi). Da 94,00 a 94,50 e da 97 a 98 m marne calcaree interessate da superfici di frattura inclinate di 40° e con superfici lucide e strie di scorrimento.Da 103 a 104 m marne intensamente fratturate; da 104 a 109 m forte odore di idrocarburi A m 105 presenza di piano di frattura verticale
115.00 - 118.00 m	Argille grigio scure; struttura brecciata e scagliettata con superfici lucide di scorrimento in frattura; Consistenza elevata. Da m 109 a m 114 livelli di marne con piano di frattura inclinati a 50° e superfici lucide di scorrimento

Si rileva falda acquifera permeante i calcari evaporitici. Il foro è stato attrezzato con piezometro Casagrande posto a profondità di m 95 dal p.c.

Si rileva nelle carote odore di idrogeno solforato da m 47 a 60 m.

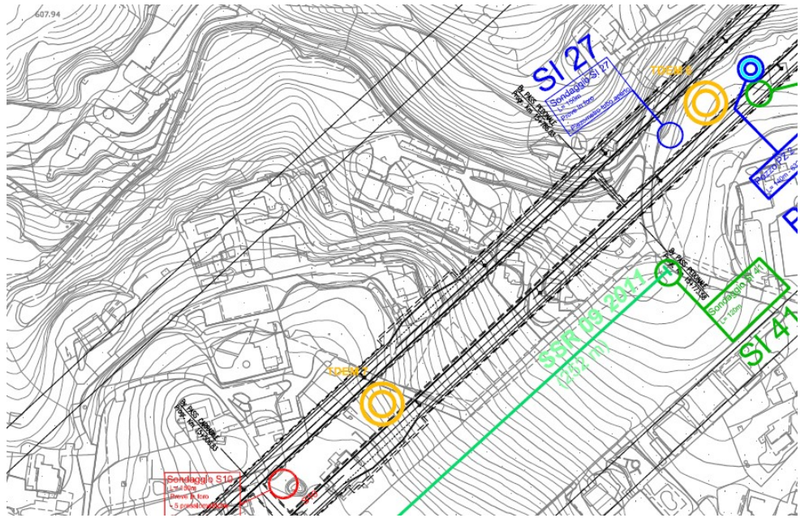
Il monitoraggio a boccaforo delle emissione gassose rileva tracce di metano, in percentuale massima di 0,5%, $C0_2$ in percentuale di 1,8% ed O_2 in percentuale del 17,6% solo alla profondità di m 87 m dal p.c.

I dati dello studio geologico a supporto della progettazione esecutiva evidenziano come dalla prog. 15+550 il tracciato della galleria interessa una zona fortemente deformata con formazione di accentuate sinclinali ed anticlinali e sovrapposizione anomala , per faglia inversa, dei terreni delle argille brecciate del Tortoniano (TRVb) e dei calcari evaporitici della Form.Calcari di Base (GTL1) sulle marne argillose della Form.dei Trubi.

Tale interpretazione è supportata, oltre che dai rilievi di superficie, dai risultati dei sondaggi **SI 27, SI42, SI44**, dai sondaggi integrativi **SI07_14 e SI08_14** e dalle indagini geofisiche con esecuzione della prova sismica **SSR09 252** con sismica a riflessione e stendimento di circa 250 m . I calcari evaporitici sono deformati a formare strette anticlinali interessate da faglie inverse.

Agli esiti di tale deformazione, con carattere fortemente compressivo, e databile al Pliocene Medio, si sommano i risultati di una tettonica distensiva post pliocenica, con formazione di faglie dirette che ribassano i terreni verso NE.

Alla prog. 15+800 infatti una importante discontinuità individuabile con una faglia normale (rigetto oltre 30 m), di epoca successiva ai sovrascorrimenti sopra descritti, pone a contatto i Trubi con i Calcari evaporitici messiniani .



SIDERCEM S.r.l. Istituto di Ricerca e Sperimentazione

C.F. - Iscr.C.C.I.A.A. di Caltanissetta 01754020874
P.I.V.A. 01479620856 Capitale Sociale € 100.774,92 i.v.

Timbro a secco

CBC 015 791

Committente	CMC
Cantiere	SS 640-II Lotto
Località	
Data inizio	14/10/2010 — Data Fine 09/11/2010

SONDAGGIO **SI27**

Stratigrafia	Descrizione	Profondità	Potenza	Cassetta	Falda	Campione	Piezometro
	Terreno vegetale e sabbia debolmente limosa	0.20	0.20				
	Sabbia a grana medio fine di colore giallastro con livello calcarenitico a circa 1,50m	2.00	1.80				
	Sabbia debolmente limosa a grana medio fine di colore giallo nocciola	2.70	0.70	1			
	Limo sabbioso argilloso di colore nocciola con intercalazioni di calcare marnoso biancastro	3.00	0.30				
	Argilla con limo di colore nocciola con strisiture grigiastre, plastica, con intercalazioni di livelli di limo sabbioso alterato	4.60	1.60				
	Argilla marnosa di colore grigio-azzurro con strisiture nocciola, consistente		2.40				
	Argilla marnosa di colore grigiastro, consistente, alternata a livelli di argilla limosa debolmente marnosa	7.00	3.50	2			
	Argilla marnosa passante a marna argillosa di colore grigio chiaro, consistente	10.20	3.20				
	Marna argillosa di colore grigio chiaro a tratti fratturata	11.10	0.90	3		10.00 Q1 10.35	
	Argille marnose e marne argillose di colore grigio biancastro (la porzione marnosa si presenta fratturata e con visibile stratificazione)	17.00	5.70	4			
		22.00	5.00	5			

SIDERCEM S.r.l. Istituto di Ricerca e Sperimentazione

C.F. - Iscr.C.C.I.A.A. di Caltanissetta 01754020874
P.I.V.A. 01479620856 Capitale Sociale € 100.774,92 i.v.

Timbro a secco

CBC 015 792

Committente	EMPEDOCLE 2
Cantiere	Indagini Geognostiche
Località	SS640 2° Lotto 3° tase
Data inizio	24/02/2011 — Data Fine 14/03/2011

SONDAGGIO **SI41**

Quota s.l.m. 107,24 m

Stratigrafia	Descrizione	Profondità	Potenza	Cassetta	Pocket	Campione	Piezometro
	Terreno vegetale costituito da limo con sabbia, di colore bruno.	0.50	0.50				
	Limo sabbioso di colore brunastro, con presenza di sostanza organica.	1.70	1.20	1			
	Limo con sabbia a grana fina di colore nocciola-grigiastro.	4.00	2.30				
	Limo sabbioso di colore grigiastro, con inclusi livelli di sabbia di colore giallastro e litici di natura arenitica tra 3,70 e 4,00 m.	5.80	1.80	2			
	Sabbia a grana medio-fine, di colore giallastro-nocciola.	6.20	1.80				
	Limo sabbioso di colore grigiastro alternato a livelli di sabbia di colore giallstro-nocciola.	8.00					
	Sabbia limosa di colore grigiastro con inclusi litici centimetrici e millimetrici di natura arenitica e blocchi arenitici di 10 centimetri tra 9,60 e 9,80.		2.20	3			
	Sabbia a grana medio-fine, di colore grigiastro alternato a livelli di sabbia limosa con inclusi litici millimetrici.	10.20					
	Limo con sabbia, di colore grigiastro.	10.00	0.30				
	Argilla marnosa di colore grigio chiaro-biancastro, consistente.		2.30	4			
	Argilla marnosa e marna argillosa di colore grigio chiaro-biancastro, consistente, scagliosa con inclusi	12.50		5			

SIDERCEM S.r.l. Istituto di Ricerca e Sperimentazione

C.F. - Iscr.C.C.I.A.A. di Caltanissetta 01754020874
P.I.V.A. 01479620856 Capitale Sociale € 100.774,92 i.v.

Timbro a secco

CBC 015 792

Stratigrafia	Descrizione	Profondità	Potenza	Cassetta	Falda	Campione	Piezometro
	Argilla marnosa e marna argillosa, consistenti, di colore grigio chiaro-biancastro, scagliosa con inclusi livelli di sabbia limosa di colore grigiastro.	31.60	20.60	7			
	Argilla debolmente marnosa, a struttura brecciata, consistente, di colore grigio verdastro, con inclusi livelli marnosi biancastri.	34.70	3.10	8			
	Limo sabbioso di colore grigio chiaro-biancastro, con inclusi frammenti di natura calcarea.	34.90	0.20	9			
	Argilla marnosa, scagliosa con sottile stratificazione, di colore grigiastro (Alfolfatto probabile presenza di zolfo e idrocarburi).	37.00	2.10	10	Permeabilità (50 m)		
	Limo sabbioso di colore grigio chia-			11			

SIDERCEM S.r.l. Istituto di Ricerca e Sperimentazione

C.F. - Iscr.C.C.I.A.A. di Caltanissetta 01754020874
P.I.V.A. 01479620856 Capitale Sociale € 100.774,92 i.v.

Timbro a secco

Certificato N°		Prot. N.	CBA 002 259
		Data accettazione:	10/03/14
CBC 020 581	del 14/03/14	Periodo indagine:	Inizio: 27/02/14
			Fine: 18/03/14

Laboratorio: C.da C.P.: Tel.: 09345 Fax.: 09345 e-mail: info@ Divisione: Geot Settori: Inda Mecc Prov

Laboratorio già in 7481 del 10/07/201. (già in concessione 11/10/2004)

Contraente Generale: *Empedocle 2 S.c.p.a*

Oggetto *1° Programma per le opere Strategiche – (Legge n° 443/2001) S.S. 640 di "Porto Emp Agrigento-Caltanissetta-A19. Adeguamento a quattro corsie della S.S. 640 di "Porto Emp Km 44+000 allo svincolo con l'A19*

Geologo: *Dott. geol. Salvatore Manta* — **Profondità (m): da 94,00 a 112,00 mt** p.c.

Sondaggio: SI 07 14

Scala 1:100	Stratigrafia	Descrizione	Falda	Profondita'	Carotaggio	Piezometro
95		Argilla debolmente marnosa, con livelli di argilla limosa, molto consistente, di colore grigiastro.		94.00		
96						
97						
98						
99						
100						
101						
102						
103		Argilla marnosa, carotata fratturata, di colore dal grigio al verde, molto consistente.		103.00		
104						
105		Argilla debolmente marnosa, con livelli di argilla limosa, molto consistente, di colore grigiastro.		105.00		
106						

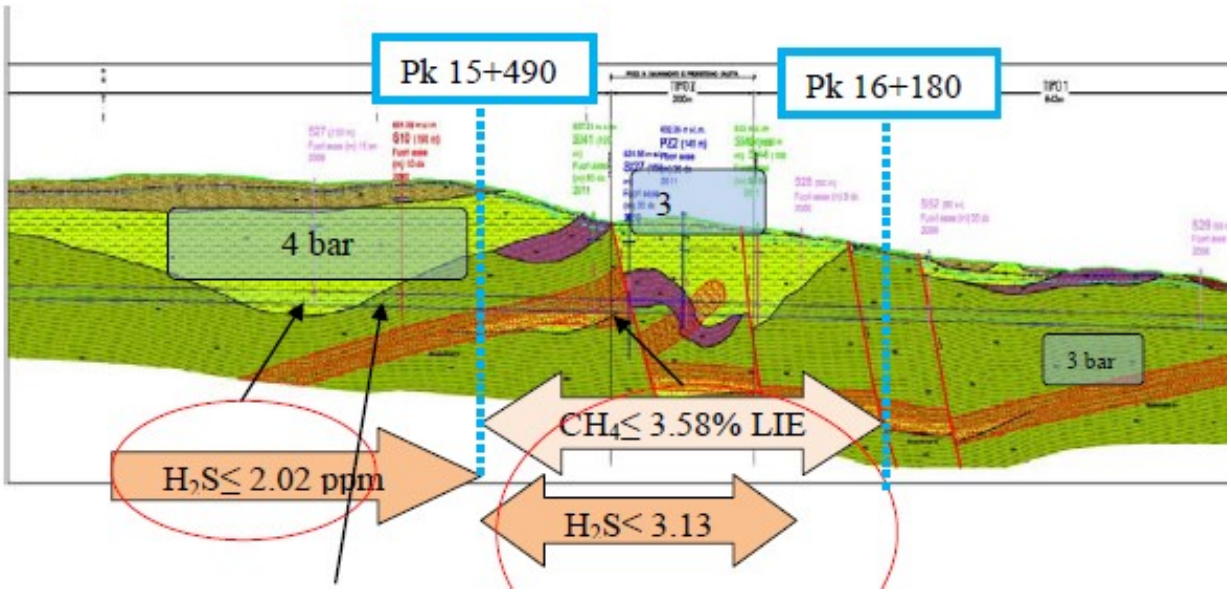
STUDIO DEI DATI DERIVANTI DALLO SCAVO DELLE CANNE SINISTRA E DESTRA DELLA GALLERIA NATURALE CALTANISSETTA

I dati derivanti dall'osservazione del marino scorrente sul nastro e dal monitoraggio dei parametri di scavo hanno evidenziato la fondamentale correttezza dei dati del modello geologico.

Dati derivanti dallo scavo della canna sinistra

Lo scavo della canna sx , nell'area del BP 4 , ha interessato le Argille brecciate grigie tortoniane (TRVB) intensamente tettonizzate e sovrapposte tettonicamente sulle marne argillose e calcaree biancastre della Form. dei Trubi. Nell'area del sovrascorrimento è stata scavata una breccia grossolana di faglia ad elementi argillosi grigi, di dimensioni variabile centimetriche-decimetriche, e elementi marnoso-calcarei biancastri fortemente alterati di simili dimensioni.

Durante lo scavo sono state registrate manifestazioni di gas con presenza sia di idrogeno solforato con punte massime di **3.13 ppm** che di metano con punte massime di **3.58% LIE.**



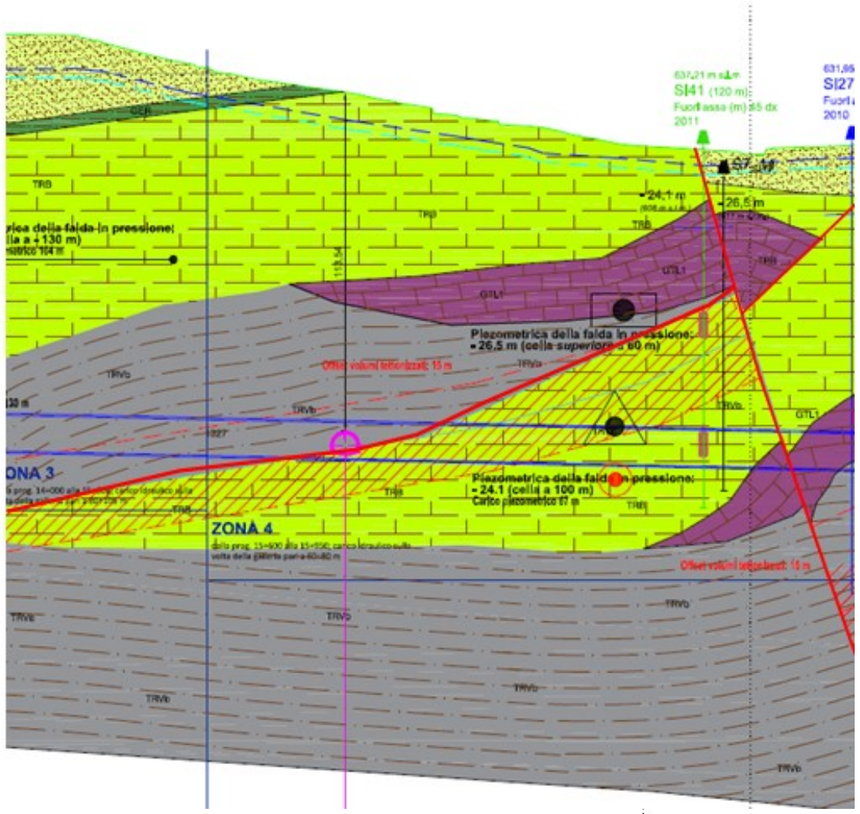
Lo scavo ha evidenziato inoltre la continuità dei Calcari di Base tra il sondaggio SI41 e SI 27. Le rocce calcaree sono risultate permeate da falda acquifera in pressione.

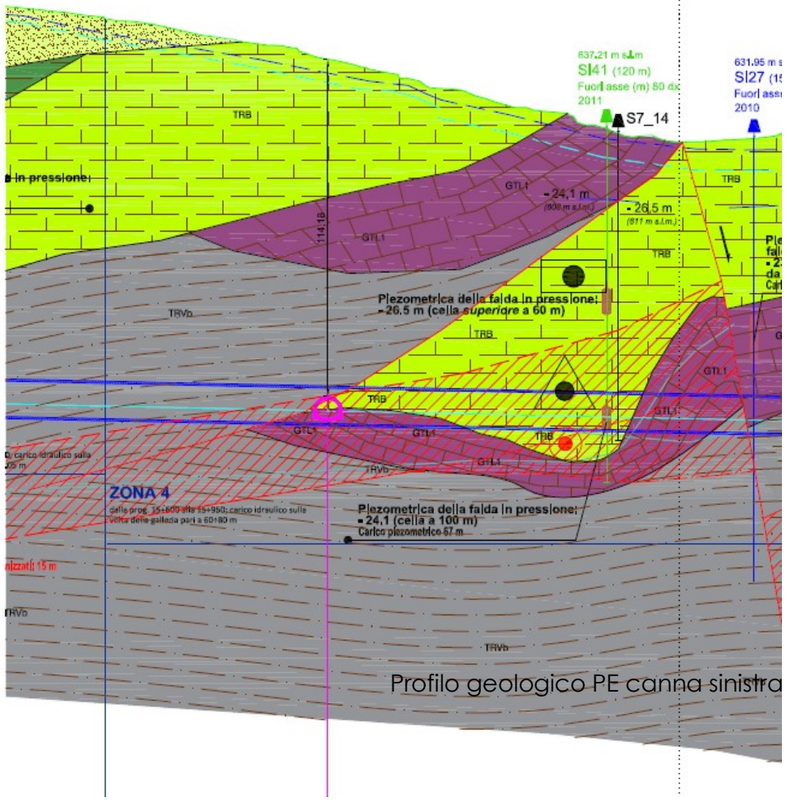
Dati derivanti dallo scavo della canna destra

Lo scavo della canna dx , nell'area del BP4 , ha interessato le Argille brecciate tortoniane (TRVB) intensamente tettonizzate .

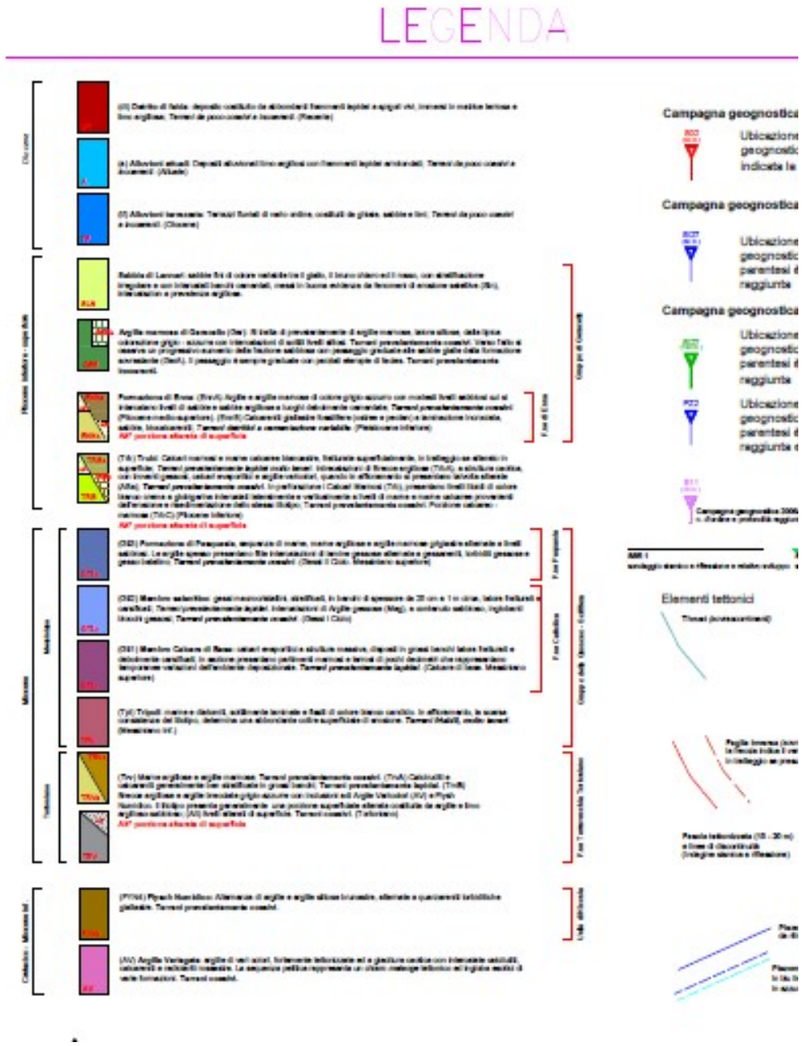
Durante lo scavo sono state registrate manifestazioni di gas con presenza sia di idrogeno solforato analoghe a quelle rilevate in canna sx.

Profilo geologico PE canna destra





Profilo geologico PE canna sinistra



STUDIO DEI DATI RICAVATI DALLA CAMPAGNA INTEGRATIVA DI INDAGINI GEOGNOSTICHE IN CORRISPONDENZA DEI BYPASS PREVISTI CON MONITORAGGIO ACQUA DI SOTTOSOSUOLO E GAS

Al fine di avere un riscontro di dettaglio della stratigrafia, delle caratteristiche idrogeologiche e di eventuale presenza di manifestazioni di gas è stato effettuato un sondaggio geognostico a carotaggio in corrispondenza della progressiva di realizzazione del ByPass4 denominato B4.

Il sondaggio **B4** è stato realizzato in canna destra alla progr. 15+662,09 in progressione verso la canna sinistra. Il sondaggio è stato spinto sino a 28 m di lunghezza , indagando così l'intero tratto interessato dal Bypass 4.

Il carotaggio eseguito ha evidenziato come i terreni tra le due canne interessati dalla realizzazione del ByPass pedonale 4 siano costituiti da marne calcaree e calcari marnosi lapidei grigio chiari grigi a struttura intensamente fratturata (RQD < 10%), ascrivibili alla formazione dei Trubi(TRB).

Tali terreni si ritrovano a contatto a tetto, con contatto tettonico, con le argille brecciate della Formazione Terravecchia (TRVb) ed a letto con alternanze di gessi selenitici ed argille grigio scure scagliettate in strati di spessore variabile tra 50 cm e 150 cm, ascrivibili alla formazione dei Gessi di Pasquasia (GTL_2) , per la prima volta carotati nelle indagini geognostiche effettuate nella GN Caltanissetta e presenti a tetto dei Calcari di Base,

Permeante le rocce sopra descritte è stata rilevata una falda acquifera con presenza di idrogeno solforato nelle acque . Dal foro di sondaggio si è registrata una venuta di acque con portata iniziale di 4-5 l/min, tendente a diminuire nel tempo.

MODELLO GEOLOGICO BP 4

Lo scavo del ByPass carrabile 4,con sezione di circa 80 m^2 e sviluppo lineare di 28 m, interesserà un'area intensamente tettonizzata caratterizzata dalla sovrapposizione per faglia inversa delle argille brecciate della Form Terravecchia sulle marne calcaree e calcari marnosi della Form. dei Trubi. In particolare lo scavo interesserà la parte della faglia inversa che forma un alto angolo rispetto alla stratificazione (ramp).

Dalla canna sx verso la dx lo scavo intercetterà in traverso banco prima le alternanze di gessi selenitici ed argille grigio scure scagliettate in strati di spessore variabile tra 50 cm e 150 cm, ascrivibili alla formazione dei Gessi di Pasquasia (GTL_2) e poi le marne calcaree e i calcari marnosi della Form. dei Trubi, intensamente fratturati (RQD <10%). Nella parte terminale dello scavo i Trubi saranno ricoperti a tetto dalle argille brecciate della Form. Terravecchia.

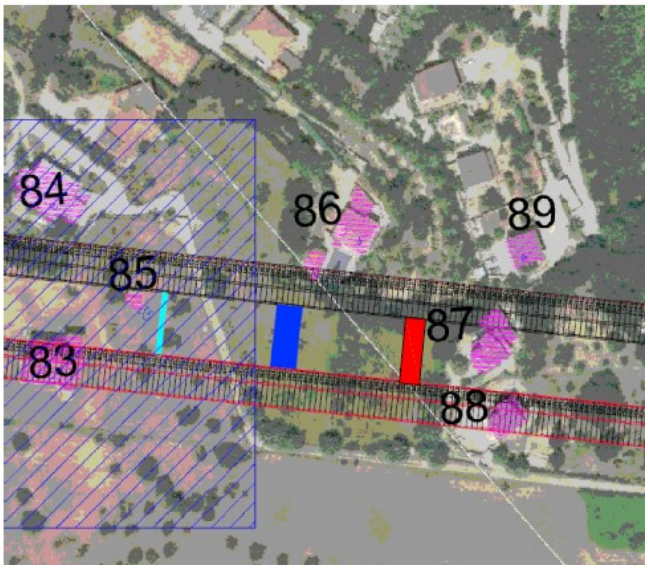
Lo scavo avverrà in falda acquifera , con venute di 4-5 l/sec.

CRITICITA' GEOLOGICHE

La presenza di disturbi tettonici (faglie inverse) nelle formazione accentua i fenomeni di tettonizzazione dell'ammasso, con fasce di intensa fratturazione e scagliettatura del materiale e "caoticizzazione" delle stratificazioni originarie. Sia le alternanze di gessi selenitici ed argille grigio scure scagliettate in strati di spessore variabile tra 50 cm e 150 cm, e le marne calcaree e i calcari marnosi della Form. dei Trubi sono caratterizzate da valori di RQD < 10 %.

La formazione delle brecce argillose della Form. Terravecchia è caratterizzata da un comportamento rigonfiante che si esplica con una variazione di volume o con una pressione vera e propria e con fenomeni estrusivi, ben descritti nella relazione geotecnica a supporto del progetto di variante.

La zona interessata dalla realizzazione del ByPass4 è ubicata al margine dell'area critica individuata nell'apposita relazione geotecnica con la sigla Area ED 107-114, contrassegnata da valori elevati di perso/cedimento.



Stralcio ortofoto con ubicazione in rosso del By Pass 4 e, campita a righe inclinate, la zona critica ED 107-114

Andranno adottati quindi tutti gli accorgimenti necessari al fine di ottenere la minimizzazione degli effetti deformativi al contorno dei by pass.

CONDIZIONI IDROGEOLOGICHE

E' stata rilevata la presenza di falda in pressione permeante sia le alternanze di gessi selenitici ed argille grigio scure scagliettate che le marne calcaree e i calcari marnosi della Form. dei Trubi. Lo scavo avverrà in falda acquifera , con venute di 4-5 l/sec.

PRESENZA DI GAS

I rilievi effettuati a boccaforo hanno evidenziato la presenza di Idrogeno Solforato disciolto nella falda con tenori variabili tra 2 e 5 ppm.

Durante le indagini di progetto esecutivo sono state segnalate manifestazioni di gas metano nell'area del ByPass 4; il monitoraggio a boccaforo delle emissione gassose nei sondaggi di supporto alla progettazione esecutiva rileva tracce di metano, in percentuale massima di 0,5%, CO variabile tra 1 e 5 ppm, $C0_2$ in percentuale massima di 1,8% ed O_2 in percentuale del 17,6% (m 87) . Le stratigrafie dei seguenti sondaggi geognostici riportano odore di idrocarburi:

- SI 27
- PZ 2
- SI 40
- PZ 3
- SI 41
- SI 42
- SI 44

Nel pozzo PZ 2 le analisi condotte sui gas estratti tramite gorgogliamento dalla matrice acqua hanno evidenziato la presenza di idrogeno solforato (**H2S**) con valore di **91,9 mg/l .**

Il modello emissivo, in questa parte del tracciato, vede le manifestazioni di gas fortemente legate associate all'acquifero ed una prevalenza di flussi di H2S rispetto al metano. La ricostruzione del modello geo-tettonico è stata confermata dai risultati del monitoraggio durante lo scavo della canna sinistra e destra con presenza sia di idrogeno solforato con punte massime di **3.13 ppm** che di metano con punte massime di **3.58% LIE.**

COMMITTENTE: Cons. Empedocle 2 S.c.p.a.

LOCALITA': G.N. Caltanissetta - Canna DX - Anello 1352 Pk 15+662.09

PROGETTO: Scavo By-Pass n. 4 carrabile

SONDAGGIO: S1352h DATA: 18 Gennaio 2018

Profond. m	Rilievo GAS	Falda acquifera	SCALA	COLONNA STRAT.	STRATIGRAFIA	CAROTAGGIO % (25 50 75 100)	PENETROMETRO TASCABILE (Kg/cm²) (1 2 3 4 5)	RQD % (25 50 75 100)
0.20					Concio in c.a. Canna DX			
0.80			1		Malta di retroiniezione TBM			
			2					
			3		**TRB:** Argille marnose grigio chiare. Struttura intensamente fratturata con superfici lucide in frattura. Consistenza elevata Fm. Trubi			
			4					
			5					
12.50			6					
			7					
			8		**TRB:** Marne argillose grigio chiare. Struttura intensamente fratturata con superfici lucide in frattura. Consistenza elevata Fm. Trubi			
			9					
			10					
			11					
			12					
12.50			13		**TRB:** Marne calcaree e calcari marnosi grigio chiari alternati a marne argillose grigie in strati di spessore variabile tra 30 e 50 cm. Struttura intensamente fratturata. Consistenza elevata. Consistenza lapidea nei calcari marnosi (RQD <10%). Fm. Trubi			
			14					
			15					
	H_2S	15.50	16		**Falda acquifera nei livelli calcareo marnosi, con presenza di H_2S**			
16.50		16.50	17		**TRB:** Argille limose grigio scure intercalate alle marne dei Trubi. Struttura brecciata e scagliettata. Consistenza elevata.			
			18					
			19					
			20					
20.50	H_2S		21		**TRB:** Alternanze di gessi selenitici e argille grigio scure scagliettate con sottili livelli marnosi biancastri in strati di spessore variabile da 50 cm a 150 cm. Fm GTL_2			
			22					
			23					
	H_2S		24		**Gessi selenitici:** - da m 20,60 a m 22,00 - da m 24,00 a m 24,50 - da m 25,20 a m 26,00			
	H_2S		25					
			26					
26.90			27		Malta di retroiniezione TBM			
27.00					Concio in c.a. Canna SX			
27.70			28					
			29					
			30					
			31					
			32					
			33					
			34					
			35					
			36					
			37					
			38					
			39					

NOTE: **Falda acquifera con presenza di H_2S**. Foro attrezzato con canna drenante. Si rilevano fuoriuscite acqua con portata 4-5 l/min.

0,00 - 5,00 m

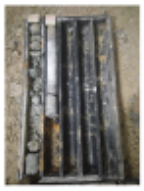
5,00 - 10,00

10,00 - 15,00

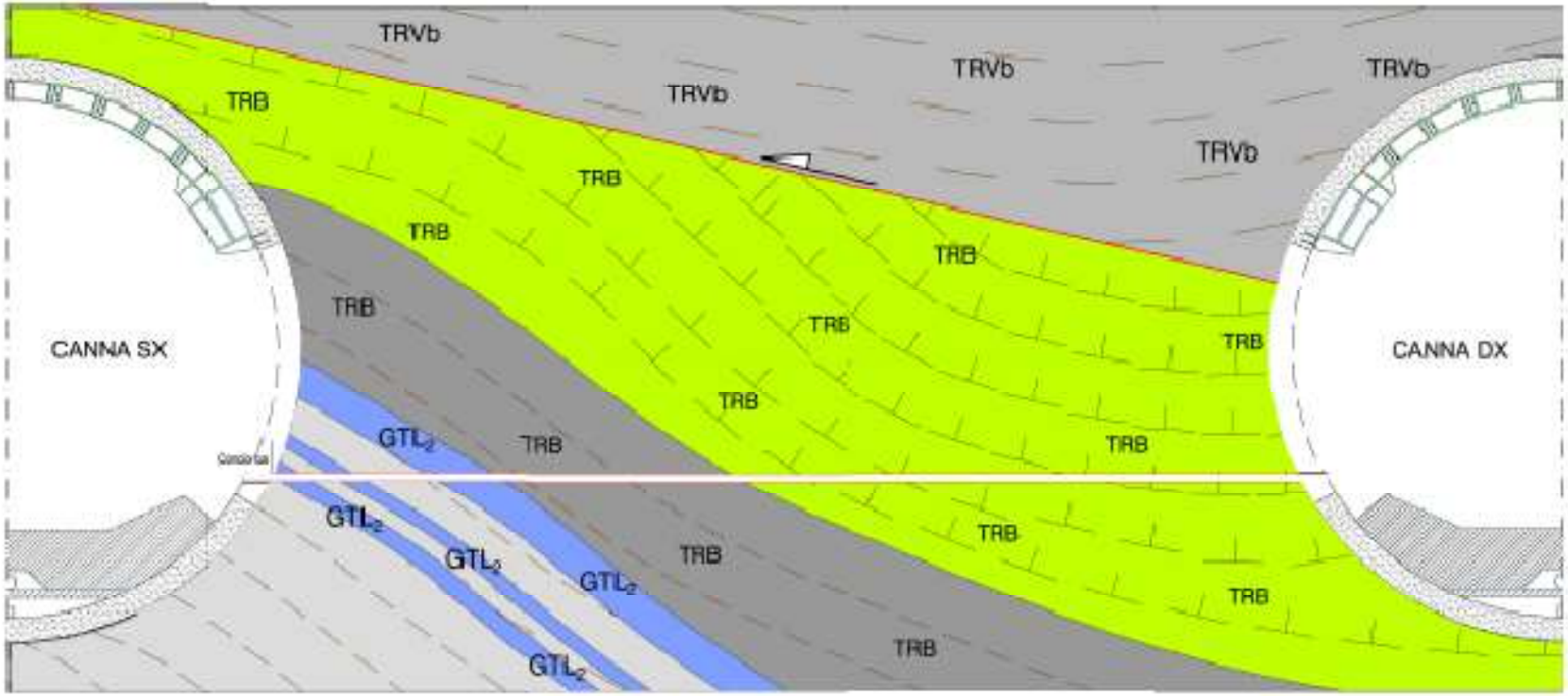
15,00 - 20,00

20,00 - 25,00

25,00 - 27,00



Sezione Geologica - By-Pass Carrabile n. 4 - Anello 1352 - Canna DX



TRB — Marne argillose grigio chiare. Fm. Trubi

TRB — Argille limose grigio scure a struttura brecciata intercalate alle marne dei Trubi. Consistenza elevata. Fm. Trubi

GTL_2 — Alternanza di Gessi Selenitici litoidi ed argille scagliettate. Mb Selenitico

TRVb — Argille limose grigio scure a struttura brecciata a tratti scagliettata. Consistenza elevata. Fm. Terravecchia

Sondaggio S_{1352h} 18-01-2018

H_2O

Contatto tettonico

	Nullo-Basso	Medio	Alto
H_2O			
CH_4			
H_2S			

BY PASS PEDONALE 5

Il ByPass pedonale 5 è ubicato tra la progr. 15+177,09 in canna destra e la progr. 15+190,49 in canna sinistra, prolungandosi per circa 28 metri.

La copertura in corrispondenza dell'asse della canna dx è di circa 122,20 m , mentre in corrispondenza dell'asse della canna sx è di 129,15 m.

Stralcio ortofoto con ubicazione in rosso del By Pass 5

STUDIO DELLE INDAGINI EFFETTUATE PER LA REDAZIONE DEL PROGETTO ESECUTIVO DELLE OPERE

Nell'area interessata dalla realizzazione del BP 5 è stato effettuato il sondaggio denominato SI05 bis /14. Il sondaggio era ubicato tra le due canne alla progr.15+068 .

La stratigrafia del sondaggio è la seguente :

0.0 - 8.50 m	Argille limose giallastre con resti di macrofossili
8.50 -9.00	Sabbie argillose
9.00 - 12 m	Argille limose giallastre con resti di macrofossili
12.00 -24.00	Sabbie limose argillose giallastre
24.00 - 30 m	Argille limose giallastre con resti di macrofossili
30.00 - 36 m	Sabbie gialle medio-fini con intercalazioni arenacee (Form .Sabbie Lannari)
36.00 - 40.00 m	Argille limose grigio azzurre ; struttura sottilmente stratificata; presenza di resti di macrofossili (Form .Argille Geracello)
40.00 – 69.00 m	Marne argillose grigio chiare-turchine; struttura sottilmente stratificata; Consistenza elevata. (Form . Trubi).
69.00-70.00	Argilla con limo grigio-scura struttura scagliettata;consistenza elevata

70. 00 - 75.00	Argille limose grigio scure; struttura brecciata; Consistenza elevata.
75.00 – 122.50	Marne argillose grigio chiare-turchine; struttura sottilmente assente o fratturata; Consistenza elevata. (Form . Trubi).
122. 50 - 75.00	Argille limose grigio scure; struttura brecciata; Consistenza elevata.

Si rileva falda acquifera al passaggio tra sabbie ed argille.

Si rileva nelle carote forte odore di idrogeno solforato da m 69 a m 70.

Il monitoraggio a boccaforo delle emissione gassose non rileva tracce di metano, sebbene il LEL varia da 0.4 a 1.9 (probabile presenza di idrocarburi differenti dal metano).

E' stata effettuata nell'area n. 1 prova sismica di superficie con tecnica a riflessione, lungo l'asse longitudinale della galleria Caltanissetta, di lunghezza di 72 m, denominata SSR 12

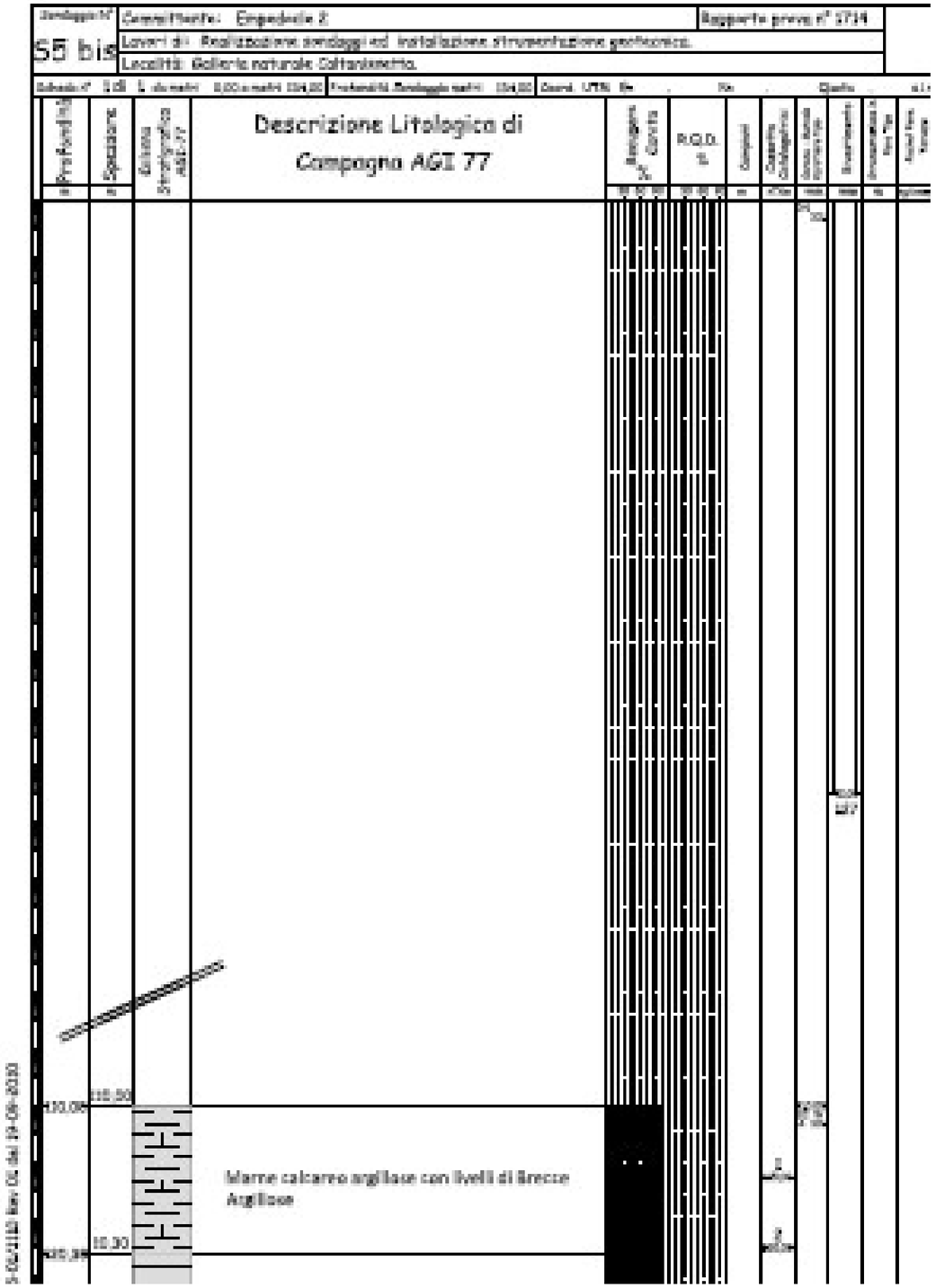
I dati dello studio geologico a supporto della progettazione esecutiva evidenziano come dalla prog. 13+840 il tracciato della galleria corre al passaggio tra la Form. Trubi a tetto e quella delle Argille Brecciate a letto. Le marne calcaree ed argillose della Form.Trubi si ritrovano al nucleo di una sinclinale di terreni mio-pliocenici. I fianchi della sinclinale sono costituiti dai calcari evaporitici della Form. Calcare di base affioranti fuori dall'area del tracciato, in corrispondenza della Puntara di Babaurra ed a SE in C.da Cialagra-Savarino

L'asse della sinclinale mostra direzione NNE-SSO.

La differenza di permeabilità tra la Form. dei Trubi e quella delle Argille Brecciate permette l'instaurarsi di una falda acquifera, alimentata dalla infiltrazione meterorica negli affioramenti di Calcare di Base ai fianchi della sinclinale.

Nel piezometro **SI 45** , a tubo aperto spinto sino alla profondità di m130, la falda acquifera è presente con livello falda stabilizzato a m 42 dal p.c; le analisi delle acque, hanno evidenziato la presenza di idrogeno solforato H_2S . i monitoraggi dei gas a boccaforo nei sondaggi integrativi **SI5 14** e **SI5 bis 14** hanno evidenziato la presenza di idrogeno solforato H_2S nelle acque al contatto tra le due formazioni.

SSR 11 2011


S5 bis
Descrizione Litologica di
Campagna AGI 77
Marne calcareo argilose con livelli di Brecce
Argillose

STUDIO DEI DATI DERIVANTI DALLO SCAVO DELLE CANNE SINISTRA E DESTRA DELLA GALLERIA NATURALE CALTANISSETTA

I dati derivanti dall'osservazione del marino scorrente sul nastro e dal monitoraggio dei parametri di scavo hanno evidenziato la correttezza dei dati del modello geologico.

Dati derivanti dallo scavo della canna sinistra

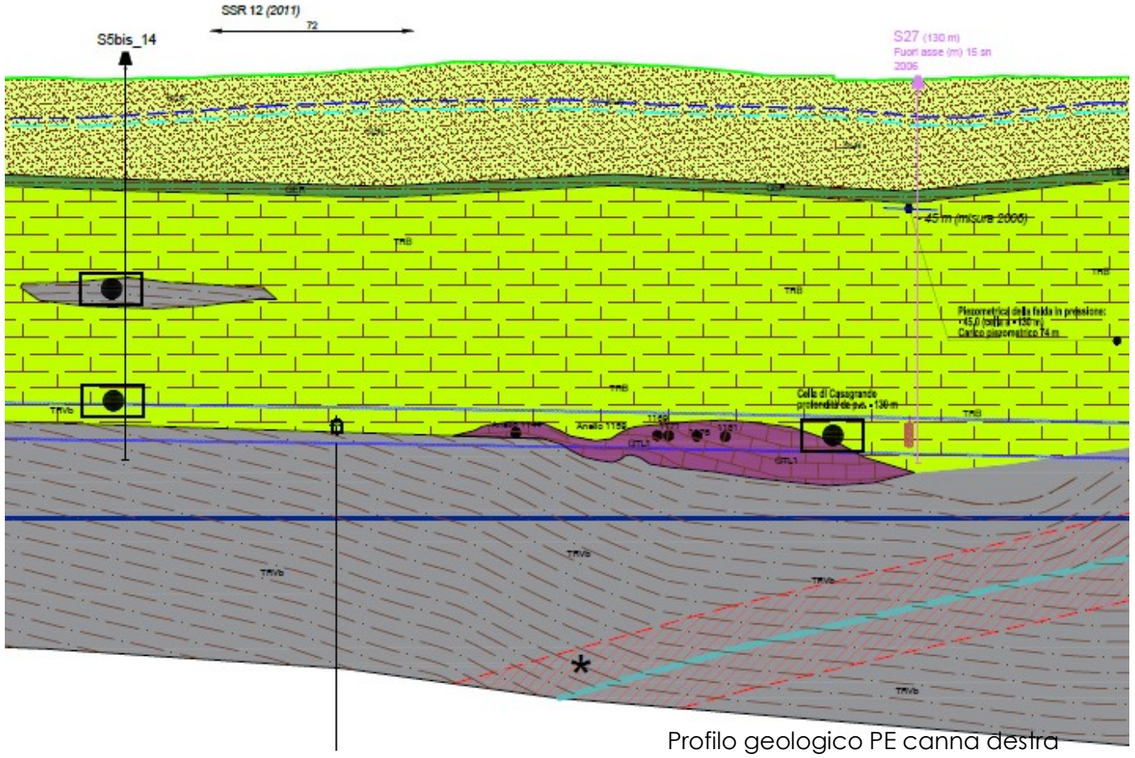
Il contatto tra le marne argillose e calcaree della Form. dei Trubi e le argille brecciate grigie della Form. Terravecchia, tra i sondaggi S51 e SI 5bis è stato intercettato a quote più basse della previsione progettale.

Al contatto tra le due formazioni, nello scavo della canna sinistra è stata intercettata la falda tra la pk 14+650 e 14+800, senza registrare emissioni di gas; tra la pk 14+800 e 14+957 è stata intercettata registrando modesta presenza di gas H_2S con punte massime di 2.00 ppm e mentre tra la pk 15+247 e 15+500 circa è stata rilevata modesta presenza di gas, sia di idrogeno solforato –H_2S-, registrando emissioni con punte massime di 2.02 ppm (soglie di preallarme 5 ppm -soglia di abbandono 10 ppm), che di metano con picchi massimi di 2.90 % LIE (soglia di preallarme 10%LIE soglia di abbandono 20%LIE).

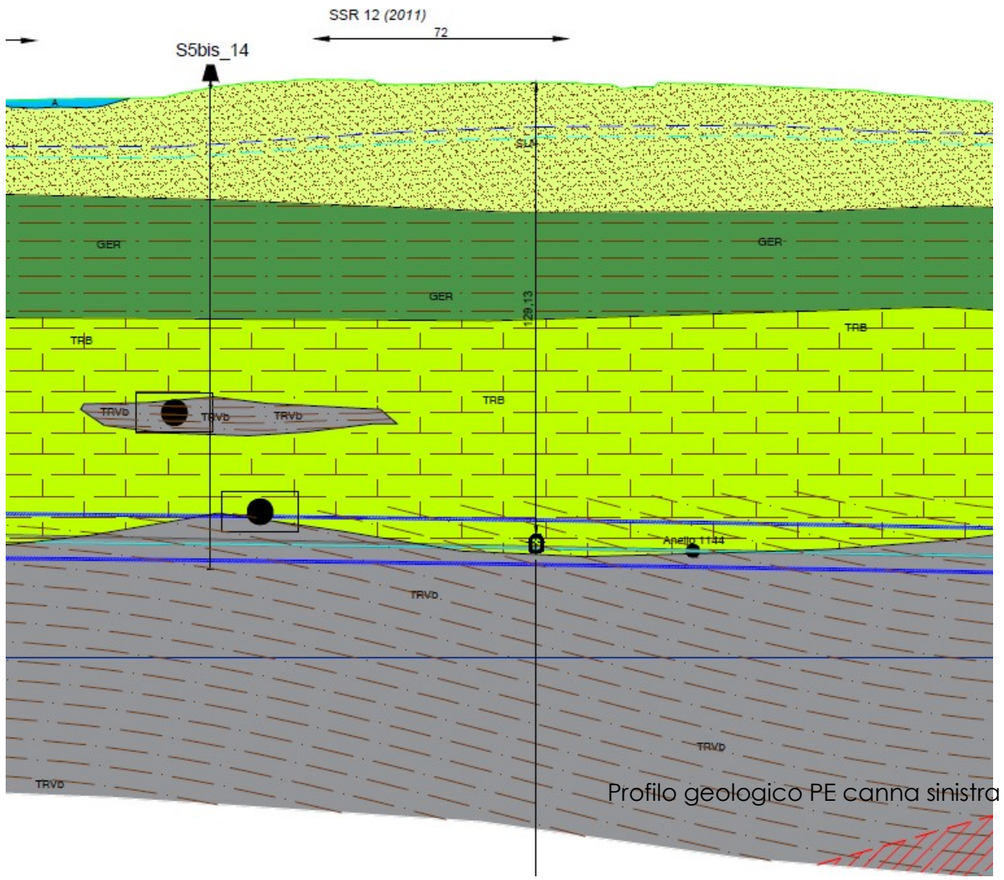
Dati derivanti dallo scavo della canna destra

Nello scavo della canna destra, tra le progr. 15+226 e 15+328, con massimo alla progr. 15+258,81,veniva intercettata una rilevante venuta d'acqua, tale da determinare la sospensione dello scavo meccanizzato. L'acqua permeava calcari marnosi litoidi intensamente fratturati della Form.Trubi (previsti nella sezione geologica di progetto)e calcari evaporitici fratturati (Form.Calcare di Base), non individuati dai sondaggi geognostici effettuati in fase di PE e rilevati da sondaggi orizzontali realizzati dalla canna sx in corrispondenza degli anelli 1144,1159,1169,1171,1176 e 1181.

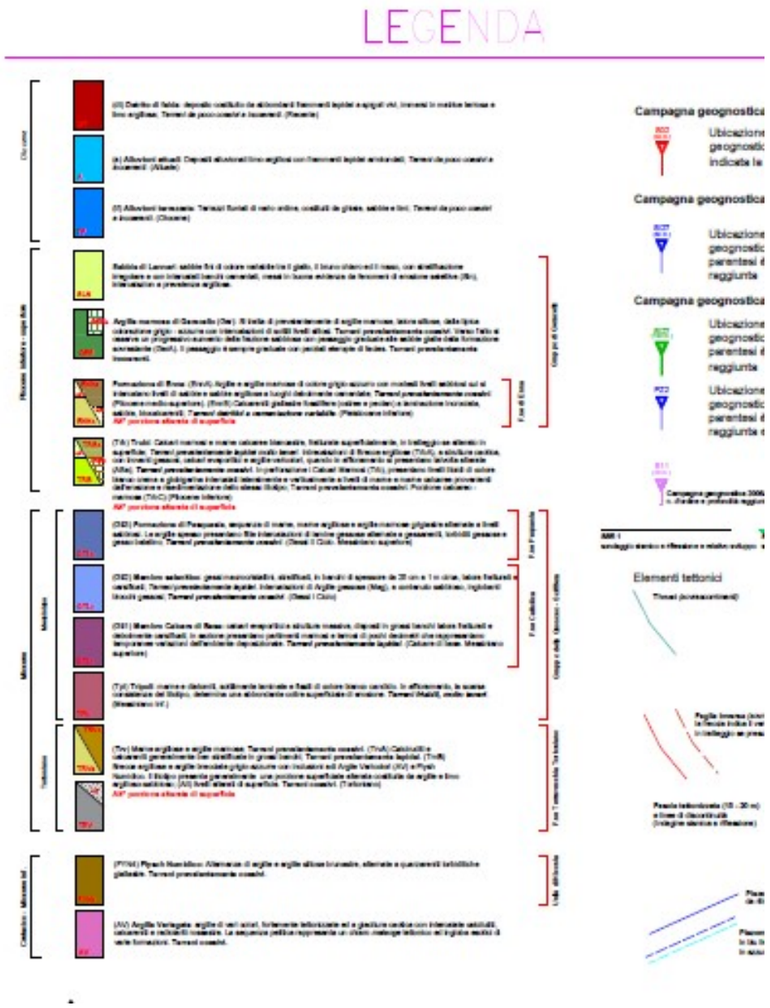
Allo scopo di proseguire con lo scavo meccanizzato veniva deciso di realizzare un sistema di dreni sub orizzontali, realizzati dalla canna sx della galleria con un interasse variabile tra 4 e 20 m. L'intervento risultava efficace permettendo così di riprendere lo scavo meccanizzato.



Profilo geologico PE canna destra



Profilo geologico PE canna sinistra



STUDIO DEI DATI RICAVATI DALLA CAMPAGNA INTEGRATIVA DI INDAGINI GEOGNOSTICHE IN CORRISPONDENZA DEI BYPASS PREVISTI CON MONITORAGGIO ACQUA DI SOTTOSOSUOLO E GAS

Al fine di avere un riscontro di dettaglio della stratigrafia, delle caratteristiche idrogeologiche e di eventuale presenza di manifestazioni di gas è stato effettuato un sondaggio geognostico a carotaggio in corrispondenza della progressiva di realizzazione del ByPass 5 denominato B5.

Il sondaggio **B5** è stato realizzato in canna destra alla progr. 15+177,09 in progressione verso la canna sinistra. Il sondaggio è stato spinto sino a 27 m di lunghezza , indagando così l'intero tratto interessato dal Bypass 5.

Il carotaggio eseguito ha evidenziato come i terreni tra le due canne interessati dalla realizzazione del ByPass pedonale 5 siano costituiti da marne argillose e calcaree grigio chiare a struttura intensamente fratturata, talora scagliettata, di consistenza elevata, ascrivibili alla formazione dei Trubi (TRB). A tali terreni si intercalano, con contatto tettonico, argille brecciate della Formazione Trubi (TRB) in strati di spessore variabile tra 50 cm e 150 cm.

Permeante le rocce della formazione dei Trubi è stata rilevata una falda acquifera con presenza di idrogeno solforato H_2S disciolto nelle acque .

Dal foro di sondaggio si è registrata una venuta di acque modesta (< 1 l/sec) tendente a diminuire nel tempo.

MODELLO GEOLOGICO BP 5

Lo scavo del ByPass 5 interesserà il nucleo di una sinclinale, con le argille brecciate della Form. Terravecchia a letto, non interessate dallo scavo, e le marne argillose biancastre intensamente fratturate della Form. Trubi a tetto.

CRITICITA' GEOLOGICHE

La presenza di disturbi tettonici (faglie inverse) nelle formazione accentua i fenomeni di tettonizzazione dell'ammasso marnoso, con fasce di intensa fratturazione e scagliettatura del materiale e "caoticizzazione" delle stratificazioni originarie.

La zona interessata dalla realizzazione del ByPass 5 è ubicata al di fuori delle area critiche individuata nell'apposita relazione geotecnica contrassegnate da valori elevati di volume perso/cedimento.

Andranno adottati quindi tutti gli accorgimenti necessari al fine di ottenere la minimizzazione degli effetti deformativi al contorno dei by pass.

CONDIZIONI IDROGEOLOGICHE

La differenza di permeabilità tra la Form. dei Trubi e quella delle Argille Brecciate permette l'instaurarsi di una falda acquifera, alimentata dalla infiltrazione meterorica negli affioramenti di Calcare di Base ai fianchi della sinclinale.

Nel sondaggio **SI 5 bis** , a tubo aperto spinto sino alla profondità di m134, la falda acquifera è presente con livello falda stabilizzato a m 36 dal p.c; le analisi delle acque, hanno evidenziato la presenza di idrogeno solforato H_2S .

Permeante le rocce della formazione dei Trubi interessata dallo scavo è stata rilevata una falda acquifera con presenza di idrogeno solforato H_2S disciolto nelle acque .

Dal foro di sondaggio si è registrata una venuta di acque modesta (< 1 l/sec) tendente a diminuire nel tempo.

PRESENZA DI GAS

E' possibile interecettare nella formazione dei Trubi livelli o lenti a granulometria più grossolana nella formazione marnosa, permeata da acqua con disciolta una modesta quantità di idrogeno solforato registrando punte massime di 2.02 ppm (rispetto alle soglie di preallarme di 5 ppm e di abbandono della galleria di 10 ppm.

Sono possibili emissioni di metano con punte discontinue con un massimo di 3 % LIE (rispetto alle soglie di preallarme al 10%LIE e dell'abbandono della galleria al 20%LIE)

Il modello emissivo, in questa parte del tracciato, vede le manifestazioni di gas fortemente legate associate all'acquifero ed una prevalenza di flussi di H_2S rispetto al metano.

COMMITTENTE: Cons. Empedocle 2 S.c.p.a.

LOCALITA': G.N. Caltanissetta - Canna SX - Anello 1127 Pk 15–190.49

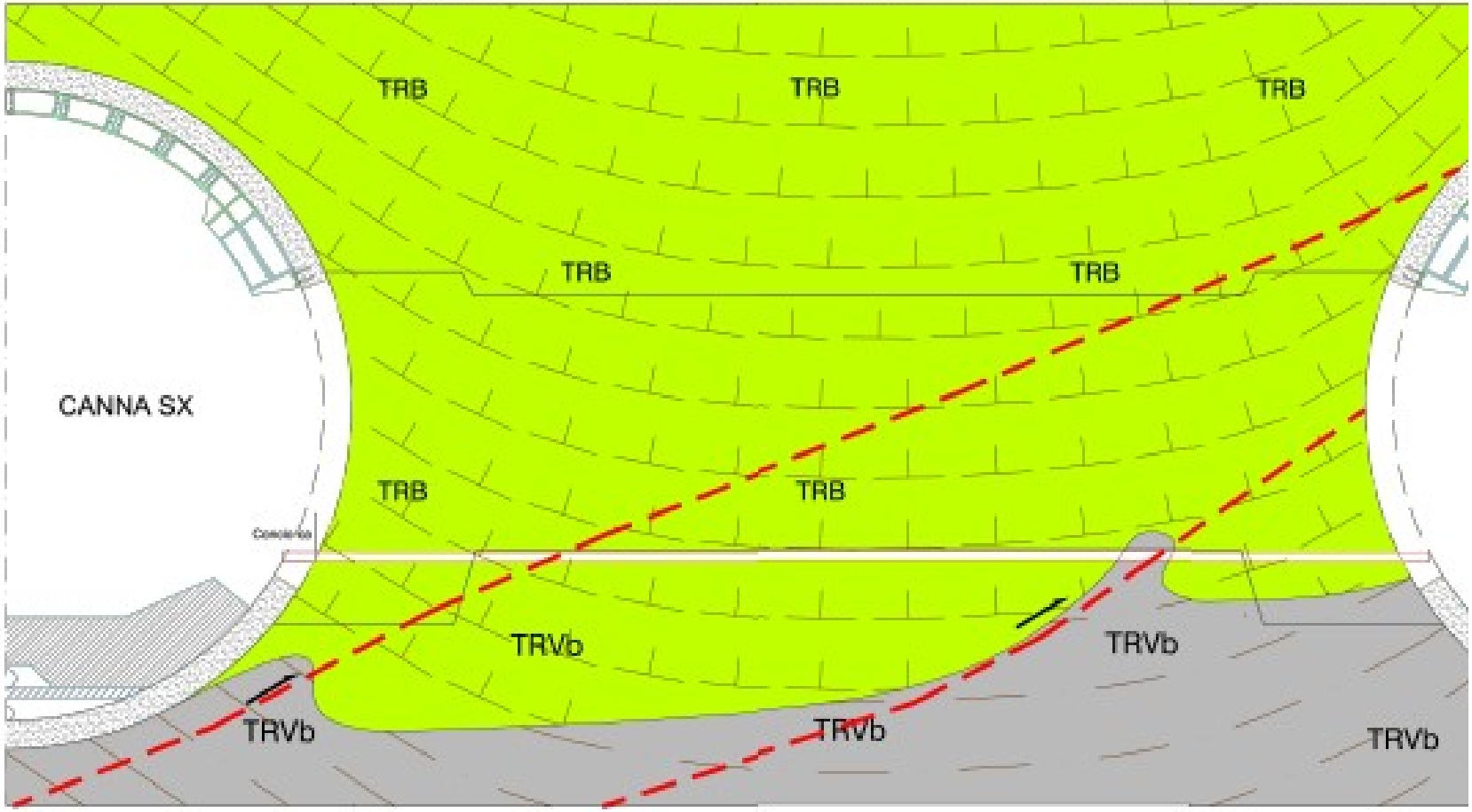
PROGETTO: Scavo By-Pass n. 5 pedonale

SONDAGGIO: S1127h

DATA: 17 Gennaio 2018

Profond. m	Rilievo GAS	Falda acquifera	SCALA	COLONNA STRAT.	STRATIGRAFIA	CAROTAGGIO % (25 50 75 100)	PENETROMETRO TASCABILE (Kg/cm²) 1 2 3 4 5	RQD % (25 50 75 100)
0.70	Assenza di manifestazioni di GAS				Concio in c.a. Canna SX			
0.80					Malta retroiniettata			
			1					
			2					
			3					
			4					
			5					
			6					
			7					
			8					
			9		**TRB:** Marne argillose grigio chiare. Struttura fratturata. Consistenza elevata			
			10					
			11					
			12					
			13					
			14					
			15					
			16					
			17					
18.00			18		**TRVb:** Argille limose grigio scure a struttura brecciata a tratti scagliettata. Consistenza elevata.			
19.00			19					
			20					
			21					
			22		**TRB:** Argille marnose grigie chiare. A m. 29,20 piano di taglio a 30° dall'orizzontale con superficie liscia e strie di scorrimento			
			23					
			24					
			25					
			26					
27.00			27		Malta di retroiniezione TBM			
27.10					Concio in c.a. Canna DX			
27.80			28					
			29					
			30					
			31					
			32					

Sezione Geologica - By-Pass Pedonale n. 5 - Anello 1127 - Canna SX



TRB — Marne argillose grigio chiare Fm. Trubi

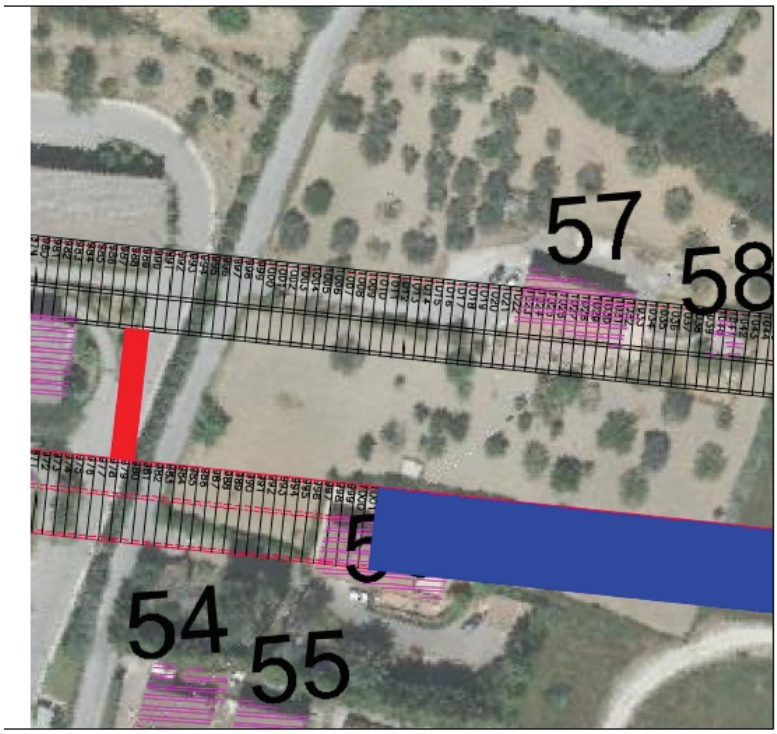
TRVb — Argille limose grigio scure a struttura brecciata a tratti scagliettata. Consistenza elevata Fm. Terravecchia

Nullo-Basso

BY PASS PEDONALE 6

Il ByPass pedonale 6 è ubicato tra la progr. 14+899,93 in canna destra e la progr. 14+913,33 in canna sinistra, prolungandosi per circa 25 metri.

La copertura in corrispondenza dell'asse della canna dx è di circa 114,20 m , mentre in corrispondenza dell'asse della canna sx è di 117,60 m.



Stralcio ortofoto area By-Pass 6

STUDIO DELLE INDAGINI EFFETTUATE PER LA REDAZIONE DEL PROGETTO ESECUTIVO DELLE OPERE

Nell'area interessata dalla realizzazione del BP 6 è stato effettuato il sondaggio denominato S51 (2006) realizzato a supporto degli studi geologici per la redazione del progetto definitivo, spinto a m 130 dal p.c.

Nome Sondaggio	A carotaggio	A distruzione	piezometro
	Metri	Metri	
S51	130		(C)

Sondaggio geognostico eseguito in seno al PD nel 2006

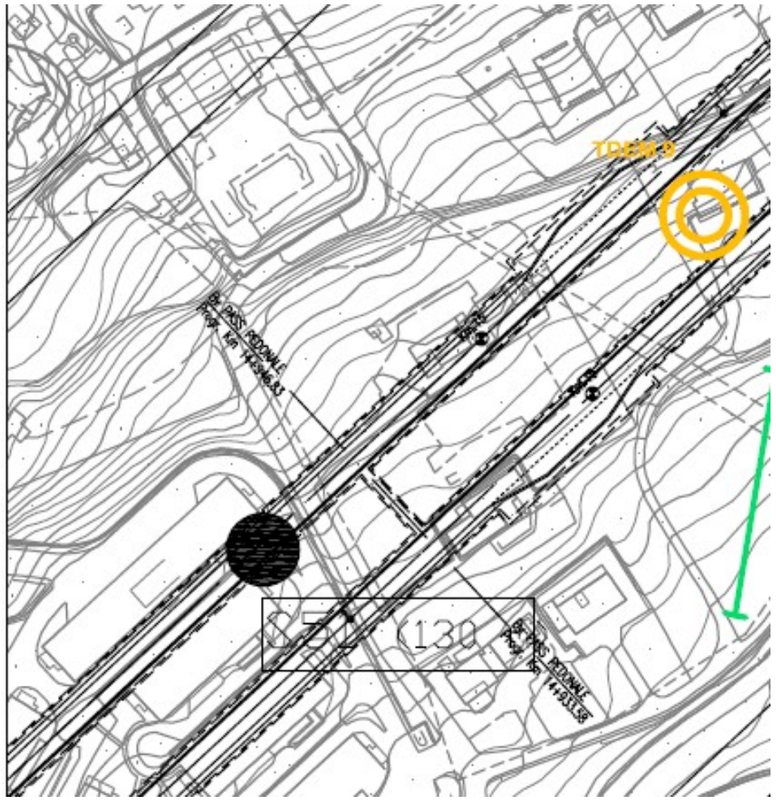
La stratigrafia del sondaggio è la seguente :

0,0- 10 m	Limo argilloso grigio giallastro
10.00 -19.00	Sabbie gialle medio-fini con intercalazioni arenacee (Form .Sabbie Lannari)
19.00 - 24.00	Argille limose grigie con resti di macrofossili
24.00 - 51 m	Marne argillose grigio chiare; struttura sottilmente stratificata; Consistenza elevata. (Form . Trubi).
51. 00 - 130.00	Argille limose grigie; struttura fratturata (Form . Trubi).Consistenza elevata.

I dati dello studio geologico a supporto della progettazione esecutiva evidenziano come dalla prog. 13+840 il tracciato della galleria corre al passaggio tra la Form. Trubi a tetto e quella delle Argille Brecciate a letto. Le marne calcaree ed argillose della Form.Trubi si ritrovano al nucleo di una sinclinale di terreni mio-pliocenici.

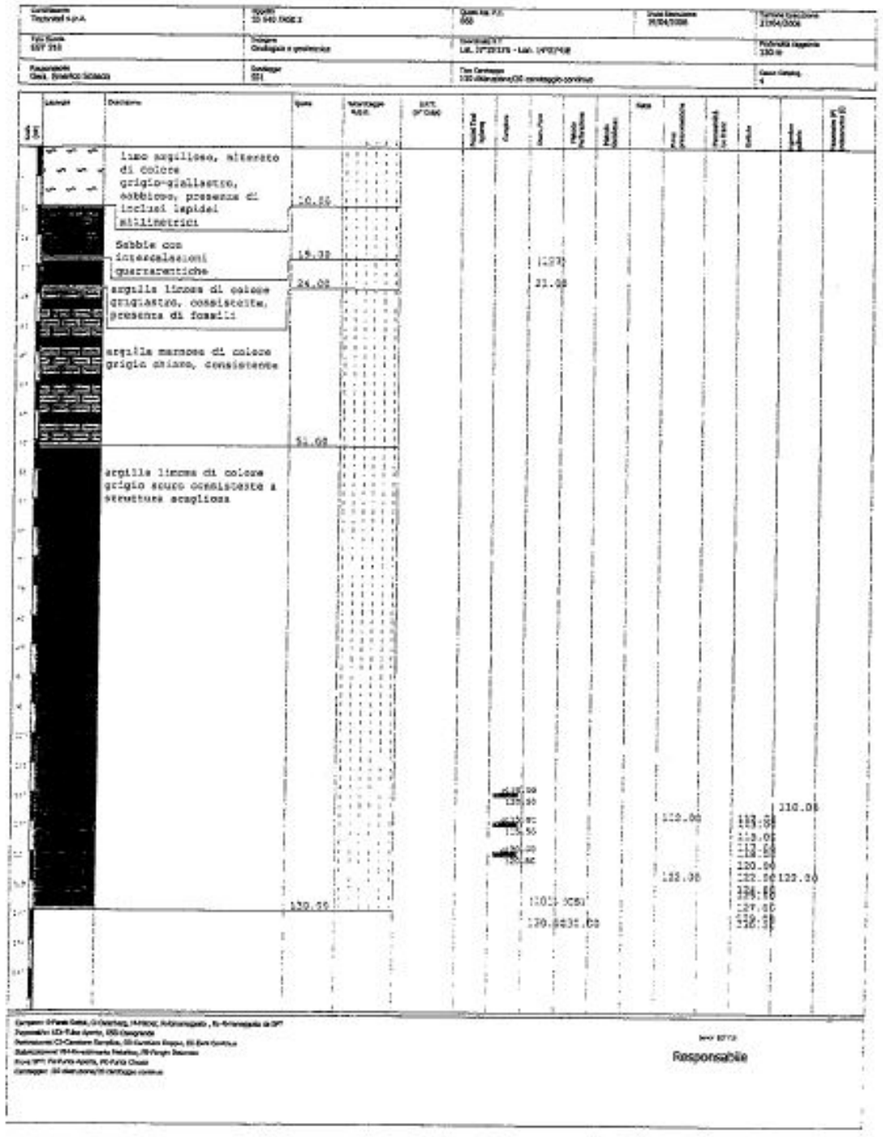
I fianchi della sinclinale sono costituiti dai calcari evaporitici della Form. Calcare di base affioranti fuori dall'area del tracciato, in corrispondenza della Puntara di Babaurra ed a SE in C.da Cialagra-Savarino L'asse della sinclinale mostra direzione NNE-SSO.

La differenza di permeabilità tra la Form. dei Trubi e quella delle Argille Brecciate permette l'instaurarsi di una falda acquifera, alimentata dalla infiltrazione meterorica negli affioramenti di Calcare di Base ai fianchi della sinclinale.



Geoservice s.r.l.
Laboratorio di geotecnica
Via a. Labriola n. 21 Favara (Ag)
tel./fax 0922437803

COLONNA STRATIGRAFICA



STUDIO DEI DATI DERIVANTI DALLO SCAVO DELLE CANNE SINISTRA E DESTRA DELLA GALLERIA NATURALE CALTANISSETTA

I dati derivanti dall'osservazione del marino scorrente sul nastro e dal monitoraggio dei parametri di scavo hanno evidenziato la correttezza dei dati del modello geologico.

Dati derivanti dallo scavo della canna sinistra

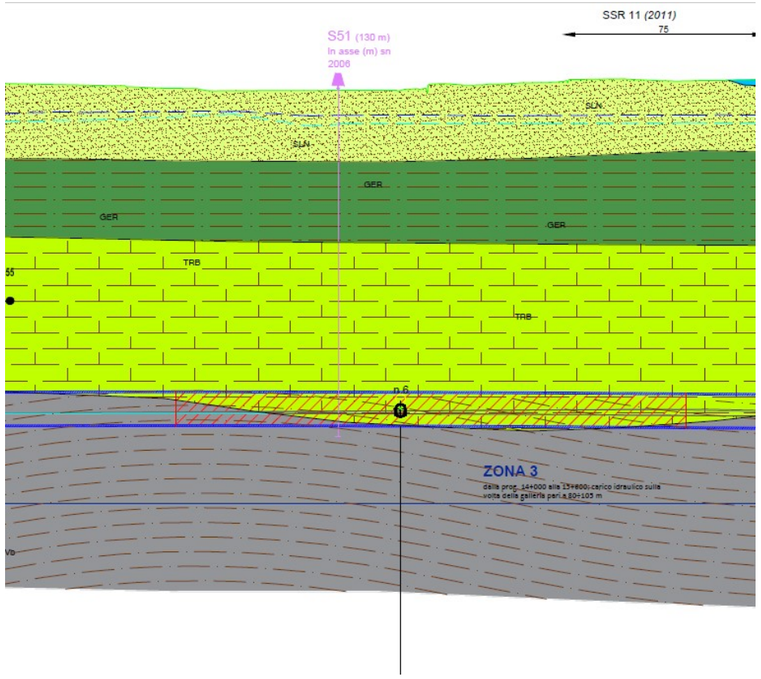
Il contatto tra le marne argillose e calcaree della Form. dei Trubi e le argille brecciate grigie della Form. Terravecchia, tra i sondaggi S51 e S9 è stato intercettato a quote più basse della previsione progettuale. Lo scavo della galleria ha intersecato più volte il contatto litologico tra la Form. dei Trubi in alto e quella delle Argille Brecciate in basso

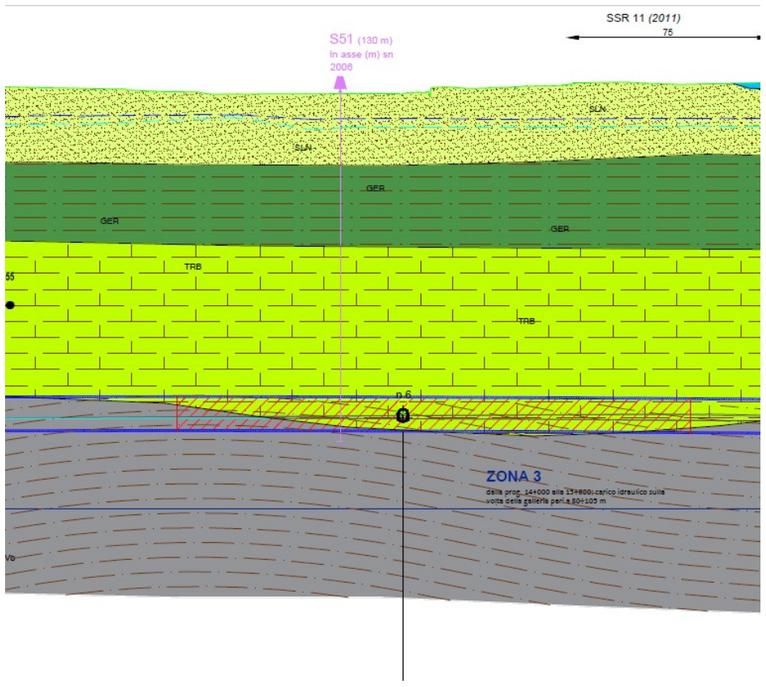
Al contatto tra le due formazioni, nello scavo della canna sinistra , in modo discontinuo,è stata intercettata la falda

Dati derivanti dallo scavo della canna destra

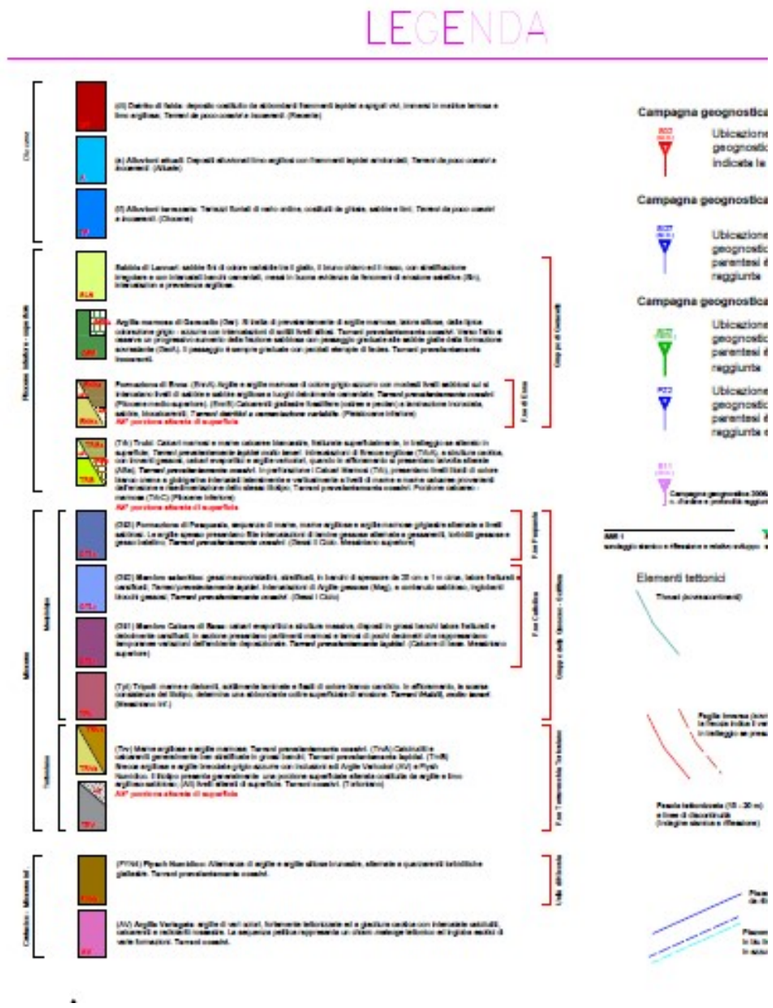
Dalla prog. 13+840 lo scavo della galleria ha intersecato più volte il contatto litologico tra la Form. dei Trubi in alto e quella delle Argille Brecciate in basso; in corrispondenza di tale discontinuità litologica, nello scavo dei terreni della formazione dei Trubi sono state intercettate puntualmente alcune lenti a granulometria più grossolana nella formazione marnosa, permeata da acqua con disciolta una modesta quantità di idrogeno solforato registrando punte massime di 2.02 ppm (rispetto alle soglie di preallarme di 5 ppm e di abbandono della galleria di 10 ppm). La falda è stata intercettata 2 volte: tra la pk 14+650 e 14+800 registrando minime pressioni e assenza di gas H_2S e tra la pk 15+200 e 15+550 con pressione fino a 4 bar, zona in cui è stata rilevata la presenza di gas H_2S.

Profilo geologico PE canna destra





Profilo geologico PE canna sinistra



STUDIO DEI DATI RICAVATI DALLA CAMPAGNA INTEGRATIVA DI INDAGINI GEOGNOSTICHE IN CORRISPONDENZA DEI BYPASS PREVISTI CON MONITORAGGIO ACQUA DI SOTTOSOSUOLO E GAS

Al fine di avere un riscontro di dettaglio della stratigrafia, delle caratteristiche idrogeologiche e di eventuale presenza di manifestazioni di gas è stato effettuato un sondaggio geognostico a carotaggio in corrispondenza della progressiva di realizzazione del ByPass 6 denominato B6.

Il sondaggio **B6** è stato realizzato in canna sinistra alla progr. 14+913,33 in progressione verso la canna destra. Il sondaggio è stato spinto sino a 25 m di lunghezza , indagando così l'intero tratto interessato dal Bypass 6.

Il carotaggio eseguito ha evidenziato come i terreni tra le due canne interessati dalla realizzazione del ByPass pedonale 5 siano costituiti da marne argillose e calcaree grigio chiare, a struttura intensamente fratturata, talora scagliettata, di consistenza elevata, ascrivibili alla formazione dei Trubi(TRB).

Permeante le rocce della formazione dei Trubi è stata rilevata una falda acquifera con presenza di idrogeno solforato disciolto nelle acque .

Dal foro di sondaggio si è registrata una venuta di acque modesta (< 1 l/sec) tendente a diminuire nel tempo.

Sono state rilevate a 4-5 m, 9-10 m e 14-15 m dal boccaforo manifestazioni di Idrogeno Solforato H_2S con tenori rispettivamente di 2 ppm, 3,5 ppm e 15 ppm.

MODELLO GEOLOGICO BP 6

Lo scavo del ByPass 6 interesserà il nucleo di una sinclinale, con le argille brecciate della Form. Terravecchia a letto, non interessate dallo scavo, e le marne argillose biancastre intensamente fratturate della Form. Trubi a tetto.

Permeante le rocce della formazione dei Trubi è stata rilevata una falda acquifera .

CRITICITA' GEOLOGICHE

La presenza di disturbi tettonici nelle formazione accentua i fenomeni di tettonizzazione dell'ammasso marnoso, con fasce di intensa fratturazione e scagliettatura del materiale e "caoticizzazione" delle stratificazioni originarie.

La zona interessata dalla realizzazione del ByPass 6 è ubicata al di fuori delle area critiche individuata nell'apposita relazione geotecnica contrassegnate da valori elevati di volume perso/cedimento.

Andranno adottati quindi tutti gli accorgimenti necessari al fine di ottenere la minimizzazione degli effetti deformativi al contorno dei by pass.

CONDIZIONI IDROGEOLOGICHE

La differenza di permeabilità tra la Form. dei Trubi e quella delle Argille Brecciate permette l'instaurarsi di una falda acquifera, alimentata dalla infiltrazione meterorica negli affioramenti di Calcare di Base ai fianchi della sinclinale.

Permeante le rocce della formazione dei Trubi interessata dallo scavo è stata rilevata una falda acquifera con presenza di idrogeno solforato H_2S disciolto nelle acque .

Dal foro di sondaggio si è registrata una venuta di acque modesta (< 1 l/sec) tendente a diminuire nel tempo.

PRESENZA DI GAS

E' possibile intercettare nella formazione dei Trubi livelli o lenti a granulometria più grossolana nella formazione marnosa, permeata da acqua con disciolta modesta quantità di idrogeno solforato .

Nell'area del Bypass è stata registrata nel foro di sondaggio un tenore massimo di 15 ppm (rispetto alle soglie di preallarme di 5 ppm e di abbandono della galleria di 10 ppm)

Sono possibili emissioni di metano con punte discontinue con un massimo di 3 % LIE (rispetto alle soglie di preallarme al 10%LIE e dell'abbandono della galleria al 20%LIE)

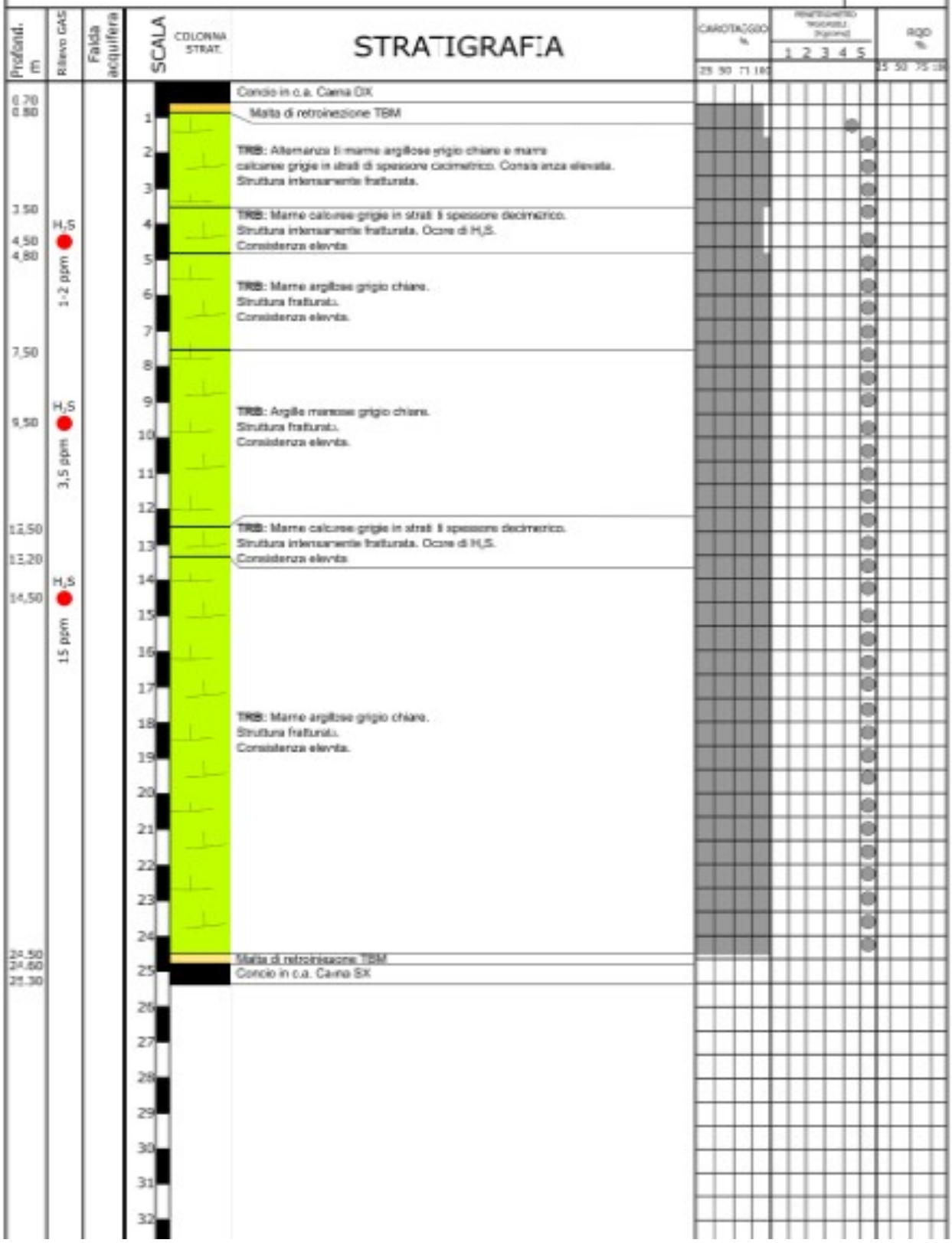
Il modello emissivo, in questa parte del tracciato, vede le manifestazioni di gas fortemente legate associate all'acquifero ed una prevalenza di flussi di H_2S rispetto al metano.

COMMITTENTE: Cons. Empedocle 2 S.c.p.a.

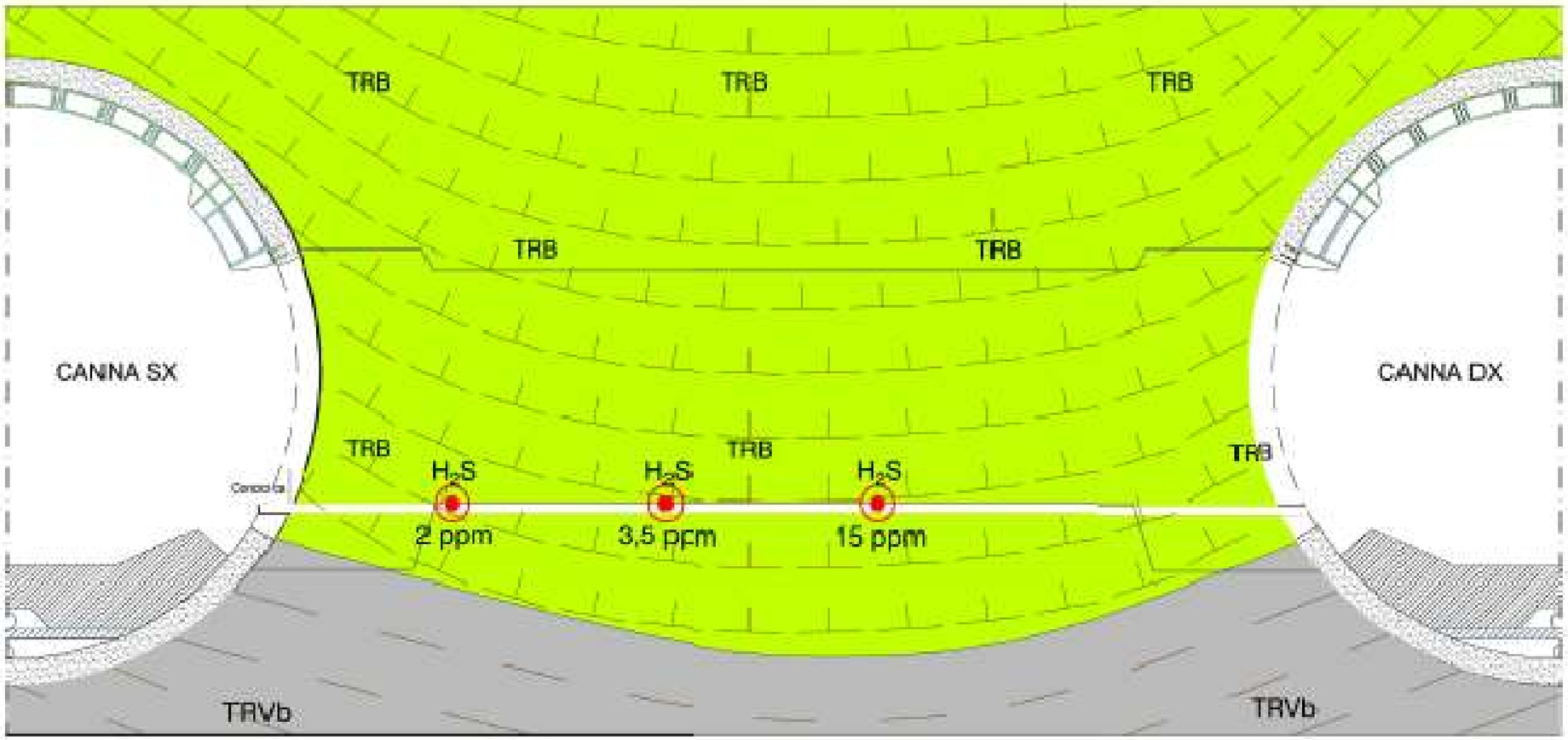
LOCALITA': G.N. Caltanissetta - Canna SX - Anello 986 Pk 14+913.33

PROGETTO: Scavo By-Pass n. 6 pedonale

SONDAGGIO: S986h DATA: 10 Gennaio 2018



Sezione Geologica - By-Pass Pedonale n. 6 - Anello 986 - Canna SX



Marne argillose grigio chiare Fm. Trubi

Argille marnose scagliettate Fm. Terravecchia

Sondaggio S16xh 10-01-2018

	Nullo-Basso	Medio	Alto
H_2O			
CH_4			
H_2S			

BY PASS CARRABILE 7

Il ByPass carrabile 7 è ubicato tra la progr. 14+401,93 in canna destra e la progr. 14+415,33 in canna sinistra, prolungandosi per circa 27 metri.

La copertura in corrispondenza dell'asse della canna dx è di circa 117,50 m , mentre in corrispondenza dell'asse della canna sx è di 117,50 m.

STUDIO DELLE INDAGINI EFFETTUATE PER LA REDAZIONE DEL PROGETTO ESECUTIVO DELLE OPERE

Nell'area interessata dalla realizzazione del BP 7 è stato effettuato il sondaggio denominato S25 (2006) realizzato a supporto degli studi geologici per la redazione del progetto definitivo, spinto a m 130 dal p.c.

Nome Sondaggio	A carotaggio	A distruzione	piezometro
	Metri	Metri	
S25	130		(C)

Sondaggio geognostico eseguito in seno al PD nel 2006

La stratigrafia del sondaggio è la seguente :

0,0- 2,50 m Limo sabbioso grigio giallastro

2.50 -15.00 Sabbie gialle medio-fini

15,00 -26.00 Sabbie gialle medio-fini con intercalazioni arenacee

19.00 - 24.00 Argille limose grigie con resti di macrofossili

26.00 - 111 m Marne argillose grigio chiare; struttura sottilmente stratificata; Consistenza elevata. (Form . Trubi).

111. 00 - 130.00 Argille limose grigie; struttura fratturata (Form . Trubi).Consistenza elevata.

Nell'anno 2014 è stata effettuata una campagna integrativa di sondaggi geognostici. Nell'area del BP 7 è stato effettuato il sondaggio denominato SI 5/14. Il sondaggio era ubicato lungo il tracciato della canna dx alla progr.14+351 .

La stratigrafia del sondaggio è la seguente :

0,0- 28.00 Sabbie gialle medio-fini con intercalazioni arenacee (Form .Sabbie Lannari)

28.00 - 40.00 Argille limose grigio azzurre con resti di macrofossili

40.00 - 110 m Marne argillose grigio chiare; struttura sottilmente stratificata; Consistenza elevata. (Form . Trubi).

110. 00 - 130.00 Argille limose grigie; struttura fratturata (Form.Terravecchia) Consistenza elevata.

Si rilevava falda acquifera al passaggio tra sabbie ed argille.

Si rilevava nelle carote forte odore di idrogeno solforato da m 90 a m 98.

Il monitoraggio a boccaforo delle emissione gassose rileva tracce di metano, con percentuale massima dello 0,2%.

A sondaggio eseguito , è stata effettuata la seguente lettura di gas:

- CH_4 0%
- CO_2 1,6%
- O_2 18,7%
- CO 4 ppn

I dati dello studio geologico a supporto della progettazione esecutiva evidenziano come dalla prog. 13+840 il tracciato della galleria corre al passaggio tra la Form. Trubi a tetto e quella delle Argille Brecciate a letto. Le marne calcaree ed argillose della Form.Trubi si ritrovano al nucleo di una sinclinale di terreni mio-pliocenici.

I fianchi della sinclinale sono costituiti dai calcari evaporitici della Form. Calcare di base affioranti fuori dall'area del tracciato, in corrispondenza della Puntara di Babaurra ed a SE in C.da Cialagra-Savarino L'asse della sinclinale mostra direzione NNE-SSO.

La differenza di permeabilità tra la Form. dei Trubi e quella delle Argille Brecciate permette l'instaurarsi di una falda acquifera, alimentata dalla infiltrazione meterorica negli affioramenti di Calcare di Base ai fianchi della sinclinale.

Geoservice s.r.l.
Laboratorio di geotecnica
Via a. Labriola n. 21 Favara (Ag)
tel./fax 0922437803

COLONNA STRATIGRAFICA

Committente: Tecnital S.p.A.	Cantiere: SS 640 II Tronco	Quota Alt. P.C.: 667 m	Inizio Esecuzione: 21/02/2006
Tipo Sonda: EST 710	Indagine: Geologica e geotecnica	Coordinate S.T.: Lat. 37°23'28 - Long. 14°02'28	Fine Esecuzione: 06/03/2006
Responsabile: Geol. Enrico Scicolo	Sondaggio: S15	Tipo Carotaggio: SC-SEZIONATA/PS carotaggio continuo	Profondità Raggiunta: 130 m
			Cassa Catalogo: 24

Descrizione	Quota
Limo sabbioso detritico di colore	3.50
Sabbie e limi di colore giallastro	15.00
Sabbia e livelli quarzarenitici di colore giallastro	28.00
marne argillose ed argille marnose di colore grigio chiaro nelle consistenti	111.00
argilla limose di colore grigio scuro a tratti sabbiosa consistenti	130.00

Responsabile

Sondaggio N°	Committente:	Rapporto prova n°
S5	Empedocle 2	1714
	Lavori di: Realizzazione sondaggi ed installazione strumentazione geotecnica.	
	Località: Galleria naturale Caltanissetta.	

Scheda n° 1 di 1 da metri 0,00 a metri 133,00 Profondità Sondaggio metri 133,00 Coord. UTM E= N= Quota s.l.

Profondità m	Spessore m	Colonna Stratigrafica AGI-77	Descrizione Litologica di Campagna AGI 77	Recupero Carota %	R.Q.D. %	Campioni	Cassette Catalogatrici	Corsa Metodo Carotaggio mm	Rivestimento mm	Strumentazione in Foro Tipo m	Pocket Pene. Torvane kg/cm²
114,00	114,00		Argille Marnose addensate talora siltose con presenza di granuli carbonatici di colore grigio					DN 102	86,00 127		

75-01/1110 Rev 01 del 19-09-2010

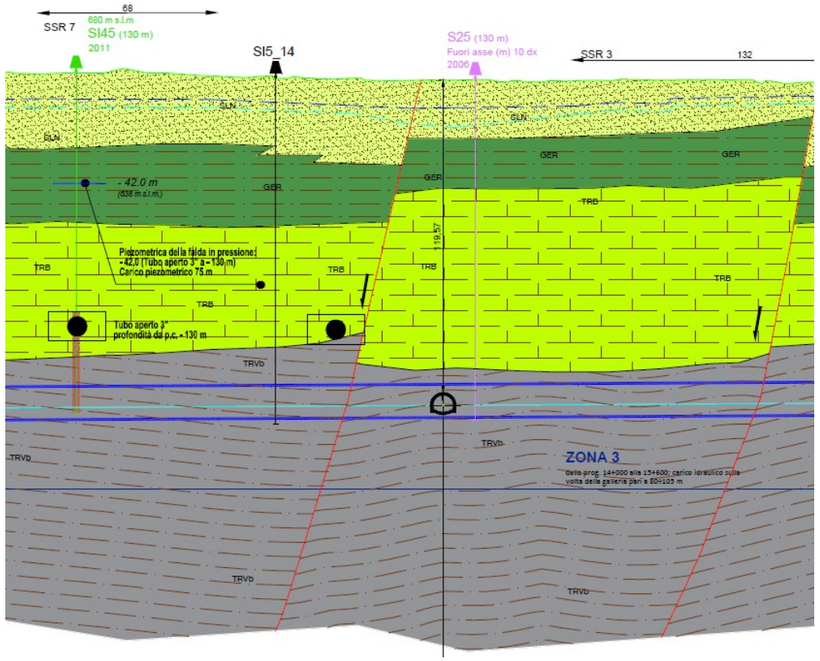
STUDIO DEI DATI DERIVANTI DALLO SCAVO DELLE CANNE SINISTRA E DESTRA DELLA GALLERIA NATURALE CALTANISSETTA

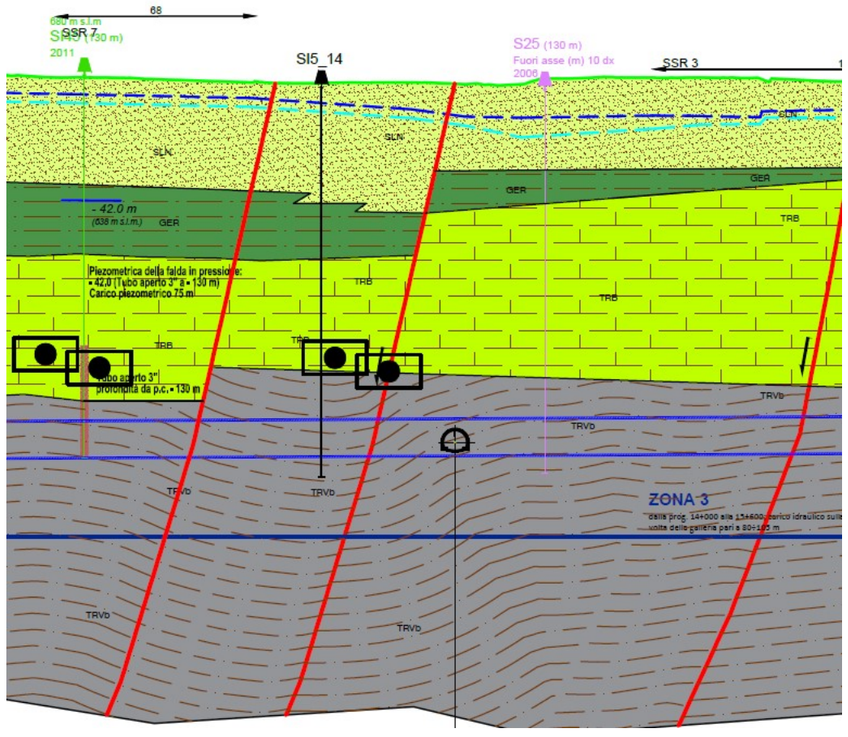
I dati derivanti dall'osservazione del marino scorrente sul nastro e dal monitoraggio dei parametri di scavo hanno evidenziato la correttezza dei dati del modello geologico.

Dati derivanti dallo scavo della canna sinistra e destra

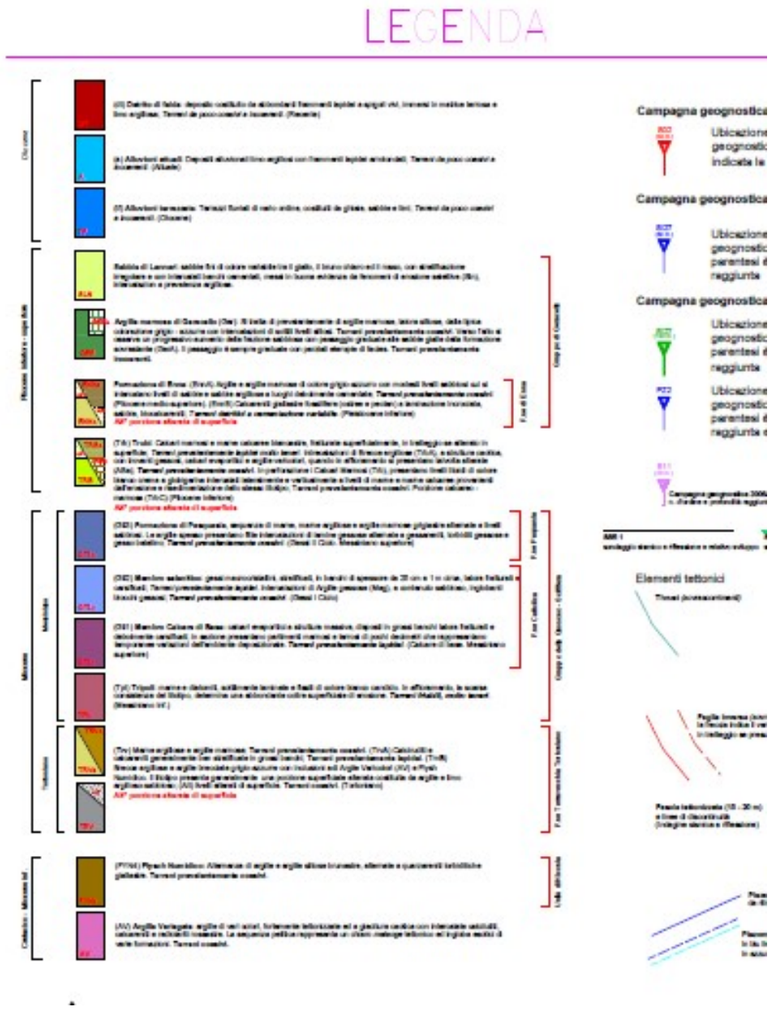
Il contatto tra le marne argillose e calcaree della Form. dei Trubi e le argille brecciate grigie della Form. Terravecchia, tra i sondaggi S25 e SI5 14 è stato intercettato a quote più alte della previsione progettuale. Lo scavo della galleria ha interessato le Argille Brecciate della Form. Terravecchia-

Profilo geologico canna destra





Profilo geologico canna sinistra



STUDIO DEI DATI RICAVATI DALLA CAMPAGNA INTEGRATIVA DI INDAGINI GEOGNOSTICHE IN CORRISPONDENZA DEI BYPASS PREVISTI CON MONITORAGGIO ACQUA DI SOTTOSOSUOLO E GAS

Al fine di avere un riscontro di dettaglio della stratigrafia, delle caratteristiche idrogeologiche e di eventuale presenza di manifestazioni di gas è stato effettuato un sondaggio geognostico a carotaggio in corrispondenza della progressiva di realizzazione del ByPass 7 denominato B7.

Il sondaggio **B7** è stato realizzato in canna sinistra alla progr. 14+415,33 in progressione verso la canna destra. Il sondaggio è stato spinto sino a 27 m di lunghezza , indagando così l'intero tratto interessato dal Bypass 7.

Il carotaggio eseguito ha evidenziato come i terreni tra le due canne interessati dalla realizzazione del By Pass carrabile 7 siano costituiti da argille limose grigio scure a struttura brecciata, talora scagliettata, di consistenza elevata, ascrivibili alla formazione Terravecchia (TRV b).

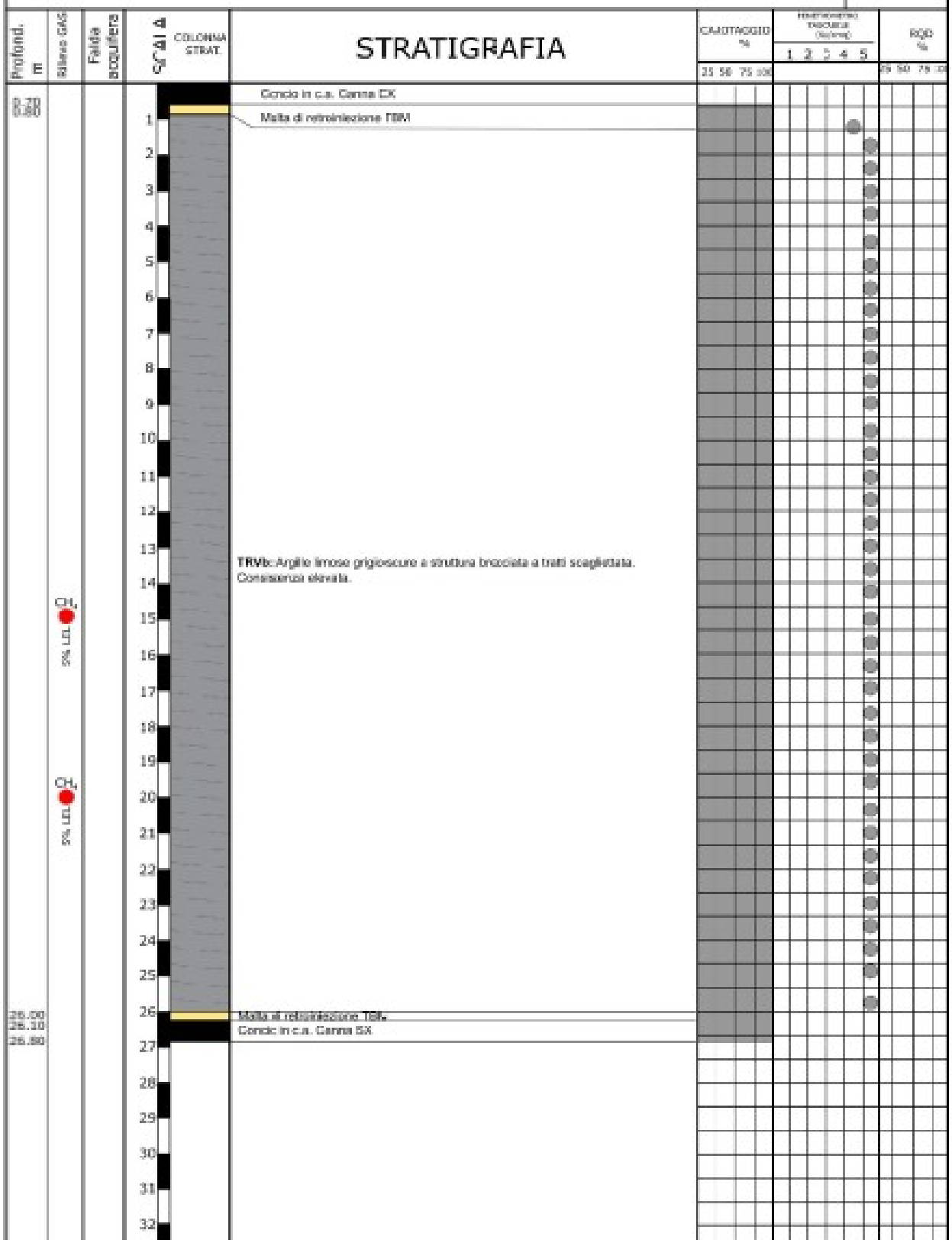
I monitoraggi eseguiti hanno evidenziato deboli emissioni di gas metano (CH_4) lungo l'orizzontale del carotaggio rispettivamente a 15 m (5% LEL – Lower Esplosivity Level) e 20 m (5% LEL) dal concio della canna sx.

CONMITTENTE: Cons. Empecocle 2 S.c.p.a.

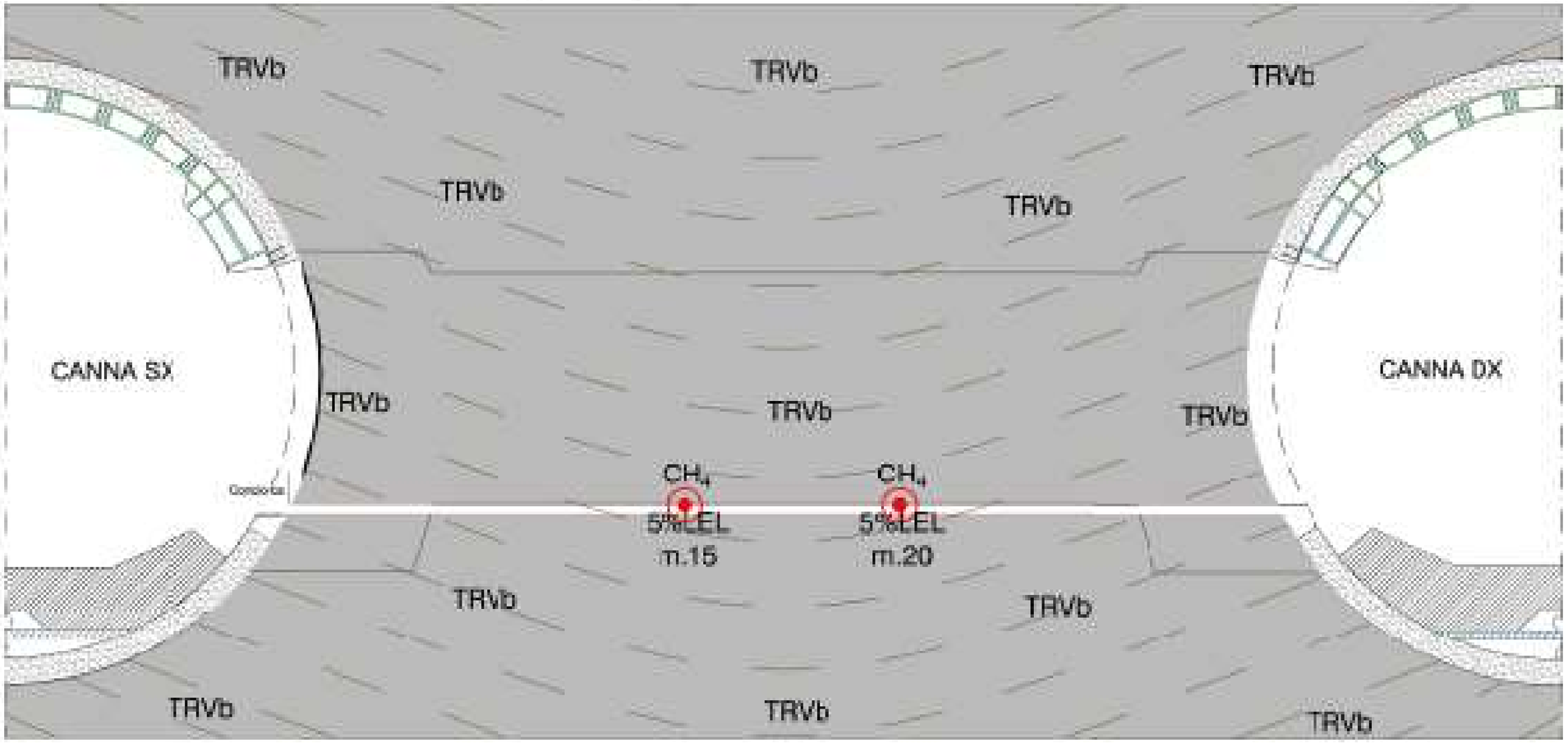
LOCALITA': G.N. Caltanissetta - Canna SX - Anello 737 Pk 14+415.33

PROGETTO: Scavo By-Pass n. 7 carrabile

SONDAGGIO: S737h DATA: 15 Gennaio 2018



Sezione Geologica - By-Pass Carrabile n. 7 - Anello 737 - Canna SX



TRVb — Argille limose grigio scure a struttura brecciata a tratti scagliettata. Consistenza elevata. Fm. Terravecchia

Sondaggio Sr07h 10-01-2018

	Nullo-Basso	Medio	Alto
H_2O			
CH_4			
H_2S			

MODELLO GEOLOGICO BP 7

Lo scavo del ByPass 7 interesserà il nucleo di una sinclinale, con le argille brecciate della Form. Terravecchia a letto, interessate dallo scavo, e le marne argillose biancastre intensamente fratturate della Form. Trubi a tetto non interessate dallo scavo.

La successione dei terreni mio-pliocenici è stata interessata da un sistema di faglie dirette , oggi inattivo, tendenti a ribassare verso SO gli strati.

La presenza in sottosuolo di formazioni argillose impermeabili non permette il formarsi di falda acquifera.

CRITICITA' GEOLOGICHE

La presenza di disturbi tettonici (faglie dirette) nelle formazione accentua i fenomeni di tettonizzazione dell'ammasso argilloso, con fasce di intensa fratturazione e scagliettatura del materiale e "caoticizzazione" delle stratificazioni originarie.

La formazione delle brecce argillose della Form. Terravecchia è caratterizzata da un comportamento rigonfiante che si esplica con una variazione di volume o con una pressione vera e propria e con fenomeni estrusivi, ben descritti nella relazione geotecnica a supporto del progetto di variante.

La zona interessata dalla realizzazione del ByPass 7 è ubicata al di fuori delle area critiche individuata nell'apposita relazione geotecnica contrassegnate da valori elevati di volume perso/cedimento.

Andranno adottati quindi tutti gli accorgimenti necessari al fine di ottenere la minimizzazione degli effetti deformativi al contorno dei by pass.

CONDIZIONI IDROGEOLOGICHE

Dal punto di vista idrogeologico è assente circolazione idrica nei terreni argillosi.

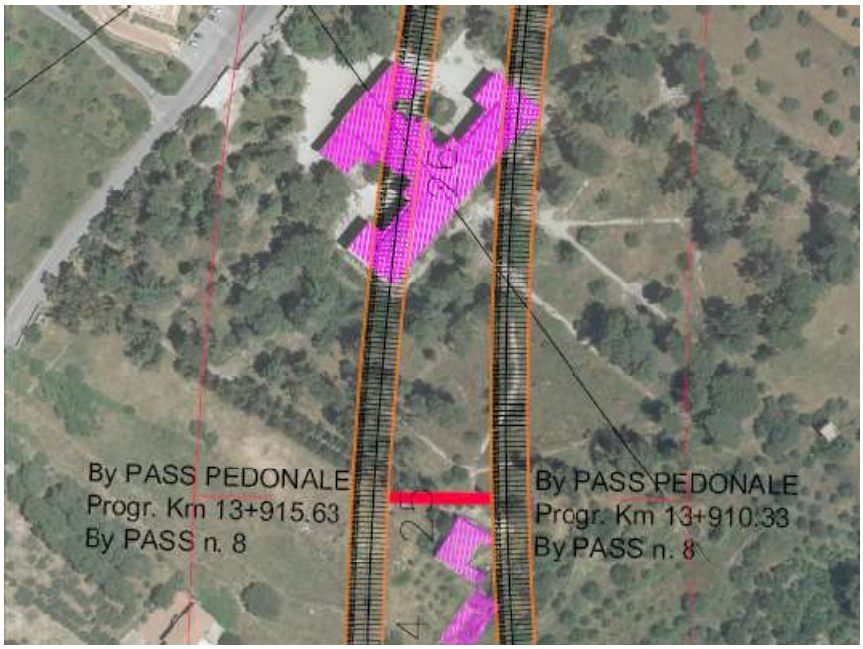
PRESENZA DI GAS

Durante le indagini di progetto esecutivo e durante lo scavo delle canne sono state rilevate manifestazioni di gas metano nell'area del ByPass 7 I monitoraggi eseguiti hanno evidenziato deboli emissioni di gas metano (CH_4) lungo l'orizzontale del carotaggio rispettivamente a 15 m (5% LEL – Lower Esplosivity Level) e 20 m (5% LEL) dal concio della canna sx.

BY PASS PEDONALE 8

Il ByPass carrabile 8 è ubicato tra la progr. 13+910,33 in canna destra e la progr. 13+915,63 in canna sinistra, prolungandosi per circa 50 metri.

La copertura in corrispondenza dell'asse della canna dx è di circa 120,40 m , mentre in corrispondenza dell'asse della canna sx è di 124,00 m.



STUDIO DELLE INDAGINI EFFETTUATE PER LA REDAZIONE DEL PROGETTO ESECUTIVO DELLE OPERE

Nell'area interessata dalla realizzazione del BP 8 è stato effettuato il sondaggio denominato S50 (2006) realizzato a supporto degli studi geologici per la redazione del progetto definitivo, spinto a m 140 dal p.c.

Nome Sondaggio	A carotaggio	A distruzione	piezometro
	Metri	Metri	
S50	140		(C)

Sondaggio geognostico eseguito in seno al PD nel 2006

La stratigrafia del sondaggio è la seguente :

0.00 -16.50 Sabbie gialle medio-fini con intercalazioni arenacee

16.50 - 30.00 Argille limose grigie con resti di macrofossili

30.00 - 83 m Marne argillose grigio chiare; struttura sottilmente stratificata; Consistenza elevata. (Form . Trubi).

83. 00 - 140.00 Argille limose grigie; struttura fratturata (Form . Terravecchia) Consistenza elevata.

Nell'anno 2010 è stata effettuata una campagna integrativa di sondaggi geognostici. Nell'area del BP 8 è stato effettuato il sondaggio denominato S8. Il sondaggio era ubicato lungo il tracciato della canna dx alla progr.14+351 .

La stratigrafia del sondaggio è la seguente :

0.00 -9.50	Sabbie gialle medio-fini con intercalazioni arenacee
9.50 - 25.00	Argille limose grigie con resti di macrofossili
25.00 – 73,50 m	Marne argillose grigio chiare; struttura sottilmente stratificata; Consistenza elevata. (Form . Trubi).
73. 50 - 150.00	Argille limose grigie; struttura fratturata (Form . Terravecchia) Consistenza elevata.

Si rilevava falda acquifera al passaggio tra sabbie ed argille.

I dati a supporto della progettazione evidenziano come Dalla prog. 13+250 il tracciato della galleria ricade nella formazione delle Argille Brecciate presenti al nucleo di una sinclinale di terreni mio-pliocenici. Il tracciato della galleria mostra direzione simile all'asse della sinclinale con direzione NE-SO.

I fianchi della sinclinale sono costituiti dai calcari evaporitici della Form. Calcare di base affioranti a NO del tracciato in corrispondenza della Puntara di Babaurra ed a SE in C.da Cialagra-Savarino . La struttura sinclinalica è bruscamente interrotta da una faglia inversa con direzione ENE-OSO con lato abbassato verso SO . E' importante evidenziare che a partire dalla prog. 13+380 sino alla 13+840 il tracciato è fortemente interessato da una serie di fasce tettonizzate che ricoprono oltre il 60% di tale distanza, per un totale di circa 300 m, evidenziati dalla indagini svolte (sondaggi e sismica a riflessione).

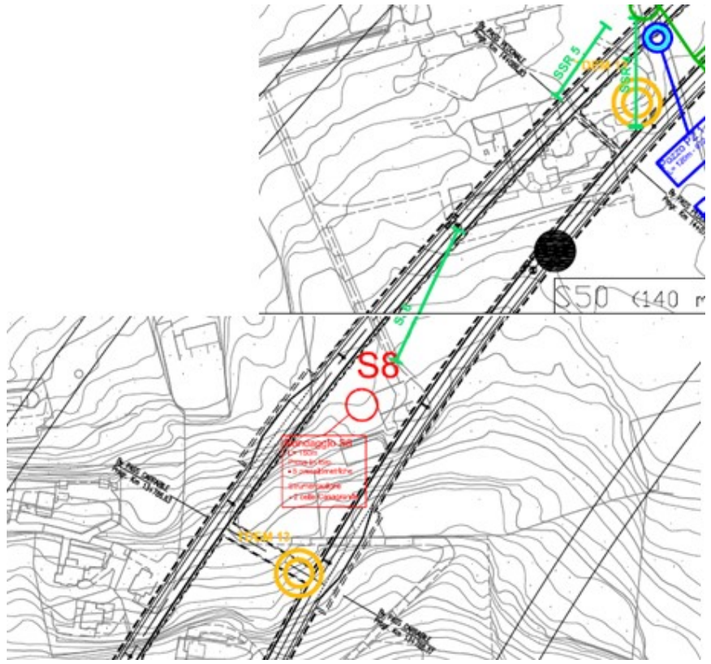
Il By Pass 8 è ubicato in corrispondenza di tali fasce tettonizzate anche se posizionato a quote superiori.

STUDIO DEI DATI DERIVANTI DALLO SCAVO DELLE CANNE SINISTRA E DESTRA DELLA GALLERIA NATURALE CALTANISSETTA

I dati derivanti dall'osservazione del marino scorrente sul nastro e dal monitoraggio dei parametri di scavo hanno evidenziato la correttezza dei dati del modello geologico.

Dati derivanti dallo scavo della canna sinistra e destra

Lo scavo ha interessato le argille brecciate della Form. Terravecchia intensamente tettonizzate . Si sono rilevati flussi limitati di gas Metano durante lo scavo.



Geoservice s.r.l.
Laboratorio di geotecnica
Via a. Labriola n. 21 Favara (Ag)
tel./fax 0922437803

COLONNA STRATIGRAFICA

Sabbie con intercalazioni quarzarenitiche	16.50			
argilla limosa di colore grigiastro, consistente, presenza di fossili	38.00			
argilla marnosa di colore grigio chiaro, consistente	83.00			
argilla limosa di colore grigio scuro consistente a struttura scagliosa	140.00			

Responsabile

GEOLAB S.R.L. - Via De Spuches s.n., Zona Industriale, Carini (PA)

SONDAGGIO: S8
DA METRI: 0.0 A METRI: 150.0
Responsabile:

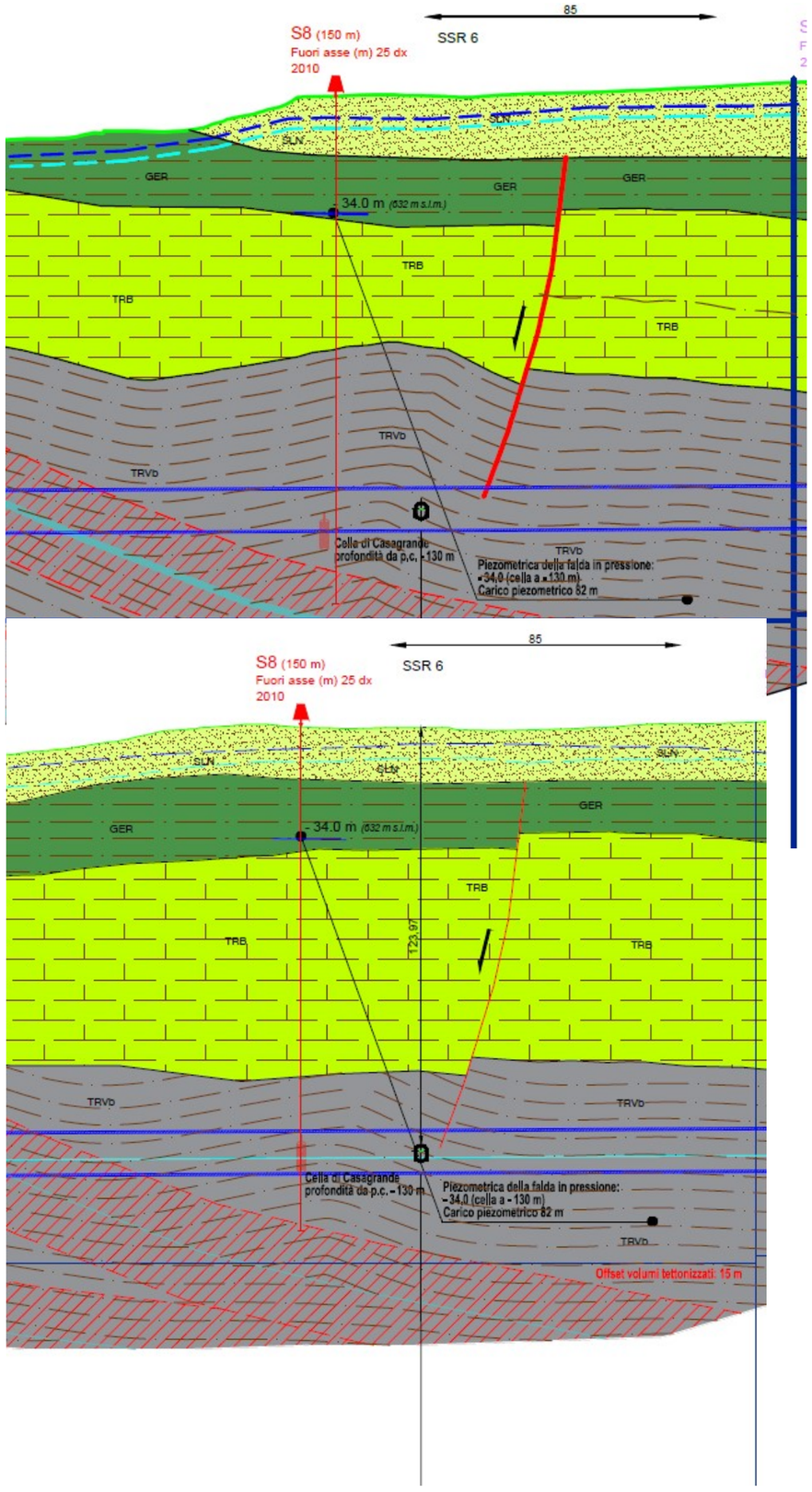
LUNGHEZZA (m): 150.0
Sonda tipo:
Operatore:

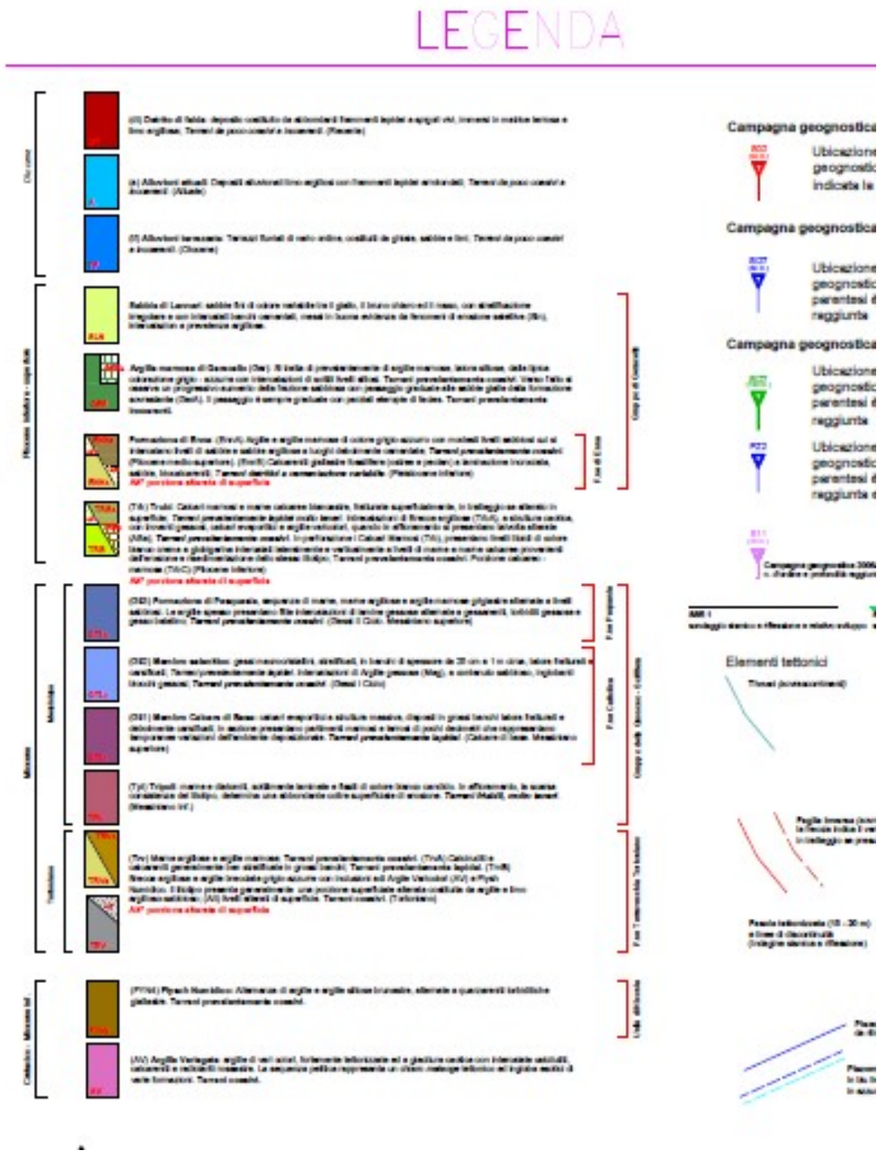
COMMITTENTE: C.M.C.
CANTIERE: S.S.640 di Porto Empedocle
LOCALITA': Caltanissetta
DATA INIZIO: 1-9-2010 DATA FINE: 9-9-2010
QUOTA BOCCAFORO (m s.l.m.):

LEGENDA:
PROVE S.P.T.: PA Punta
CAMPIONI: S Pareti sottil
R Rimaneggiato - Rs Rim
PIEZOMETRI: A Aperto -
PERFORAZIONE: CS Ca
rotiere doppio - EC Elica
STABILIZZAZIONE: RM
FB Fanghi bentonitici
% CAROTAGGIO

S.P.T. Prof. Tipo Valori	CAMPIONI Prof. Tipo	STRATIGRAFIA E DESCRIZIONE	Prof. (m)	Carot. (%) RQD (%)	Pocket Test kg/cmq	Vane Test kg/cmq	FALDA Rinv Stab	Piez metr
		Terreno vegetale	0.6					
		Sabbie sciolte con a luoghi livelli lapidei di natura calcarenitica dello spessore massimo di cm 25. Reazione diffusa all'HCl.	9.5		3.7	0.6		
					4.5	1.6		
		Argille limose grigio-verdastre, con a luoghi presenza di apparati conchigliari. Reazione diffusa all'HCl.	25.0		4.5	2.0		
	25.0-25.3 S	Argille marnose di colore grigio chiaro con a luoghi porzioni con componente limo-sabbiosa nella porzione sommitale. Presenza di clasti argillitici delle domensioni della ghiaia. Reazione diffusa all'HCl. Si segnala odore di zolfo emesso dall'acqua di circolazione e dalle carote. Valori del pocket > 5 kg/cmq	73.5					
	50.0-50.4 S							
	75.3-75.7 S	Argille color grigio verdastro,con a luoghi clasti argillitici delle dimensioni della ghiaia. Alla profondità compresa tra 80 e 90 mt presenza diffusa di depositi calcitici. Reazione diffusa all'HCl Valori del pocket > 5 kg/cmq						
	99.3-99.6 S							
	110.0-110.S							

Profilo geologico canna destra





STUDIO DEI DATI RICAVATI DALLA CAMPAGNA INTEGRATIVA DI INDAGINI GEOGNOSTICHE IN CORRISPONDENZA DEI BYPASS PREVISTI CON MONITORAGGIO ACQUA DI SOTTOSOSUOLO E GAS

Al fine di avere un riscontro di dettaglio della stratigrafia, delle caratteristiche idrogeologiche e di eventuale presenza di manifestazioni di gas è stato effettuato un sondaggio geognostico a carotaggio in corrispondenza della progressiva di realizzazione del ByPass 8 denominato B8.

Al fine di indagare l'area interessata dalla realizzazione del ByPass 8 sono state effettuate, per comodità di manovra , due perforazioni esplorative spinte rispettivamente25 m quella effettuata dalla canna destra (progr. 13+910,33) e 11 m quella effettuata in canna sinistra((progr. 13+915,63).

Tale ultimo sondaggio è stato prudenzialmente interrotto a seguito di intercettazione di manifestazioni di gas metano CH_4.

Il carotaggio eseguito ha evidenziato come i terreni tra le due canne interessati dalla realizzazione del ByPass pedonale 8 siano costituiti da argille limose grigio scure a struttura brecciata, talora scagliettata, di consistenza elevata, ascrivibili alla formazione Terravecchia (TRV b).

I monitoraggi eseguiti hanno evidenziato emissioni di gas metano (CH4) lungo l'orizzontale del carotaggio rispettivamente a 15 m (5% LEL – Lower Esplosivity Level) e 20 m (15% LEL) dal concio della canna dx e a 11m dal concio della sx (100% LEL – Lower Esplosivity Level).

COMMITTENTE: Cons. Empedocle 2 S.c.p.a.

LOCALITA': G.N. Caltanissetta - Canna SX - Anello 487 Pk 13+915.63

PROGETTO: Scavo By-Pass n. 8 pedonale

SONDAGGIO: S487h

DATA: 23 Gennaio 2018

Profond. m	Rilievo GAS	Falda acquifera	SCALA	COLONNA STRAT.	STRATIGRAFIA	CAROTAGGIO % (25 50 75 100)	PENETROMETRO TASCABILE (Kg/cm²) 1 2 3 4 5	RQD % (25 50 75 100)
0.70					Concio in c.a. Canna SX			
0.80			1		Malta di retroiniezione TBM			
			2					
			3					
			4		**TRVb:** Argille limose grigio scure a struttura brecciata a tratti scagliettata. Consistenza elevata.			
			5					
			6					
			7					
			8					
			9					
			10					
11.00	CH_4 100%LEL		11		m. 11,00 Fine sondaggio canna SX			
			12					
			13					
			14					
			15					
			16					
			17					
			18					
			19					
			20					
			21					
			22					
			23					
			24					
			25					
			26					
			27					
			28					
			29					
			30					
			31					
			32					
			33					
			34					
			35					
			36					
			37					
			38					
			39					

NOTE:

0,00 - 5,00 m

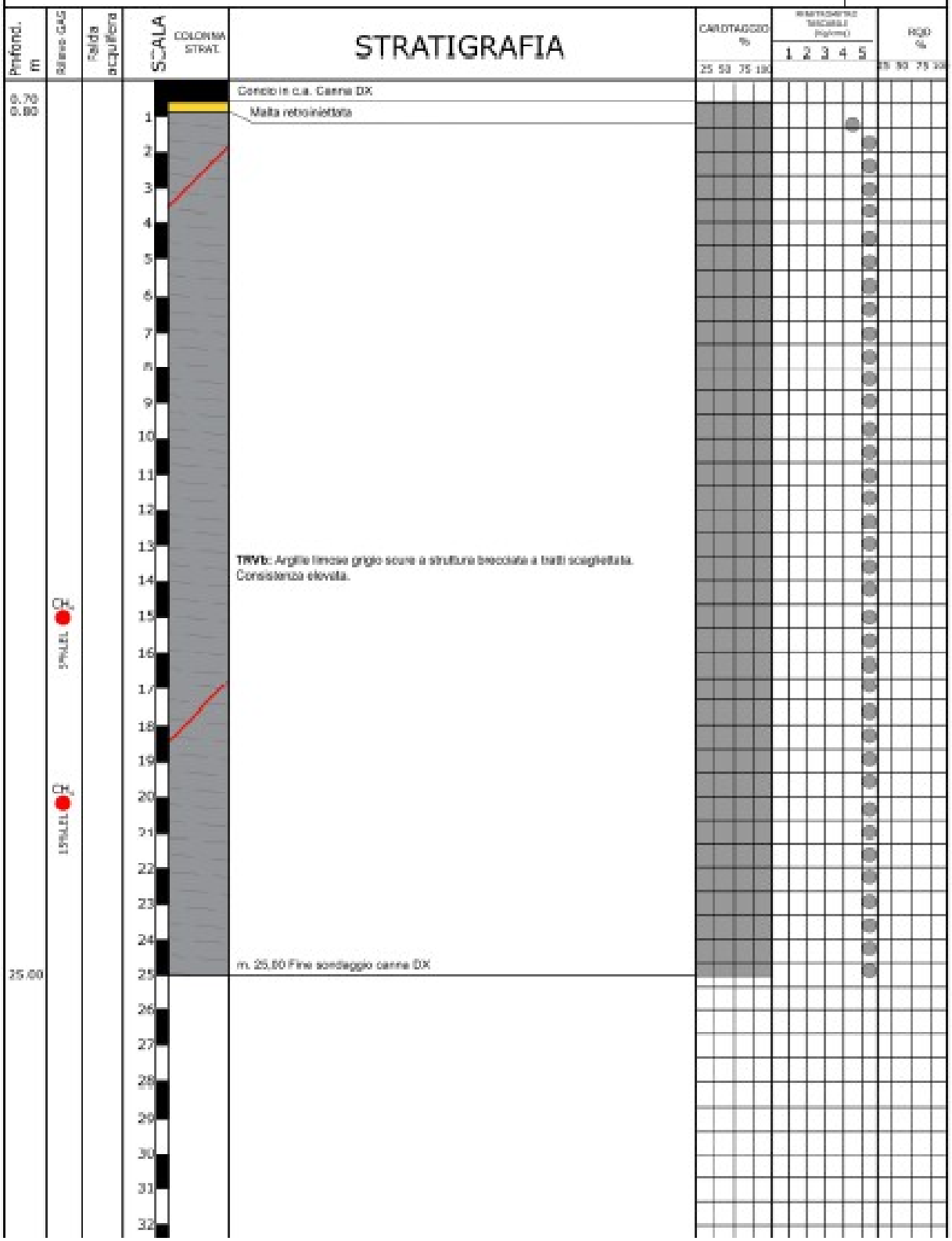
5,00 - 10,00

COMMITTENTE: Cons. Empedocle 2 S.c.p.a.

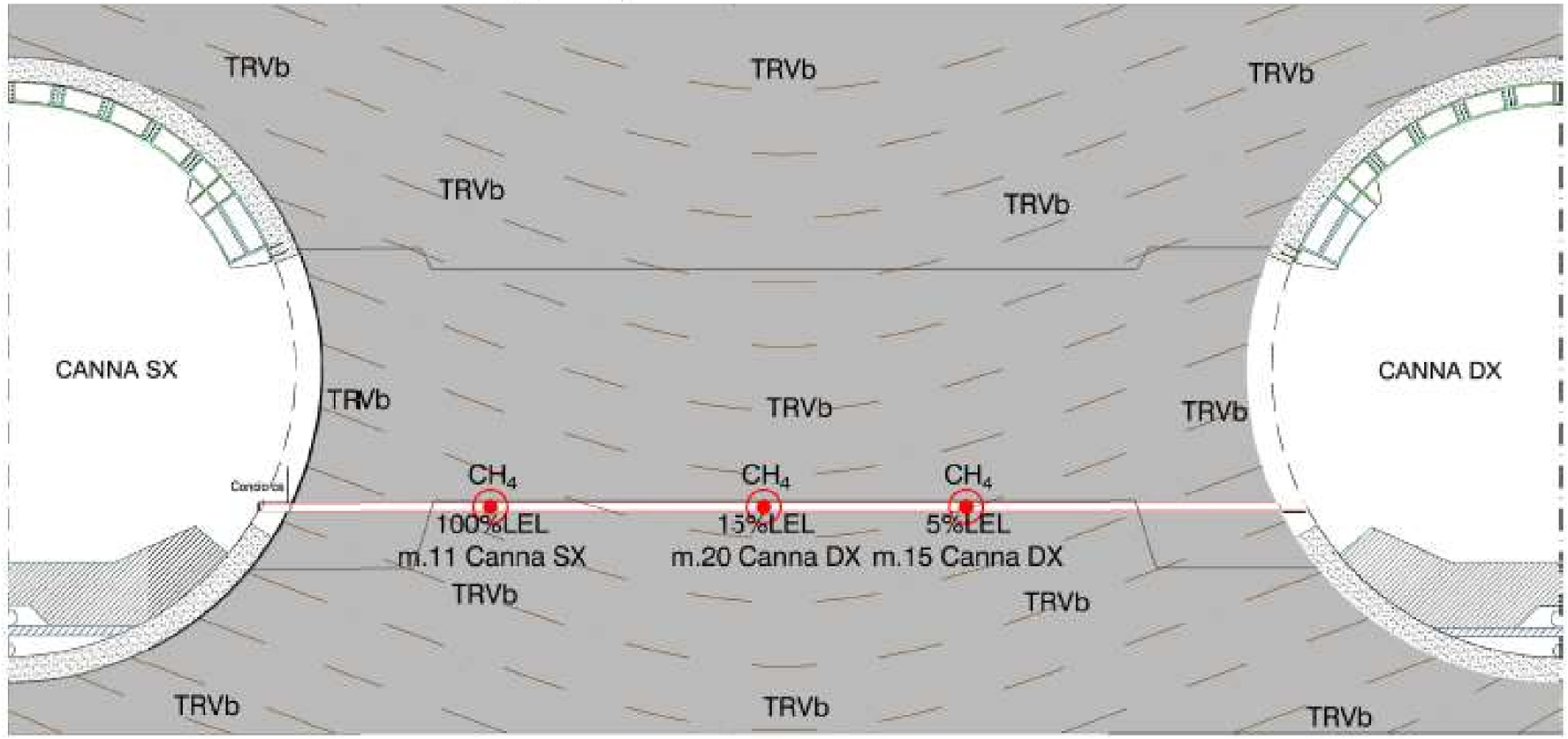
LOCALITA': G.N. Caltanissetta - Canna DX - Anello 482 Pk 13+910.33

PROGETTO: Scavo By-Pass n. 8 pedonale

SONDAGGIO: S482h DATA: 23 Gennaio 2018



Sezione Geologica - By-Pass Pedonale n. 8 - Anello 482 - Canna DX
Sezione Geologica - By-Pass Pedonale n. 8 - Anello 487 - Canna SX



TRVb — Argille limose grigio scure a struttura brecciata a tratti scagliettata. Consistenza elevata. Fm. Terravecchia

Sondaggio S_{482}h 23-01-2018

Sondaggio S_{487}h 23-01-2018

	Nullo-Basso	Medio	Alto
H_2O	■		
CH_4			■
H_2S	■		

MODELLO GEOLOGICO BP 8

Lo scavo del ByPass 8 interesserà il nucleo di una sinclinale, con le argille brecciate della Form. Terravecchia a letto, interessate dallo scavo, e le marne argillose biancastre intensamente fratturate della Form. Trubi a tetto non interessate dallo scavo.

La successione dei terreni mio-pliocenici è stata interessata da un sistema di faglie sia inverse che dirette , oggi inattivo .

E' importante evidenziare che le rocce argillose sono interessate da una serie di fasce tettonizzate evidenziate dalla indagini svolte (sondaggi e sismica a riflessione).

Il By Pass 8 è ubicato in corrispondenza di tali fasce tettonizzate anche se posizionato a quote superiori.

La presenza in sottosuolo di formazioni argillose impermeabili non permette il formarsi di falda acquifera.

CRITICITA' GEOLOGICHE

La presenza di disturbi tettonici (faglie inverse e dirette) nelle formazione accentua i fenomeni di tettonizzazione dell'ammasso argilloso, con fasce di intensa fratturazione e scagliettatura del materiale e "caoticizzazione" delle stratificazioni originarie.

La formazione delle brecce argillose della Form. Terravecchia è caratterizzata da un comportamento rigonfiante che si esplica con una variazione di volume o con una pressione vera e propria e con fenomeni estrusivi, ben descritti nella relazione geotecnica a supporto del progetto di variante.

La zona interessata dalla realizzazione del ByPass 8 è ubicata al di fuori delle area critiche individuata nell'apposita relazione geotecnica contrassegnate da valori elevati di volume perso/cedimento.

Andranno adottati quindi tutti gli accorgimenti necessari al fine di ottenere la minimizzazione degli effetti deformativi al contorno dei by pass.

CONDIZIONI IDROGEOLOGICHE

Dal punto di vista idrogeologico è assente circolazione idrica nei terreni argillosi.

PRESENZA DI GAS

Durante le indagini di progetto esecutivo e durante lo scavo delle canne sono state rilevate manifestazioni di gas metano nell'area del ByPass 8. I monitoraggi eseguiti hanno evidenziato emissioni di gas metano (CH4) lungo l'orizzontale del carotaggio rispettivamente a 15 m (5% LEL – Lower Esplosivity Level) e 20 m (15% LEL) dal concio della canna dx e a 11m dal concio della sx (100% LEL – Lower Esplosivity Level).

BY PASS PEDONALE 9

Il ByPass pedonale 9 è ubicato tra la progr. 13+426,12 in canna destra e la progr. 13+417 , 33 in canna sinistra, prolungandosi per circa 50 metri.

La copertura in corrispondenza dell'asse della canna dx è di circa 70,84 m , mentre in corrispondenza dell'asse della canna sx è di 58,32 m.

STUDIO DELLE INDAGINI EFFETTUATE PER LA REDAZIONE DEL PROGETTO ESECUTIVO DELLE OPERE

L'area interessata dalla realizzazione del BP 9 è stata indagata con i sondaggi geognostici SI 26 (2010) e SI 26 bis (2010) , spinti rispettivamente a m 50 e m 130 dal p.c

Sondaggio	Tipologia	Progr. Km	Profondità (m)	Campioni		
				N°	Denominazione	Profondità (m)
SI26		13+460	50,00	1	C1	25,60-26,00
				2	C2	50,00-50,30
SI26 bis	-	13+420	90,00	1	C1	24,30-24,60
				2	C2	50,00-50,50
				3	C3	75,00-75,50
SI27	Piezometro	15+820	150,00	1	C1	15,00-15,35
				2	C2	40,00-40,50
				3	C3	90,50-90,90
				4	C4	103,50-104,00
				5	C5	125,00-125,40
				6	C6	142,50-143,00

E' stata effettuata nell'area n. 1 prova sismica di superficie con tecnica a riflessione, lungo l'asse longitudinale della galleria Caltanissetta, di lunghezza di126 m, denominata SSR 01

I dati a supporto della progettazione evidenziano come dalla prog. 13+250 il tracciato della galleria ricade nella formazione delle Argille Brecciate presenti al nucleo di una sinclinale di terreni mio-pliocenici. Il tracciato della galleria mostra direzione simile all'asse della sinclinale con direzione NE-SO.

I fianchi della sinclinale sono costituiti dai calcari evaporitici della Form. Calcare di base affioranti a NO del tracciato in corrispondenza della Puntara di Babaurra ed a SE in C.da Cialagra-Savarino .

La struttura sinclinalica è bruscamente interrotta da una faglia inversa con direzione ENE-OSO con lato abbassato verso SO . E' importante evidenziare che a partire dalla prog. 13+380 sino alla 13+840 il tracciato è fortemente interessato da una serie di fasce tettonizzate che ricoprono oltre il 60% di tale distanza, per un totale di circa 300 m, evidenziati dalla indagini svolte (sondaggi e sismica a riflessione).

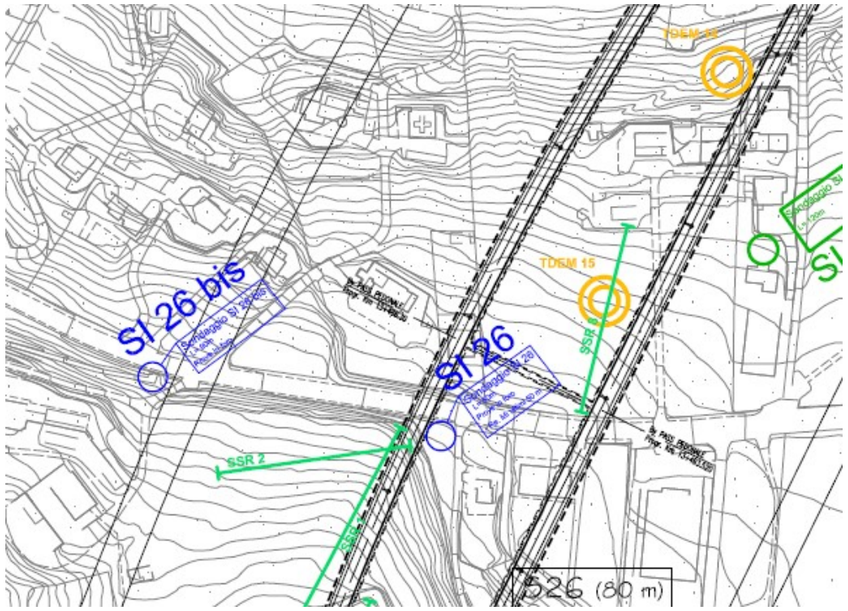
Queste fasce fratturate creano, nella formazione argillosa, notoriamente impermeabile, delle aree a maggiore permeabilità. A tale fattore è da ascrivere la risalita della falda acquifera nei piezometri SI 39 (cella posta a m 80 dal p.c. e livello di falda in pressione a m 42 dal p.c) e SI43 (cella posta a m 105 dal p.c. e livello di falda in pressione a m 20 dal p.c). Allo stessa permeabilità per fratturazione da imputare la possibilità del gas metano CH_4, derivante dalla trasformazione della abbondante sostanza organica presente nelle Argille Brecciate, a migrare verso la superficie.

STUDIO DEI DATI DERIVANTI DALLO SCAVO DELLE CANNE SINISTRA E DESTRA DELLA GALLERIA NATURALE CALTANISSETTA

I dati derivanti dall'osservazione del marino scorrente sul nastro e dal monitoraggio dei parametri di scavo hanno evidenziato la correttezza dei dati del modello geologico.

Dati derivanti dallo scavo della canna sinistra e destra

Lo scavo ha interessato le argille brecciate della Form. Terravecchia intensamente tettonizzate . Si sono rilevati flussi di gas Metano durante lo scavo.



Committente	CMC
Cantiere	SS 640-II Lotto
Località	
Data Inizio	22/11/2010
Data Fine	29/11/2010

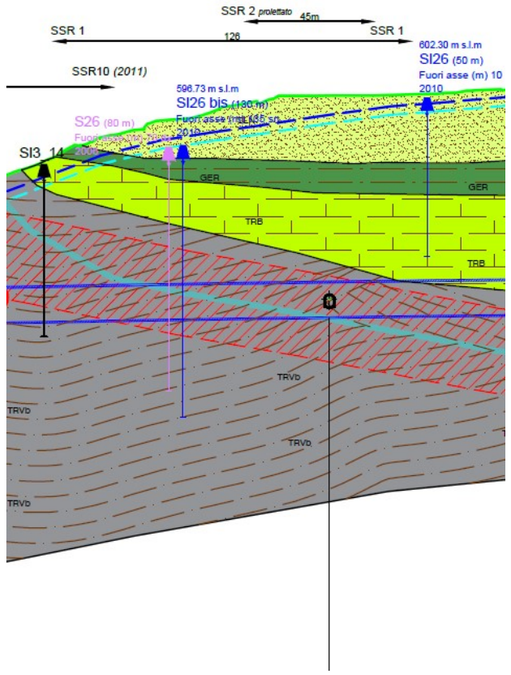
	Stratigrafia	Descrizione	Profondita'	Potenza
1		Limo con argilla sabbioso di colore bruno-grigiastro, alterato, con intercalazioni di livelli di limo sabbioso di colore bruno rossastro	0.90	0.90
2–6		Argilla con limo sabbiosa, di colore bruno-grigiastro, plastica, con intercalazioni di livletti sabbiosi e con incliiusi litici millimetrici	6.00	5.10
7–17		Argilla con limo di colore grigiastro passante a grigio-verdastro, consistente, plastica, con inclusi litici millimetrici e centimetrici e con intercalazioni di livelli di limo sabbioso	17.00	11.00
18–19		Argilla con limo di colore grigio-verdastro, mediamente consistente, plastica, con inclusi litici millimetrici		4.20

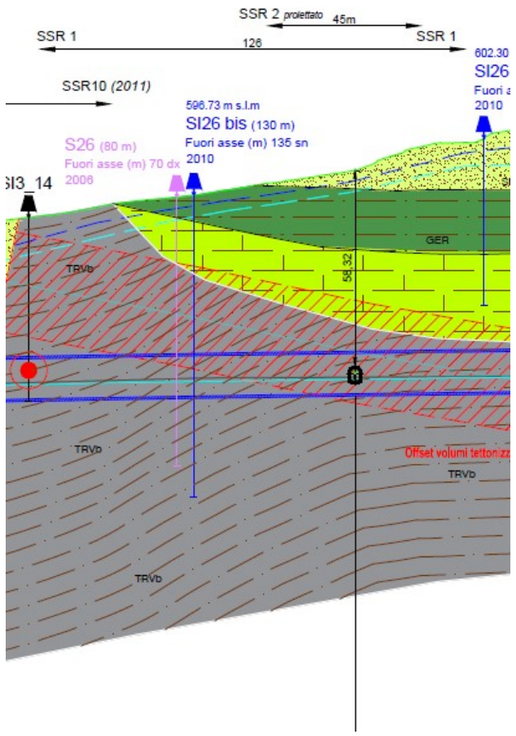
Committente	CMC
Cantiere	SS 640-II Lotto
Località	
Data Inizio	12/11/2010
Data Fine	18/11/2010

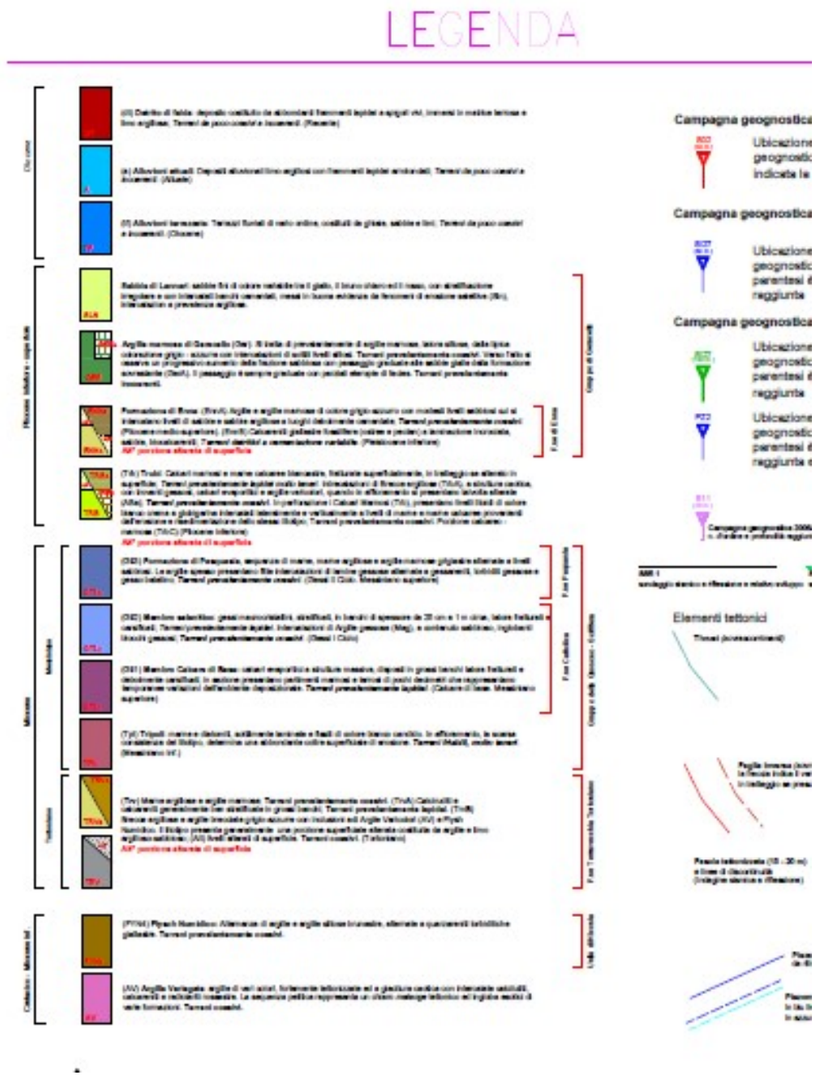
	Stratigrafia	Descrizione	Profondita'
1–3		Terreno vegetale: Limo con sabbia di colore bruno Terreno di riporto: Sabbia e pietrisco di colore biancastro alternato a sabbia con limo a grana medio-fine, addensata di colore nocciola-brunastro	0.50
4–5		Sabbia con limo a grana medio-fine di colore nocciola-brunastro	3.40
6		Limo con argilla di colore nocciola con striature grigiastre, sabbioso, consistente con inclusi litici centimetrici	5.00 5.80
7–8		Argilla con limo di colore grigio-brunastro, consistente con inclusi livelli sabbiosi e litici millimetrici	
9		Limo con sabbia argilloso di colore nocciola-brunastro con inclusi litici millimetrici	6.40
10		Sabbia limosa di colore grigiastro con inclusi litici millimetrici	9.50
11		Sabbia con limo si colore nocciola-rossastro con inclusi arenitici centimetrici	10.80
12–13		Argilla con limo di colore grigiastro, plastica e fossilifera	11.50
14–16		Sabbia con limo a grana madia di colore grigiastro passante a grigio-verdastro, fortemente fossilifera	13.80
17–19		Argilla con limo di colore grigio-verdastro, consistente, fossilifera, consistente con intercalazioni di livelli di limo sabbioso	15.40

	Stratigrafia	Descrizione	Profondita'
25–32		Argilla con limo di colore grigio verdastro, consistente e poco fossilifera	24.50
33–45		Marna argillosa di colore grigio chiaro biancastro, consistente, alternata ad argilla marnosa a tratti stratificata e fratturata	32.00

Profilo geologico canna destra







STUDIO DEI DATI RICAVATI DALLA CAMPAGNA INTEGRATIVA DI INDAGINI GEOGNOSTICHE IN CORRISPONDENZA DEI BYPASS PREVISTI CON MONITORAGGIO ACQUA DI SOTTOSOSUOLO E GAS

Al fine di avere un riscontro di dettaglio della stratigrafia, delle caratteristiche idrogeologiche e di eventuale presenza di manifestazioni di gas è stato effettuato un sondaggio geognostico a carotaggio in corrispondenza della progressiva di realizzazione del ByPass 8 denominato B9.

Al fine di indagare l'area interessata dalla realizzazione del ByPass9 sono state effettuate, per comodità di manovra , due perforazioni esplorative spinte rispettivamente 35 m quella effettuata dalla canna destra (progr. 13+426,12)e 18 m quella effettuata in canna sinistra(progr. 13+417,33).

Tale ultimo sondaggio è stato prudenzialmente interrotto a seguito di intercettazione di manifestazioni di gas metano CH4.

Il carotaggio eseguito ha evidenziato come i terreni tra le due canne interessati dalla realizzazione del ByPass pedonale 9 siano costituiti da argille limose grigio scure a struttura brecciata, talora scagliettata, di consistenza elevata, ascrivibili alla formazione Terravecchia (TRV b).

I monitoraggi eseguiti hanno evidenziato emissioni di gas metano (CH_4) lungo l'orizzontale del carotaggio rispettivamente a 6 m (5% LEL – Lower Esplosivity Level) a 18m dal concio della sx (100% LEL – Lower Esplosivity Level).

COMMITTENTE: Cons. Empedocle 2 S.c.p.a.

LOCALITA': G.N. Caltanissetta - Canna SX - Anello 239 Pk 13+417.33

PROGETTO: Scavo By-Pass n. 9 pedonale

SONDAGGIO: S239h

DATA: 26 Gennaio 2018

Profond. m	Riferimento CAD	Falda acquifera	SCALA	COLONNA STRAT.	STRATIGRAFIA	CAROTAGGIO %	PENETROMETRO TASCABILE (N/cm²)	RQD %
						25 50 75 100	1 2 3 4 5	25 50 75 100
0.70 0.80			1		Conci in c.a. Canna SX Malta di retroiniezione TBM			
			2					
			3					
			4					
			5					
			6					
			7					
			8					
			9		**TRVb:** Argille limose grigio scure a struttura brecciata a tratti scagliettata. Superfici lucide in frattura. Piani di taglio a m. 4.50 - a m. 10.10 - a m. 13.00. Consistenza elevata.			
			10					
			11					
			12					
			13					
			14					
			15					
			16					
			17					
18.00	CH.		18		m. 18 Fine sondaggio Canna SX			
	ore 11:00 90% LEL ore 17:00 90% LEL ore 18:30 90% LEL		19					
			20					
			21					
			22					
			23					
			24					
			25					
			26					
			27					
			28					
			29					
			30					
			31					
			32					

COMMITTENTE: Cons. Empedocle 2 S.c.p.a.

LOCALITA': G.N. Caltanissetta - Canna DX - Anello 236 Pk 13+426.12

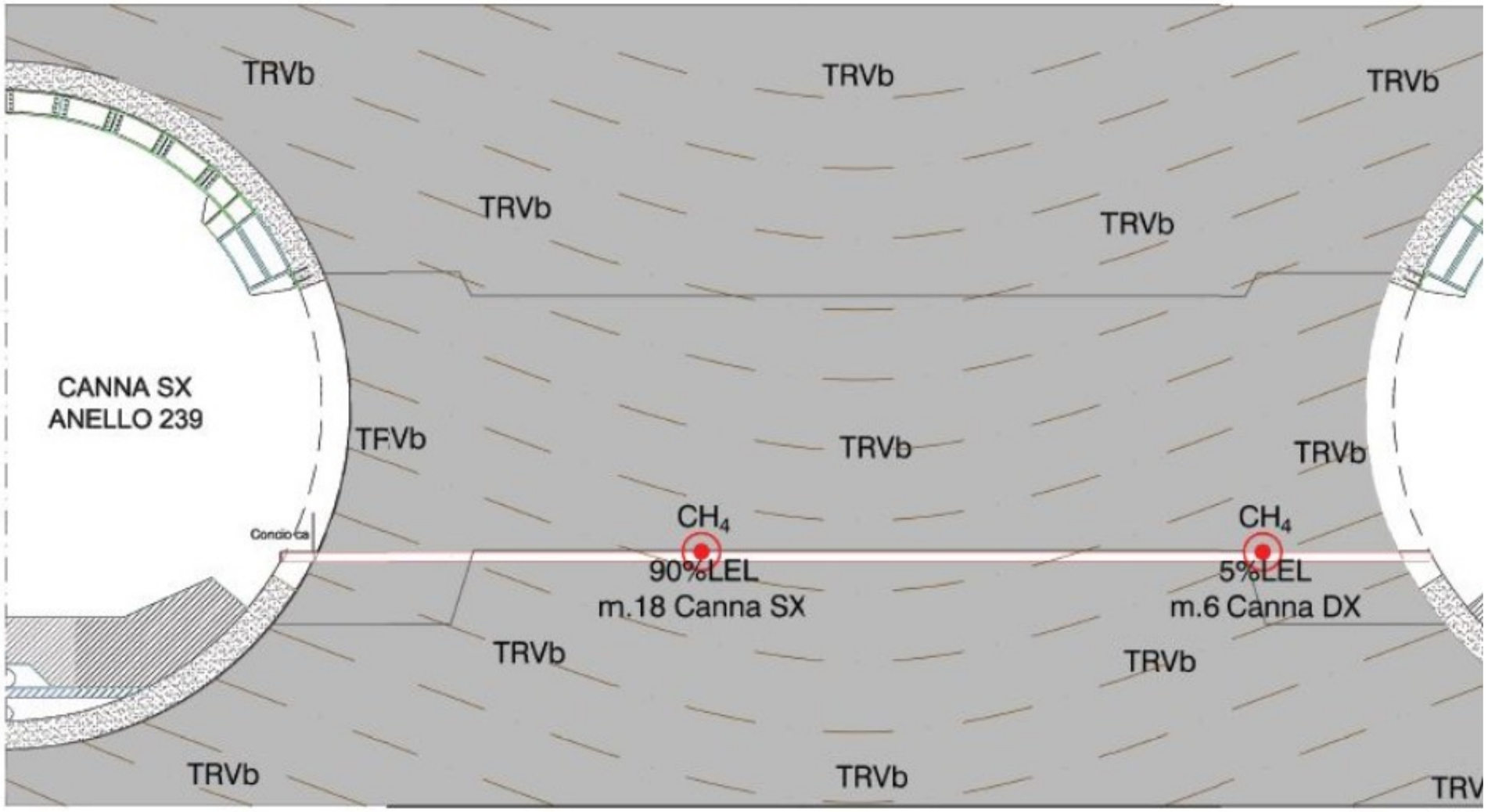
PROGETTO: Scavo By-Pass n. 9 pedonale

SONDAGGIO: S236h

DATA: 25 Gennaio 2018

Profond. m	Rilievo GAS	Falda acquifera	SCALA	COLONNA STRAT.	STRATIGRAFIA	CAROTAGGIO % (25 50 75 100)	PROFONDITÀ TASCABILE (%/cm) 1 2 3 4 5	RQD % (25 50 75 100)
0.70					Concio in c.a. Canna DX			
0.80			1		Malta di retroiniezione TBM			
	CH_4 5% LEL		2					
			3					
			4					
			5					
			6					
			7					
			8					
			9					
			10					
			11					
			12					
			13					
			14					
			15					
			16		**TRM:** Argille limose grigio scure a struttura brecciata a tratti scagliettata. Fondamento elevato			
			17					
			18					
			19					
			20					
			21					
			22					
			23					
			24					
			25					
			26					
			27					
			28					
			29					
			30					
			31					
			32					

Sezione Geologica - By-Pass Pedonale n. 9 - Anello 236 - Canna DX
Sezione Geologica - By-Pass Pedonale n. 9 - Anello 239 - Canna SX



TRVb — Argille limose grigio scure a struttura brecciata a tratti scagliettata. Consistenza elevata

Sondaggio S_{236}h 25-01-2018

Sondaggio S_{239}h 26-01-2018

Nullo-Basso

MODELLO GEOLOGICO BP 9

Lo scavo del ByPass 9 interesserà il nucleo di una sinclinale, con le argille brecciate della Form. Terravecchia a letto, interessate dallo scavo, e le marne argillose biancastre intensamente fratturate della Form. Trubi a tetto non interessate dallo scavo.

La successione dei terreni mio-pliocenici è stata interessata da un sistema di faglie sia inverse che dirette , oggi inattivo .

E' importante evidenziare che le rocce argillose sono interessate da una serie di fasce tettonizzate evidenziate dalla indagini svolte (sondaggi e sismica a riflessione).

Il By Pass 9 è ubicato in corrispondenza di tali fasce tettonizzate .

La presenza in sottosuolo di formazioni argillose impermeabili non permette il formarsi di falda acquifera.

CRITICITA' GEOLOGICHE

La presenza di disturbi tettonici (faglie inverse e dirette) nelle formazione accentua i fenomeni di tettonizzazione dell'ammasso argilloso, con fasce di intensa fratturazione e scagliettatura del materiale e "caoticizzazione" delle stratificazioni originarie.

La formazione delle brecce argillose della Form. Terravecchia è caratterizzata da un comportamento rigonfiante che si esplica con una variazione di volume o con una pressione vera e propria e con fenomeni estrusivi, ben descritti nella relazione geotecnica a supporto del progetto di variante.

La zona interessata dalla realizzazione del ByPass 9 è ubicata al di fuori delle area critiche individuata nell'apposita relazione geotecnica contrassegnate da valori elevati di volume perso/cedimento.

Andranno adottati quindi tutti gli accorgimenti necessari al fine di ottenere la minimizzazione degli effetti deformativi al contorno dei by pass.

CONDIZIONI IDROGEOLOGICHE

Dal punto di vista idrogeologico è assente circolazione idrica nei terreni argillosi.

PRESENZA DI GAS

Durante le indagini di progetto esecutivo e durante lo scavo delle canne sono state rilevate manifestazioni di gas metano nell'area del ByPass 9. I monitoraggi eseguiti hanno evidenziato emissioni di gas metano (CH_4) lungo l'orizzontale del carotaggio rispettivamente a 6 m (5% LEL – Lower Esplosivity Level) a 18m dal concio della sx (100% LEL – Lower Esplosivity Level).

ORDINE REGIONALE DEI GEOLOGI DI SICILIA
Dott. Geol. ENRICO CURCURUTO N. 966

STRATIGRAFIE DELLE INDAGINI GEOGNOSTICHE EFFETTUATE

COMMITTENTE: Cons. Empedocle 2 S.c.p.a.

LOCALITA': G.N. Caltanissetta - Canna DX - Anello 1862 Pk 16+667.43

PROGETTO: Scavo By-Pass n. 1 pedonale

SONDAGGIO: S1862h

DATA: 23 Gennaio 2018

Profond. m	Rilievo GAS	Falda acquifera	SCALA / COLONNA STRAT.	STRATIGRAFIA
0.70 1.00	Assenza di manifestazioni di GAS			Concio in c.a. Canna DX Malta di retroiniezione TBM
				TRVb: Argille limose grigio scure a struttura brecciata a tratti scagliettata. Consistenza elevata.
25.00 25.10 25.80				Malta di retroiniezione TBM Concio in c.a. Canna SX

CAROTAGGIO % (25 50 75 100)

PENETROMETRO TASCABILE (Kg/cmq) (1 2 3 4 5)

RQD % (25 50 75 100)

NOTE:

0,00 - 5,00 m

5,00 - 10,00

10,00 - 15,00

15,00 - 20,00

20,00 - 25,00

25,00 - 25,80

COMMITTENTE: Cons. Empedocle 2 S.c.p.a.

LOCALITA': G.N. Caltanissetta - Canna DX - Anello 1656 Pk 16+262.09

PROGETTO: Scavo By-Pass n. 2 pedonale

SONDAGGIO: S1656h

DATA: 19/20 Gennaio 2018

Profond. m	Rilievo GAS	Falda acquifera	SCALA / COLONNA STRAT.	STRATIGRAFIA
0.70 0.80				Concio in c.a. Canna DX Malta di retroiniezione TBM
10.00	CH_4 10%LEL			**TRVb:** Argille limose grigio scure a struttura brecciata a tratti scagliettata. Consistenza elevata.
15.00	CH_4 10%LEL			
20.00				
23.00 23.10 23.80				Malta di retroiniezione TBM Concio in c.a. Canna SX

CAROTAGGIO % (25 50 75 100)

PENETROMETRO TASCABILE (Kg/cmq) (1 2 3 4 5)

RQD % (25 50 75 100)

NOTE:

0,00 - 5,00 m

5,00 - 10,00

10,00 - 15,00

15,00 - 20,00

20,00 - 25,00

COMMITTENTE: Cons. Empedocle 2 S.c.p.a.

LOCALITA': G.N. Caltanissetta - Canna DX - Anello 1507 Pk 15+962.09

PROGETTO: Scavo By-Pass n. 3 pedonale

SONDAGGIO: S1507h

DATA: 19 Gennaio 2018

Profond. m	Rilievo GAS	Falda acquifera	SCALA / COLONNA STRAT.	STRATIGRAFIA
0.70 0.80	Assenza di manifestazioni di GAS			Concio in c.a. Canna DX Malta di retroiniezione TBM **TRVb:** Argille limose grigio scure a struttura brecciata grossolana, a tratti scagliettata. Consistenza elevata. A m. 9,60 superficie di taglio 45° Malta di retroiniezione TBM Concio in c.a. Canna SX
23.00				
26.00 26.10 26.80				

CAROTAGGIO % (25 50 75 100) — PENETROMETRO TASCABILE (Kg/cmq) (1 2 3 4 5) — RQD % (25 50 75 100)

0,00 - 5,00 m

5,00 - 10,00

10,00 - 15,00

15,00 - 20,00

20,00 - 25,00

25,00 - 26,00

Particolare rivestimento in polietilene del pozzo n. 10

NOTE: ★ A m. 23 viene intercettato rivestimento in polietilene azzurro (spessore 1 cm) di un pozzo idrico. Da accertamenti topografici si evidenzia interferenza del By-Pass con il pozzo n. 10. batteria di pozzi per deprimere la piezometrica della falda durante lo scavo della galleria Caltanissetta.
Si registra fuoriuscita di fango dal foro di sondaggio per 10/15 min. Poi deflisso di acque limpide con odore di idrocarburi (sabato 20/01 circa 4-5 l/min)

COMMITTENTE: Cons. Empedocle 2 S.c.p.a.

LOCALITA': G.N. Caltanissetta - Canna DX - Anello 1352 Pk 15+662.09

PROGETTO: Scavo By-Pass n. 4 carrabile

SONDAGGIO: S1352h DATA: 18 Gennaio 2018

Profond. m	Rilievo GAS	Falda acquifera	SCALA / COLONNA STRAT.	STRATIGRAFIA
0.70 0.80				Concio in c.a. Canna DX Malta di retroiniezione TBM
12.50				**TRB:** Argille marnose grigio chiare. Struttura intensamente fratturata con superfici lucide in frattura. Consistenza elevata Fm. Trubi
12.50				**TRB:** Marne argillose grigio chiare. Struttura intensamente fratturata con superfici lucide in frattura. Consistenza elevata Fm. Trubi
16.50	H_2S	15.50 16.50		**TRB:** Marne calcaree e calcari marnosi grigio chiari alternati a marne argillose grigie in strati di spessore variabile tra 30 e 50 cm. Struttura intensamente fratturata. Consistenza elevata. Consistenza lapidea nei calcari marnosi (RQD <10%). Fm. Trubi **Falda acquifera nei livelli calcareo marnosi, con presenza di H_2S.**
20.50	H_2S			**TRB:** Argille limose grigio scure intercalate alle marne dei Trubi. Struttura brecciata e scagliettata. Consistenza elevata.
	H_2S H_2S			**TRB:** Alternanze di gessi selenitici e argille grigio scure scagliettate con sottili livelli marnosi biancastri in strati di spessore variabile da 50 cm a 150 cm. Fm GTL_2 **Gessi selenitici:** - da m 20,50 a m 22,00 - da m 24,00 a m 24,50 - da m 25,20 a m 26,00
26.90 27.00 27.70				Malta di retroiniezione TBM Concio in c.a. Canna SX

CAROTAGGIO % (25 50 75 100) — PENETROMETRO TASCABILE (Kg/cmq) (1 2 3 4 5) — RQD % (25 50 75 100)

NOTE: **Falda acquifera con presenza di H_2S**. Foro attrezzato con canna drenante. Si rilevano fuoriuscite acqua con portata 4-5 l/min.

0,00 - 5,00 m

5,00 - 10,00

10,00 - 15,00

15,00 - 20,00

20,00 - 25,00

25,00 - 27,00

COMMITTENTE: Cons. Empedocle 2 S.c.p.a.

LOCALITA': G.N. Caltanissetta - Canna SX - Anello 1127 Pk 15+190.49

PROGETTO: Scavo By-Pass n. 5 pedonale

SONDAGGIO: S1127h

DATA: 17 Gennaio 2018

Profond. m	Rilievo GAS	Falda acquifera	SCALA / COLONNA STRAT.	STRATIGRAFIA
0.70 0.80	Assenza di manifestazioni di GAS			Concio in c.a. Canna SX Malta retroiniettata
				TRB: Marne argillose grigio chiare. Struttura fratturata. Consistenza elevata
18.00 19.00				**TRVb:** Argille limose grigio scure a struttura brecciata a tratti scagliettata. Consistenza elevata.
				TRB: Argille marnose grigio chiare. A m. 20,20 piano di taglio a 30° dall'orizzontale con superficie liscia e strie di scorrimento
27.00 27.10 27.80				Malta di retroiniezione TBM Concio in c.a. Canna DX

CAROTAGGIO % (25 50 75 100) — PENETROMETRO TASCABILE (Kg/cmq) (1 2 3 4 5) — RQD % (25 50 75 100)

NOTE: **Foro attrezzato con canna drenante. Si rileva percolazione d'acqua con leggero odore di H_2S**

0,00 - 5,00 m

5,00 - 10,00

10,00 - 13,00

13,00 - 16,00

16,00 - 19,00

19,00 - 22,00

22,00 - 25,00

25,00 - 27,80

COMMITTENTE: Cons. Empedocle 2 S.c.p.a.

LOCALITA': G.N. Caltanissetta - Canna SX - Anello 986 Pk 14+913.33

PROGETTO: Scavo By-Pass n. 6 pedonale

SONDAGGIO: S986h DATA: 10 Gennaio 2018

Profond. m	Rilievo GAS	Falda acquifera	STRATIGRAFIA
0.70			Concio in c.a. Canna DX
0.80			Malta di retroiniezione TBM
			TRB: Alternanza di marne argillose grigio chiare e marne calcaree grigie in strati di spessore decimetrico. Consistenza elevata. Struttura intensamente fratturata.
3.50	H_2S		**TRB:** Marne calcaree grigie in strati di spessore decimetrico. Struttura intensamente fratturata. Odore di H_2S. Consistenza elevata
4,50	1-2 ppm		
4,80			**TRB:** Marne argillose grigio chiare. Struttura fratturata. Consistenza elevata.
7,50			
9,50	H_2S 3,5 ppm		**TRB:** Argille marnose grigio chiare. Struttura fratturata. Consistenza elevata.
12,50			**TRB:** Marne calcaree grigie in strati di spessore decimetrico. Struttura intensamente fratturata. Odore di H_2S. Consistenza elevata
13,20			
14,50	H_2S 15 ppm		**TRB:** Marne argillose grigio chiare. Struttura fratturata. Consistenza elevata.
24.50			Malta di retroiniezione TBM
24.60			Concio in c.a. Canna SX
25.30			

SCALA / COLONNA STRAT.: 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39

CAROTAGGIO % (25 50 75 100) — PENETROMETRO TASCABILE (Kg/cmq) (1 2 3 4 5) — RQD % (25 50 75 100)

NOTE: Foro attrezzato con canna drenante. Al termine del carotaggio si rileva debole ma costante percolazione d'acqua con odore di H2S

0,00 - 4,10 m

4,10 - 8,20

8,20 - 12,70

14,00 - 17,50

17,50 - 22,50

22,50 - 24,50

COMMITTENTE: Cons. Empedocle 2 S.c.p.a.

LOCALITA': G.N. Caltanissetta - Canna SX - Anello 737 Pk 14+415.33

PROGETTO: Scavo By-Pass n. 7 carrabile

SONDAGGIO: S737h DATA: 15 Gennaio 2018

Profond. m	Rilievo GAS	Falda acquifera	SCALA / COLONNA STRAT.	STRATIGRAFIA
0.70 0.80				Concio in c.a. Canna DX Malta di retroiniezione TBM
	CH_4 5% LEL			**TRVb:** Argille limose grigio scure a struttura brecciata a tratti scagliettata. Consistenza elevata.
	CH_4 5% LEL			
26.00 26.10 26.80				Malta di retroiniezione TBM Concio in c.a. Canna SX

CAROTAGGIO % (25 50 75 100) — PENETROMETRO TASCABILE (Kg/cmq) (1 2 3 4 5) — RQD % (25 50 75 100)

NOTE:

0,00 - 5,00 m

5,00 - 10,00

10,00 - 15,00

15,00 - 20,00

20,00 - 25,00

25,00 - 26,80

COMMITTENTE: Cons. Empedocle 2 S.c.p.a.

LOCALITA': G.N. Caltanissetta - Canna DX - Anello 482 Pk 13+910.33

PROGETTO: Scavo By-Pass n. 8 pedonale

SONDAGGIO: S482h DATA: 23 Gennaio 2018

Profond. m	Rilievo GAS	Falda acquifera	SCALA / COLONNA STRAT.	STRATIGRAFIA
0.70 0.80				Concio in c.a. Canna DX Malta retroiniettata
	CH_4 5%LEL CH_4 15%LEL			**TRVb:** Argille limose grigio scure a struttura brecciata a tratti scagliettata. Consistenza elevata.
25.00				m. 25,00 Fine sondaggio canna DX

CAROTAGGIO % (25 50 75 100) — PENETROMETRO TASCABILE (Kg/cmq) (1 2 3 4 5) — RQD % (25 50 75 100)

NOTE:

0,00 - 5,00 m

5,00 - 10,00

10,00 - 15,00

15,00 - 20,00

20,00 - 25,00

COMMITTENTE: Cons. Empedocle 2 S.c.p.a.

LOCALITA': G.N. Caltanissetta - Canna SX - Anello 487 Pk 13+915.63

PROGETTO: Scavo By-Pass n. 8 pedonale

SONDAGGIO: S487h

DATA: 23 Gennaio 2018

Profond. m	Rilievo GAS	Falda acquifera	SCALA / COLONNA STRAT.	STRATIGRAFIA	CAROTAGGIO % (25 50 75 100)	PENETROMETRO TASCABILE (Kg/cmq) 1 2 3 4 5	RQD % (25 50 75 100)
0.70 0.80				Concio in c.a. Canna SX Malta di retroiniezione TBM			
				TRVb: Argille limose grigio scure a struttura brecciata a tratti scagliettata. Consistenza elevata.			
11.00	CH_4 100%LEL			m. 11,00 Fine sondaggio canna SX			

NOTE:

0,00 - 5,00 m

5,00 - 10,00

COMMITTENTE: Cons. Empedocle 2 S.c.p.a.

LOCALITA': G.N. Caltanissetta - Canna DX - Anello 236 Pk 13+426.12

PROGETTO: Scavo By-Pass n. 9 pedonale

SONDAGGIO: S236h

DATA: 25 Gennaio 2018

Profond. m	Rilievo GAS	Falda acquifera	SCALA / COLONNA STRAT.	STRATIGRAFIA
0.70 0.80				Concio in c.a. Canna DX Malta di retroiniezione TBM
	CH_4 5% LEL			**TRVb:** Argille limose grigio scure a struttura brecciata a tratti scagliettata. Consistenza elevata.
35.00				m. 35 Fine sondaggio Canna DX

CAROTAGGIO % (25 50 75 100)

PENETROMETRO TASCABILE (Kg/cmq) (1 2 3 4 5)

RQD % (25 50 75 100)

NOTE:

0,00 - 5,00 m

5,00 - 10,00

10,00 - 15,00

15,00 - 20,00

20,00 - 25,00

COMMITTENTE: Cons. Empedocle 2 S.c.p.a.

LOCALITA': G.N. Caltanissetta - Canna SX - Anello 239 Pk 13+417.33

PROGETTO: Scavo By-Pass n. 9 pedonale

SONDAGGIO: S239h

DATA: 26 Gennaio 2018

Profond. m	Rilievo GAS	Falda acquifera	SCALA / COLONNA STRAT.	STRATIGRAFIA	CAROTAGGIO % (25 50 75 100)	PENETROMETRO TASCABILE (Kg/cmq) (1 2 3 4 5)	RQD % (25 50 75 100)
0.70 0.80				Concio in c.a. Canna SX Malta di retroiniezione TBM			
				TRVb: Argille limose grigio scure a struttura brecciata a tratti scagliettata. Superfici lucide in frattura. Piani di taglio a m. 5,50 - a m. 10,10 - a m. 13,80. Consistenza elevata.			
18.00	CH_4 ore 11:00 90% LEL ore 17:00 50% LEL ore 18:30 90% LEL			m. 18 Fine sondaggio Canna SX			

NOTE:

0,00 - 5,00 m

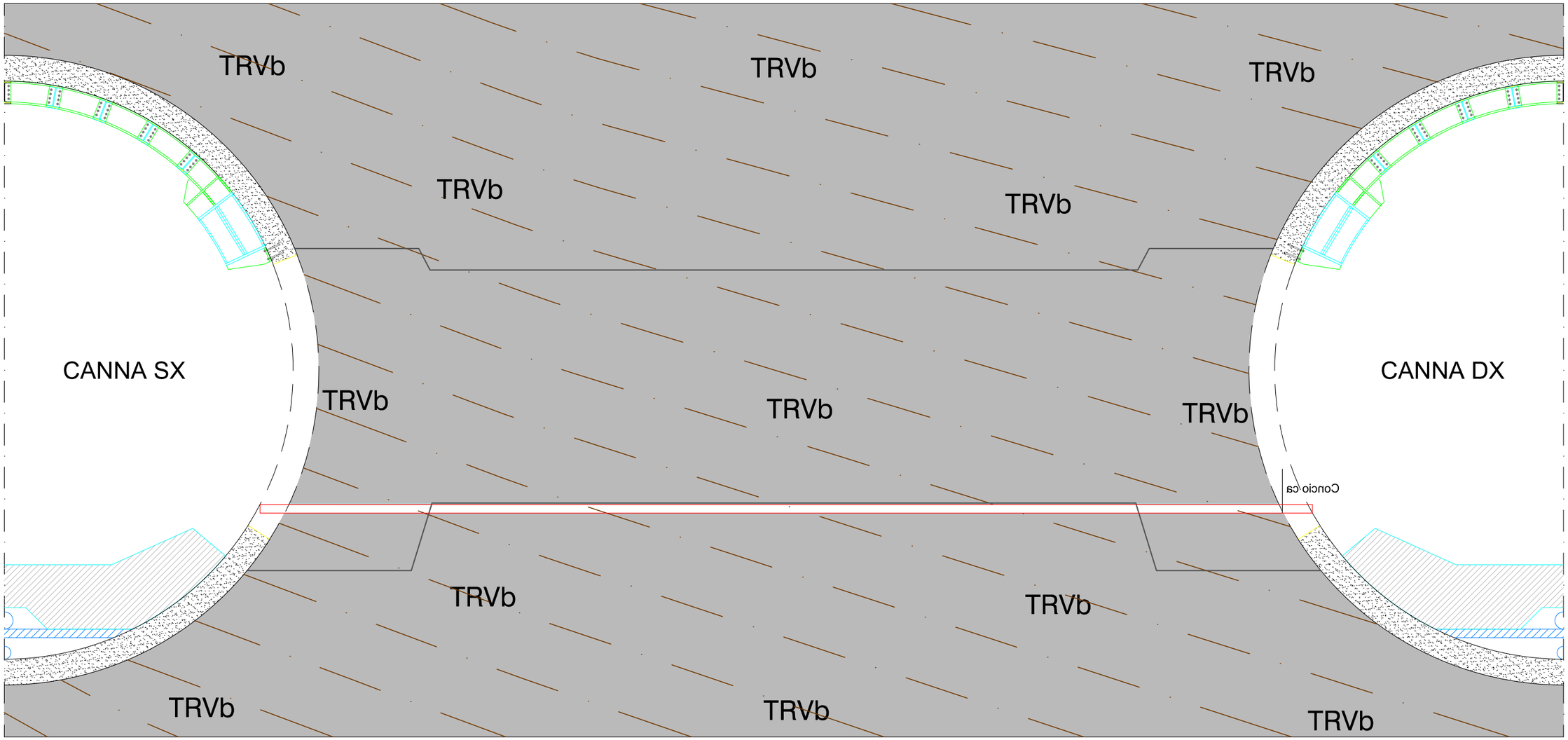
5,00 - 10,00

10,00 - 15,00

15,00 - 18,00

SEZIONI GEOLOGICHE

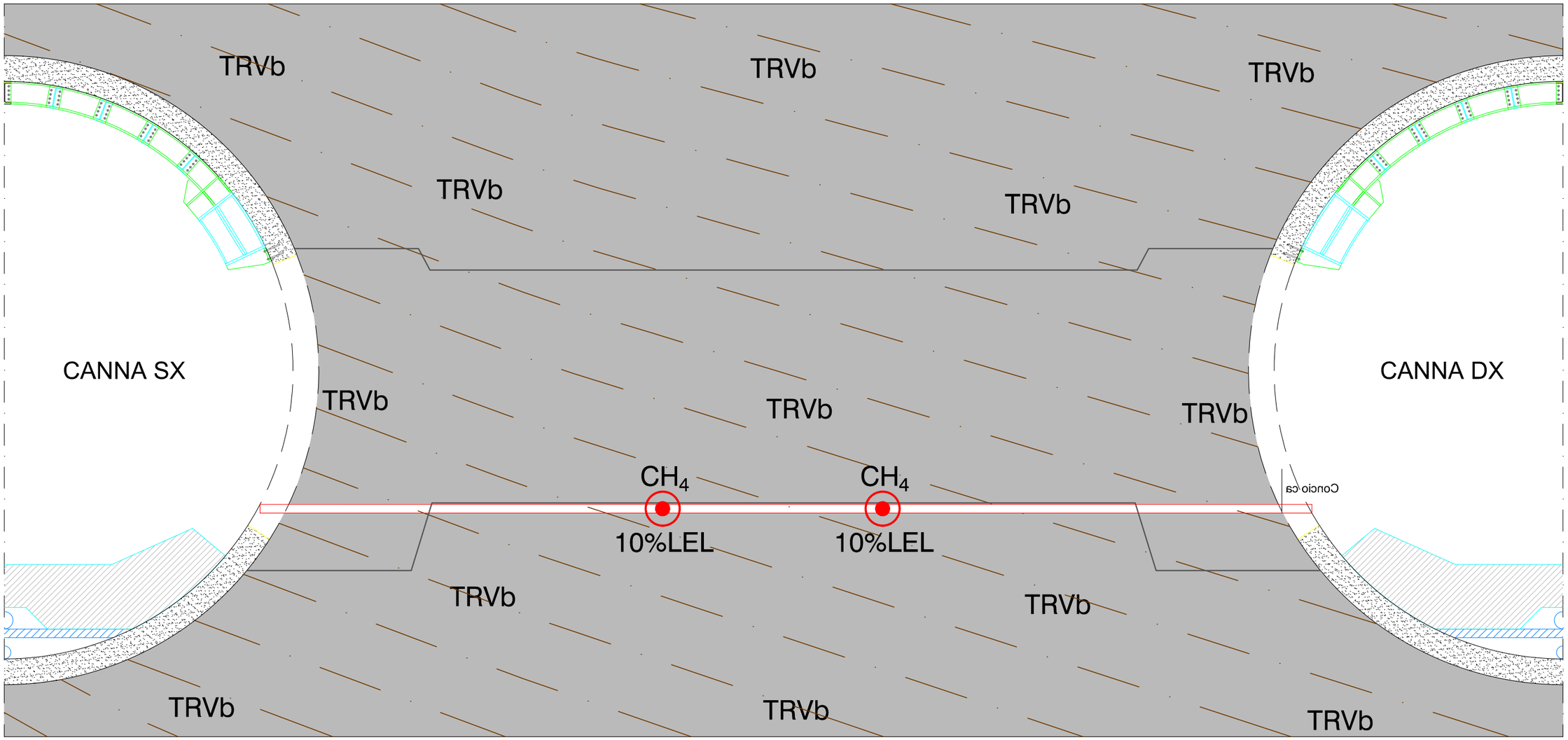
Sezione Geologica - By-Pass Pedonale n. 1 - Anello 1862 - Canna DX



TRVb — Argille limose grigio scure a struttura brecciata a tratti scagliettata. Consistenza elevata. Fm. Terravecchia

Sondaggio $S_{1862}h$
18-01-2018

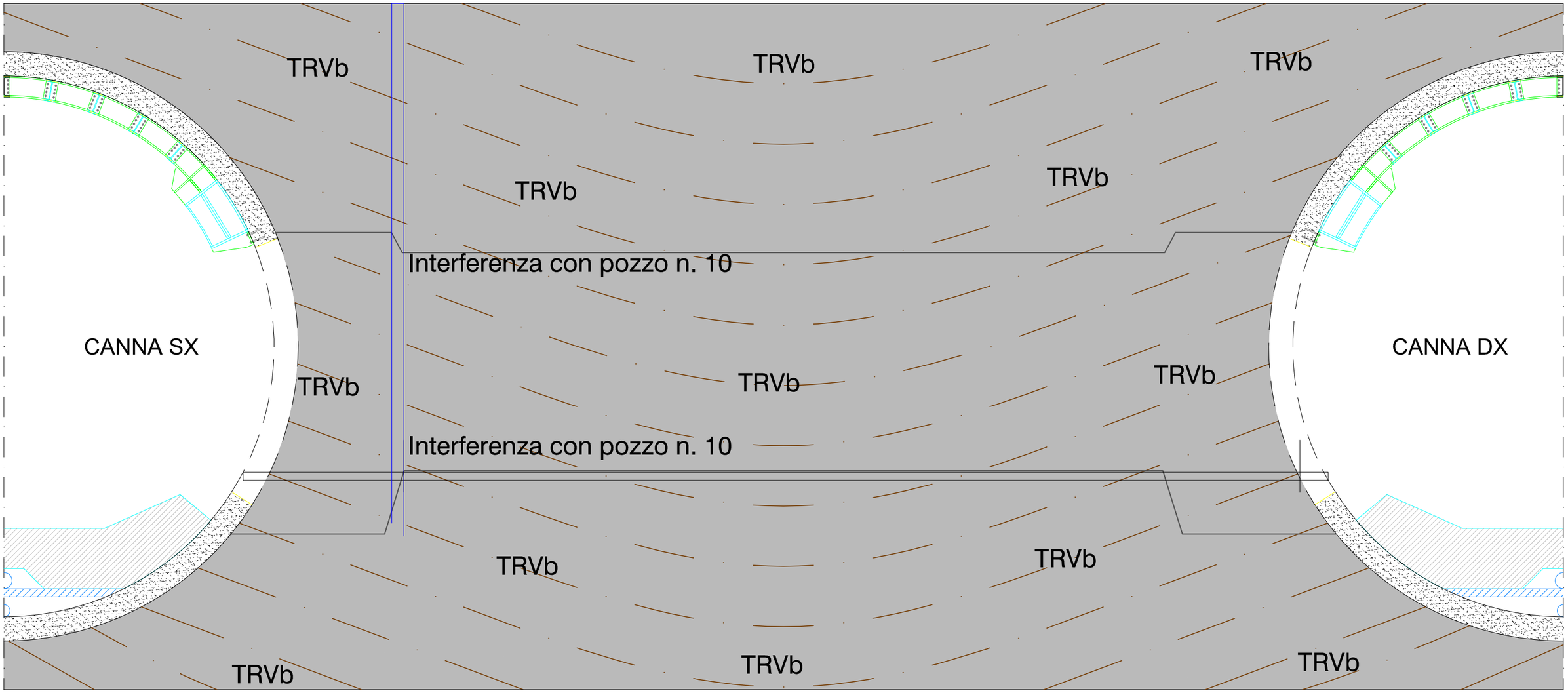
Sezione Geologica - By-Pass Pedonale n. 2 - Anello 1656 - Canna DX



TRVb — Argille limose grigio scure a struttura brecciata a tratti scagliettata. Consistenza elevata. Fm. Terravecchia

Sondaggio $S_{1656}h$ 19/20-01-2018

Sezione Geologica - By-Pass Pedonale n. 3 - Anello 1507 - Canna DX

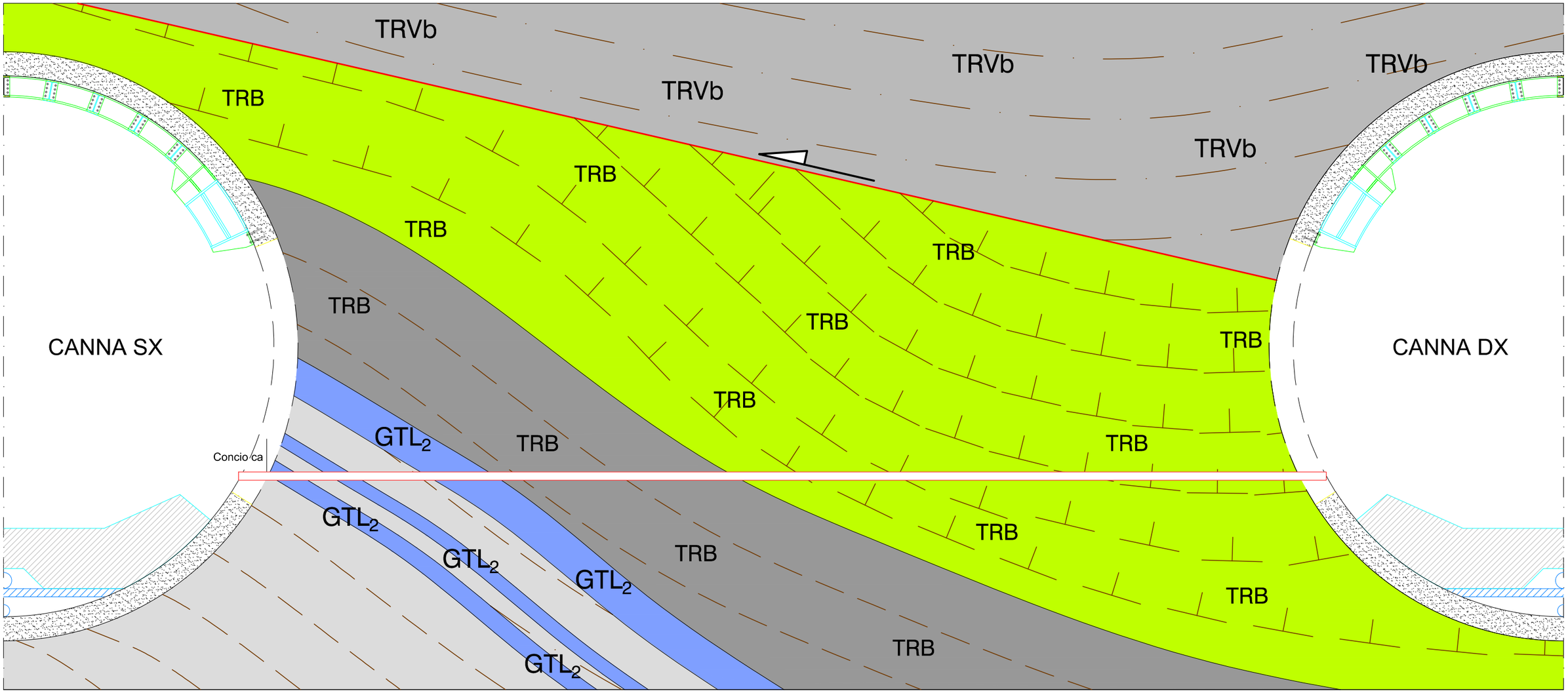


TRVb

Argille limose grigio scure a struttura brecciata a tratti scagliettata.
Consistenza elevata
Fm. Terravecchia

Sondaggio $S_{1507}h$
19-01-2018

Sezione Geologica - By-Pass Carrabile n. 4 - Anello 1352 - Canna DX



TRB — Marne argillose grigio chiare
Fm. Trubi

TRB — Argille limose grigio scure a struttura brecciata intercalate alle marne dei Trubi.
Consistenza elevata.
Fm. Trubi

Sondaggio $S_{1352}h$
18-01-2018

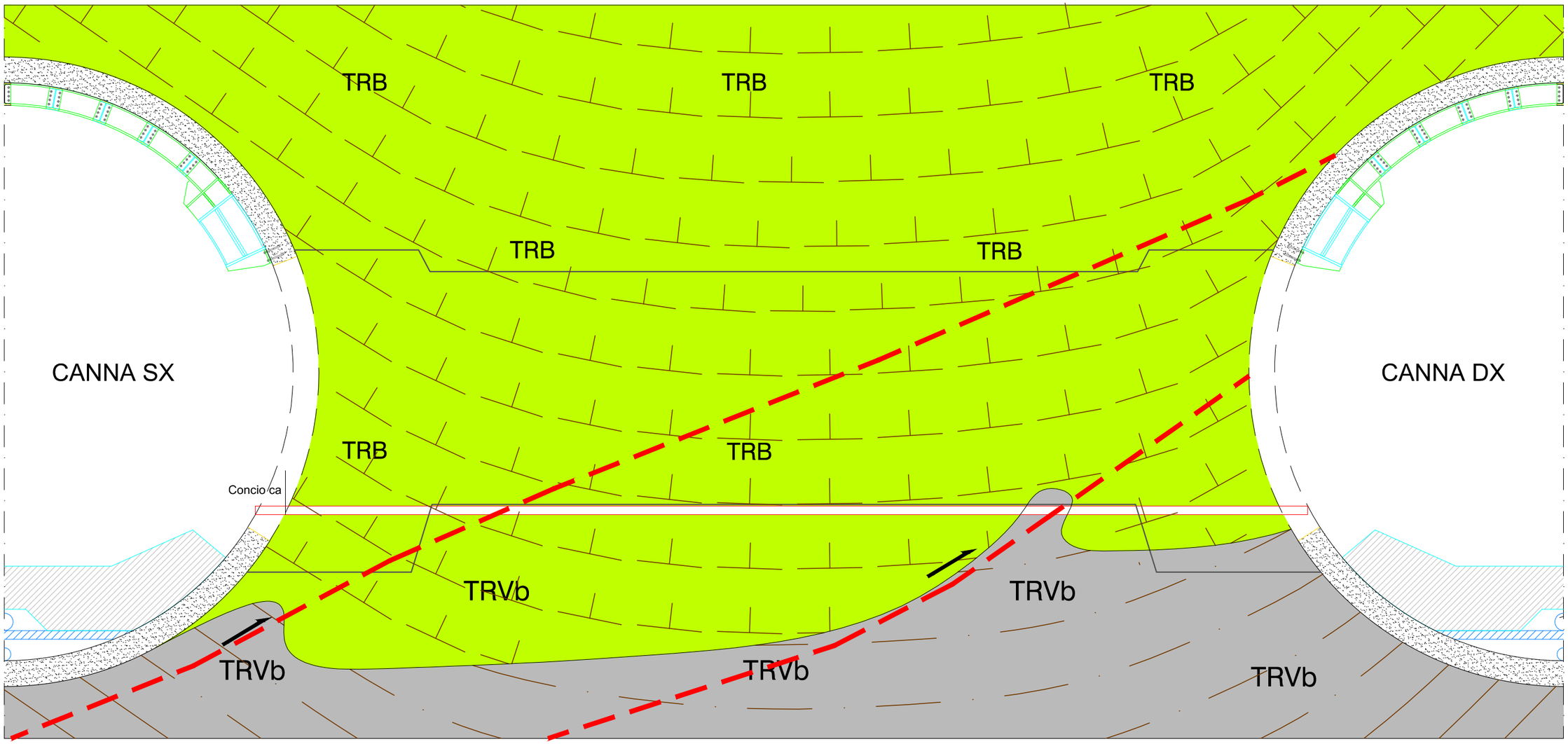
H_2O

GTL_2 — Alternanza di Gessi Selenitici litoidi ed argille scagliettate
Mb Selenitico

TRVb — Argille limose grigio scure a struttura brecciata a tratti scagliettata.
Consistenza elevata.
Fm. Terravecchia

Contatto tettonico

Sezione Geologica - By-Pass Pedonale n. 5 - Anello 1127 - Canna SX

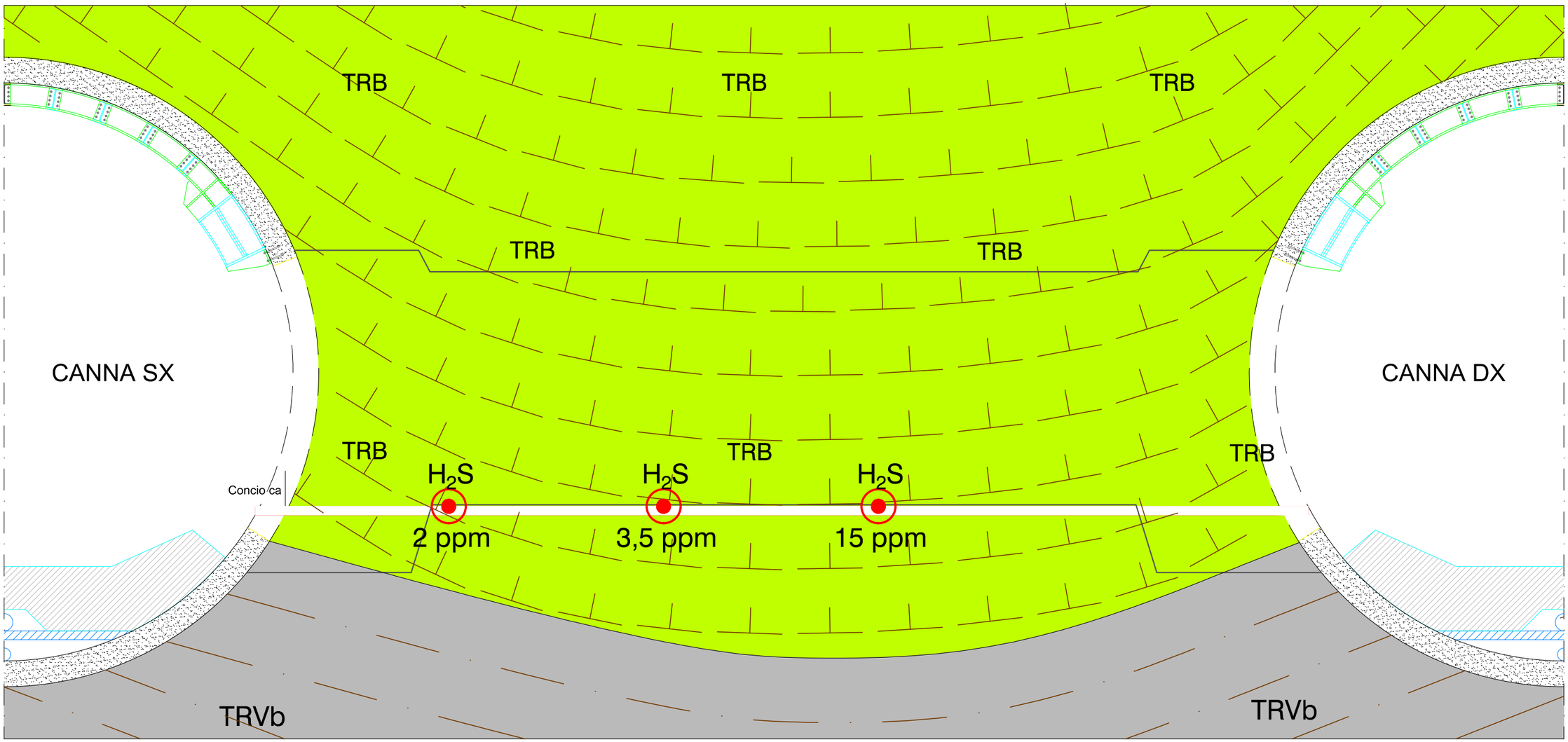


TRB — Marne argillose grigio chiare Fm. Trubi

TRVb — Argille limose grigio scure a struttura brecciata a tratti scagliettata. Consistenza elevata Fm. Terravecchia

Sondaggio $S_{1127}h$ 10-01-2018

Sezione Geologica - By-Pass Pedonale n. 6 - Anello 986 - Canna SX

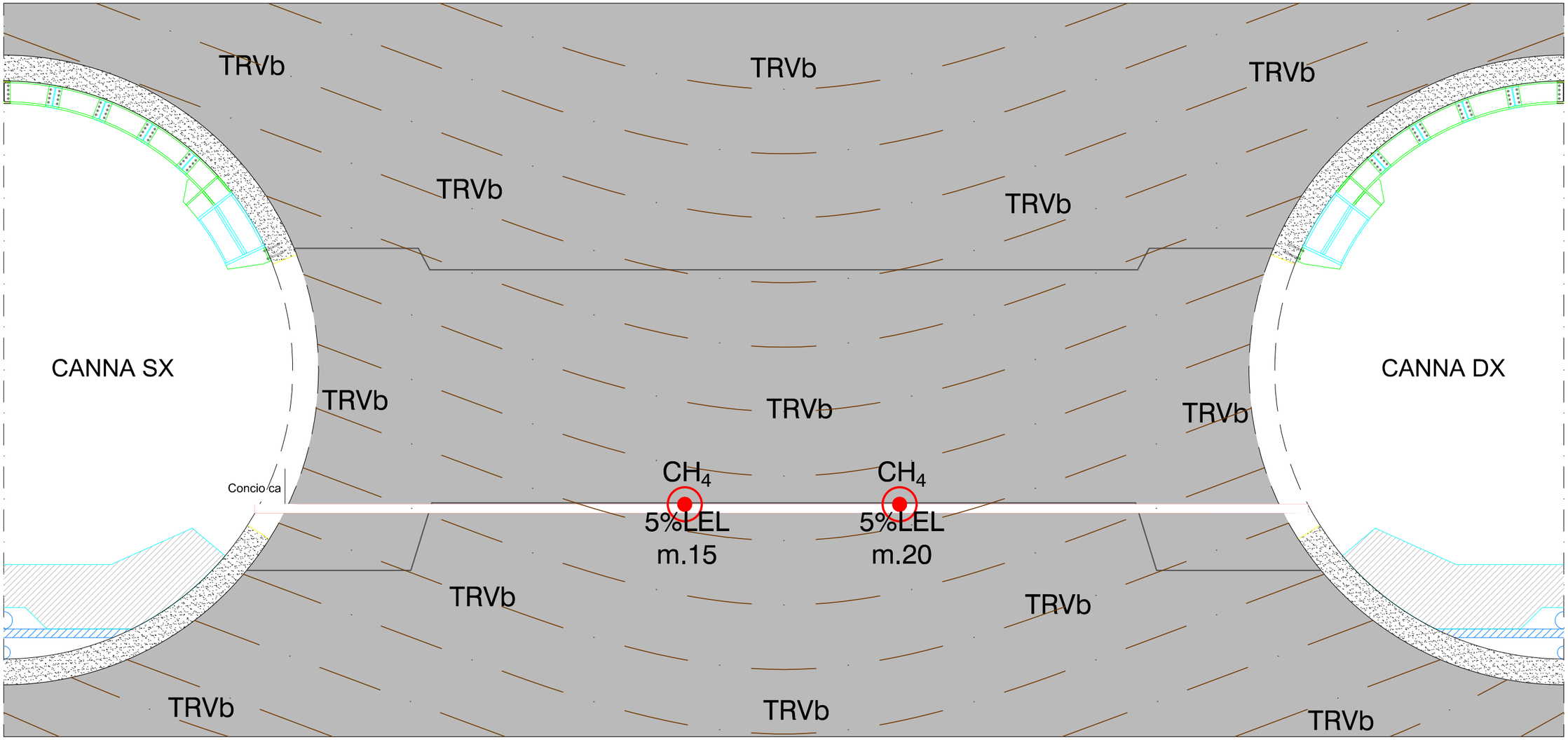


TRB — Marne argillose grigio chiare Fm. Trubi

TRVb — Argille marnose scagliettate Fm. Terravecchia

Sondaggio $S_{986}h$ 10-01-2018

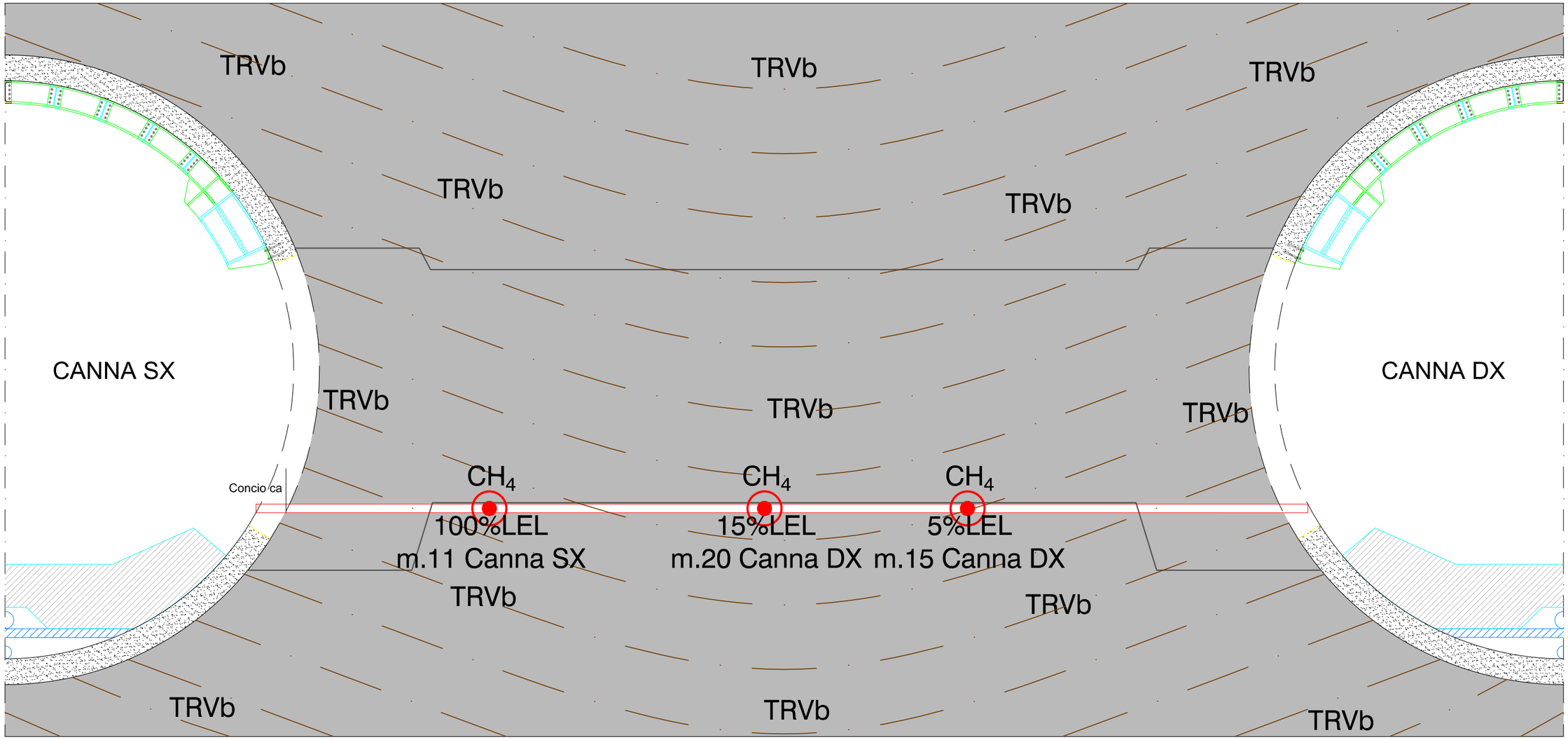
Sezione Geologica - By-Pass Carrabile n. 7 - Anello 737 - Canna SX



TRVb — Argille limose grigio scure a struttura brecciata a tratti scagliettata. Consistenza elevata. Fm. Terravecchia

Sondaggio $S_{737}h$
10-01-2018

Sezione Geologica - By-Pass Pedonale n. 8 - Anello 482 - Canna DX
Sezione Geologica - By-Pass Pedonale n. 8 - Anello 487 - Canna SX

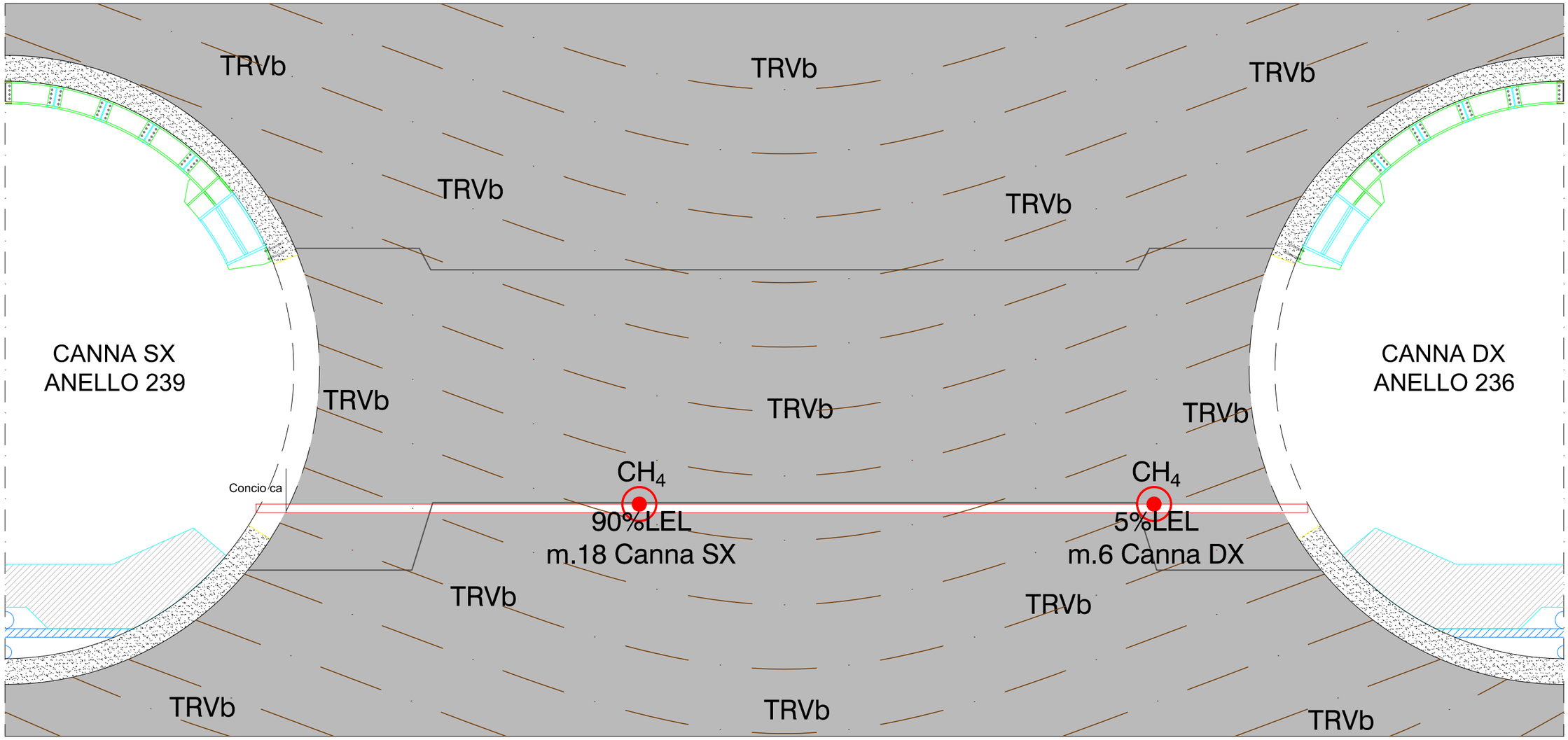


TRVb — Argille limose grigio scure a struttura brecciata a tratti scagliettata. Consistenza elevata Fm. Terravecchia

Sondaggio S_{482}h 23-01-2018

Sondaggio S_{487}h 23-01-2018

Sezione Geologica - By-Pass Pedonale n. 9 - Anello 236 - Canna DX
Sezione Geologica - By-Pass Pedonale n. 9 - Anello 239 - Canna SX



TRVb — Argille limose grigio scure a struttura brecciata a tratti scagliettata. Consistenza elevata. Fm. Terravecchia

Sondaggio S_{236}h 25-01-2018

Sondaggio S_{239}h 26-01-2018