

 SNAM RETE GAS	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/13167	COD. TECNICO. 16153
	LOCALITA' REGIONE PUGLIA PROVINCIA DI BRINDISI	RE-AT-313	
	MET. INTERCONNESSIONE TAP DN 1400 (56"), DP 75 bar 3° TRONCO LECCE - BRINDISI	Fg. 1 di 26	Rev. 2

Rif. TFM: 011014-10-RT-E-0313

REGIONE PUGLIA

METANODOTTO:

Metanodotto: Interconnessione TAP
Tronco: 3°Tronco Lecce -Brindisi
DN 1400 (56"), DP 75 bar

ATTRAVERSAMENTO FERROVIA Bologna-Lecce
TRATTO Brindisi – S.Pietro Vernotico
Prog.km 771+650

Comune di S.Pietro Vernotico (BR)

RELAZIONE TECNICA

2	Emissione per Appalto	M. PIGLIAPOCO	M. BEGINI	H.D.Aiudi F.Ferrini	15/09/2017
1	Emissione per Permessi	M. PIGLIAPOCO	M. BEGINI	H.D.Aiudi F.Ferrini	25/01/2017
0	Emissione per Commenti	M. PIGLIAPOCO	M. BEGINI	H.D.Aiudi F.Ferrini	06/05/2016
Rev.	Descrizione	Elaborato	Verificato	Approvato/ Autorizzato	Data

 SNAM RETE GAS	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/13167	COD. TECNICO. 16153
	LOCALITA' REGIONE PUGLIA PROVINCIA DI BRINDISI	RE-AT-313	
	MET. INTERCONNESSIONE TAP DN 1400 (56"), DP 75 bar 3° TRONCO LECCE - BRINDISI	Fg. 2 di 26	Rev. 2

Rif. TFM: 011014-10-RT-E-0313

INDICE

1.	GENERALITA'	4
1.1	Scopo	4
1.2	Elaborati grafici di riferimento	4
1.3	Definizioni	4
1.4	Normativa di riferimento	4
2.	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI	6
2.1	Caratteristiche geometriche	6
2.2	Caratteristiche meccaniche	6
3.	CARATTERISTICHE TECNICHE DELLA CONDOTTA IN OPERA	7
3.1	Tubo di linea DN 1400 (56")	7
3.2	Tubo di protezione DN 1600 (64")	7
3.3	Telecomando	7
3.4	Protezione catodica	7
4.	GEOMETRIA E MODALITA' ESECUTIVE DELL'ATTRAVERSAMENTO	8
4.1	Geometria dell'attraversamento	8
4.2	Modalità esecutive	8
4.3	Prova idraulica	9
5.	VERIFICA DELLO SPESSORE DEL TUBO DI LINEA DN 1400 (56")	10
6.	VERIFICA DEL TUBO DI PROTEZIONE DN 1600 (64")	11
6.1	Parametri geotecnici	11
6.2	Analisi dei carichi sul tubo di protezione	11
6.3	Calcolo delle sollecitazioni	15
6.4	Calcolo delle tensioni massime e verifica del tubo di protezione	18

 SNAM RETE GAS	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/13167	COD. TECNICO. 16153
	LOCALITA' REGIONE PUGLIA PROVINCIA DI BRINDISI	RE-AT-313	
	MET. INTERCONNESSIONE TAP DN 1400 (56"), DP 75 bar 3° TRONCO LECCE - BRINDISI	Fg. 3 di 26	Rev. 2

Rif. TFM: 011014-10-RT-E-0313

7.	CONGEGNI DI INTERCETTAZIONE	21
8.	DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA	22
9.	CRONOPROGRAMMA	25
10.	CONCLUSIONI	26

 SNAM RETE GAS	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/13167	COD. TECNICO. 16153
	LOCALITA' REGIONE PUGLIA PROVINCIA DI BRINDISI	RE-AT-313	
	MET. INTERCONNESSIONE TAP DN 1400 (56"), DP 75 bar 3° TRONCO LECCE - BRINDISI	Fg. 4 di 26	Rev. 2

Rif. TFM: 011014-10-RT-E-0313

1. GENERALITA'

1.1 Scopo

Nella presente relazione sono illustrate le caratteristiche dei materiali e le modalità esecutive dell'attraversamento con tecnica "spingitubo" della linea ferroviaria Bologna-Lecce, TRATTO Brindisi – S.Pietro Vernotico, previsto alla progressiva chilometrica 771+650 con il Met.Interconnessione TAP, 3° tronco Lecce - Brindisi DN 1400 (56"), DP 75 bar. L'intersezione è prevista con un angolo di 1.396 rad (80°00').

L'attraversamento è situato nel territorio comunale del Comune di S.Pietro Vernotico (BR) ed è inquadrato nel foglio 4, mappale 65, 162 dell'U.T.E. (Ufficio Tecnico Erariale-Catasto).

1.2 Elaborati grafici di riferimento

Dis. AT-313

1.3 Definizioni

Condotte di 1° specie: condotte con pressione massima di esercizio superiore a 24bar;

Profondità di interramento: distanza compresa tra la generatrice superiore del tubo e la superficie del terreno (piano campagna);

Tubo di protezione: manufatto chiuso avente funzione di protezione meccanica della tubazione, di ripartizione dei carichi e di drenaggio;

Diametro nominale (DN): unità di misura convenzionale in mm, che definisce la sezione della tubazione e degli apparati.

Pressione massima di esercizio (MOP): massima pressione relativa alla quale un sistema può essere fatto funzionare in modo continuo nelle condizioni di normale esercizio;

Pressione di progetto (DP): pressione relativa alla quale si riferiscono i calcoli di progetto. La pressione di progetto (DP) deve essere uguale o superiore alla pressione massima di esercizio (MOP) prevista;

Tecnica "spingitubo" (o "no dig"): trivellazione orizzontale controllata ad andamento rettilineo finalizzata alla posa della tubazione interrata senza necessità di esecuzione di scavo a cielo aperto.

1.4 Normativa di riferimento

Per la realizzazione della relazione in oggetto è stata presa in considerazione la vigente normativa tecnica con le seguenti disposizioni:

- *Decreto Ministeriale 17/04/2008:* Regola tecnica per la progettazione, costruzione, collaudo, esercizio e sorveglianza delle opere e degli impianti di trasporto di gas naturale con densità non superiore a 0.8;

 SNAM RETE GAS	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/13167	COD. TECNICO. 16153
	LOCALITA' REGIONE PUGLIA PROVINCIA DI BRINDISI	RE-AT-313	
	MET. INTERCONNESSIONE TAP DN 1400 (56"), DP 75 bar 3° TRONCO LECCE - BRINDISI	Fg. 5 di 26	Rev. 2

Rif. TFM: 011014-10-RT-E-0313

- *Decreto Ministeriale 04 aprile 2014*: Norme tecniche per gli attraversamenti ed i parallelismi di condotte e canali convoglianti liquidi e gas con ferrovie ed altre linee di trasporto.
- *Decreto Ministeriale 14/01/2008*: Approvazione delle nuove Norme Tecniche per le Costruzioni;
- *Circolare 02/02/09 n. 617*: Istruzioni per l'applicazione delle Nuove norme tecniche per le costruzioni' di cui al decreto ministeriale 14/01/08;

 SNAM RETE GAS	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/13167	COD. TECNICO. 16153
	LOCALITA' REGIONE PUGLIA PROVINCIA DI BRINDISI	RE-AT-313	
	MET. INTERCONNESSIONE TAP DN 1400 (56"), DP 75 bar 3° TRONCO LECCE - BRINDISI	Fg. 6 di 26	Rev. 2

Rif. TFM: 011014-10-RT-E-0313

2. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

L'attraversamento verrà realizzato mediante trivellazione di un tubo di protezione DN 1600 (64") al cui interno verrà inserito il tubo di linea DN 1400 (56").

Entrambe le tubazioni sono costituite da acciaio di qualità aventi le caratteristiche meccaniche e chimiche rispondenti a quanto richiesto dal *D.M.17/04/2008*. Di seguito vengono riassunte le caratteristiche geometriche e meccaniche delle condotte oggetto dell'attraversamento.

2.1 Caratteristiche geometriche

a. Tubo di linea a spessore rinforzato per ferrovie DN 1400 (56")

diametro esterno	D_e	=	1438.00	mm
Spessore	t	=	29.80	mm
diametro interno	D_i	=	1378.40	mm
peso per unità di lunghezza	p	=	1034.90	kg/m

b. Tubo di protezione DN 1600 (64")

diametro esterno	D_e	=	1626.00	mm
spessore	t	=	31.80	mm
diametro interno	D_i	=	1562.40	mm
peso per unità di lunghezza	p	=	1250.15	kg/m

2.2 Caratteristiche meccaniche

a. Tubo di linea a spessore rinforzato DN 1400 (56")

tipo di acciaio	L450 MB
carico unitario di snervamento minimo garantito	$R_{t0.5}=450$ MPa

b. Tubo di protezione DN 1600 (64")

tipo di acciaio	L450 MB
carico unitario di snervamento minimo garantito	$R_{t0.5}=450$ MPa

 SNAM RETE GAS	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/13167	COD. TECNICO. 16153
	LOCALITA' REGIONE PUGLIA PROVINCIA DI BRINDISI	RE-AT-313	
	MET. INTERCONNESSIONE TAP DN 1400 (56"), DP 75 bar 3° TRONCO LECCE - BRINDISI	Fg. 7 di 26	Rev. 2

Rif. TFM: 011014-10-RT-E-0313

3. CARATTERISTICHE TECNICHE DELLA CONDOTTA IN OPERA

3.1 Tubo di linea DN 1400 (56")

La condotta di linea è costituita da tubi DN 1400 (56") in acciaio EN L450 MB di spessore rinforzato pari a 29.8mm con le estremità calibrate e smussate tali da consentire l'unione mediante saldatura elettrica di testa ad arco sommerso.

I tubi sono rivestiti esternamente da una pellicola in polietilene dello spessore di 3.0 mm avente funzione di protezione passiva onde garantire il completo isolamento elettrico e l'integrità dell'acciaio nel tempo, insieme all'impianto di protezione catodica attiva.

3.2 Tubo di protezione DN 1600 (64")

Il tubo di protezione contiene completamente la condotta e ha la duplice funzione di protezione meccanica e drenaggio, pertanto il suo diametro è tale da formare un'intercapedine libera con il tubo di linea.

All'interno del tubo di protezione, allo scopo di mantenere la condotta di linea centrata ed isolata, verranno utilizzati appositi collari distanziatori isolanti in PEAD con fissaggio ad incastro, posti ad un interasse non superiore a 1.00 m.

Il tubo di protezione sarà chiuso alle estremità con anello termorestringente in modo da assicurare la perfetta tenuta del sistema tubo di linea - tubo di protezione.

Il tubo dovrà avere una pendenza minima del 2‰ in direzione dello spurgo. Su ognuna delle due estremità del tubo di protezione verrà installato un tubo di sfiato di DN 80 (3") con uno spessore di 3.0 mm, posizionato in modo da evitare la formazione di sacche di gas.

3.3 Telecomando

Insieme alla condotta sarà posta in opera una polifora portacavi costituita da tre (3) tubi in PEAD DN 50-PN16; all'interno di uno dei quali verrà alloggiato il cavo per telemisura e telecontrollo a sussidio del gasdotto, mentre gli altri due hanno funzione di scorta e manutenzione.

In corrispondenza dell'attraversamento i tre tubi costituenti la polifora verranno alloggiati all'interno di due tubi di protezione in acciaio DN 100 (4"), dello spessore di 4,0 mm, come indicato alla sez. X-X del disegno di progetto allegato.

3.4 Protezione catodica

La condotta, onde evitare la corrosione dell'acciaio, avrà una protezione attiva (catodica) costituita da un sistema a corrente elettrica impressa.

Sono inoltre previsti periodici controlli dello stato elettrico del sistema mediante prese di potenziale predisposte in prossimità dell'attraversamento.

 SNAM RETE GAS	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/13167	COD. TECNICO. 16153
	LOCALITA' REGIONE PUGLIA PROVINCIA DI BRINDISI	RE-AT-313	
	MET. INTERCONNESSIONE TAP DN 1400 (56"), DP 75 bar 3° TRONCO LECCE - BRINDISI	Fg. 8 di 26	Rev. 2

Rif. TFM: 011014-10-RT-E-0313

4. GEOMETRIA E MODALITA' ESECUTIVE DELL'ATTRAVERSAMENTO

4.1 Geometria dell'attraversamento

La geometria dell'attraversamento indicata nell'allegato *Dis. AT-313*, tiene conto di quanto previsto nel *D.M.17/04/2008*.

La profondità di interramento del tubo di protezione, riferita al piano ferroviario, è superiore alla minima profondità prescritta e sarà pari a 3.40 m con una lunghezza totale di 42 metri.

Le estensioni del manufatto di protezione, riferite ai binari, risultano rispettivamente 19.85 m e 16.05 m, mentre le distanze degli sfiati risultano rispettivamente 21.75 m e 21.60 m.

4.2 Modalità esecutive

L'utilizzo della tecnica spingitubo ha come vantaggio quello di poter mantenere la viabilità dell'infrastruttura da attraversare e di evitare possibili cedimenti della sede ferroviaria.

Il criterio è quello di asportare il materiale di scavo all'interno solo dopo che il foro è già sostenuto dal tubo di protezione infisso nel terreno tramite martinetti idraulici. In fase esecutiva, infatti, particolare attenzione dovrà essere posta al mantenimento della coclea per lo scavo e lo smarino adeguatamente arretrata rispetto al tubo di protezione in avanzamento al fine di garantire condizioni di sicurezza nei confronti di potenziali scavarnamenti nell'intorno della trivellazione.

L'attraversamento sarà realizzato con un piccolo cantiere operante contemporaneamente a quello principale di linea.

A seguire si riportano le principali fasi operative per la posa in opera della condotta di linea:

- apertura della pista di lavoro;
- trasporto a piè d'opera delle attrezzature, barre del tubo di linea e del tubo di protezione necessarie;
- esecuzione degli scavi in corrispondenza della buca di spinta per l'alloggiamento della trivella e in corrispondenza della buca di arrivo;
- predisposizione delle eventuali opere di sostegno provvisorie, di presidio idraulico e/o drenaggio (in caso di presenza di falda superficiale);
- esecuzione degli eventuali contrafforti reggispinta per le macchine operatrici;
- messa in opera mediante trivella del tubo di protezione DN 1600 (64") per la condotta di linea;
- preparazione, fuori opera, della colonna d'attraversamento (sigaro) costituita dalle barre di tubo di linea DN 1400 (56") saldate di testa, controllo delle saldature con metodo non distruttivo e successivo precollaudo idraulico;
- infilaggio del "sigaro" DN 1400 (56") all'interno del tubo di protezione DN 1600 (64") previa predisposizione di collari distanziatori isolanti e successivo collegamento ai tratti di linea a monte e a valle dell'attraversamento;

 SNAM RETE GAS	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/13167	COD. TECNICO. 16153
	LOCALITA' REGIONE PUGLIA PROVINCIA DI BRINDISI	RE-AT-313	
	MET. INTERCONNESSIONE TAP DN 1400 (56"), DP 75 bar 3° TRONCO LECCE - BRINDISI	Fg. 9 di 26	Rev. 2

Rif. TFM: 011014-10-RT-E-0313

- chiusura delle estremità del tubo di protezione della condotta DN 1600 (64") con anello termorestringente DN 1400 (56") x DN 1600 (64");
- demolizione o asportazione delle eventuali strutture di sostegno degli scavi e necessarie alla trivellazione, rinterro, compattazione per strati di terreno non superiori a 30 cm, livellamento, riporto dello strato di humus superficiale, ripristino e completo recupero ambientale dell'area interessata.

4.3 Prova idraulica

Il tratto di condotta DN 1400 (56") interessato dall'attraversamento sarà sottoposto ad una prova idraulica in opera con una pressione pari a 129.0 bar (GASD C.5.51.00).

La pressione di precollaudò sarà controllata con manometro registratore. L'esito della prova sarà considerato positivo se la pressione, durante il collaudo, si manterrà costante per 1 ora dopo che il sistema si sarà stabilizzato. Si procederà infine, in caso di esito positivo, alla verbalizzazione dei risultati della prova.

 SNAM RETE GAS	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/13167	COD. TECNICO. 16153
	LOCALITA' REGIONE PUGLIA PROVINCIA DI BRINDISI	RE-AT-313	
	MET. INTERCONNESSIONE TAP DN 1400 (56"), DP 75 bar 3° TRONCO LECCE - BRINDISI	Fg. 10 di 26	Rev. 2

Rif. TFM: 011014-10-RT-E-0313

5. VERIFICA DELLO SPESSORE DEL TUBO DI LINEA DN 1400 (56")

In riferimento al *D.M. 04/04/2014*, gli spessori delle condotte in acciaio devono essere maggiori o uguali ad uno spessore minimo t_{min} , determinato con la seguente espressione:

$$t \geq t_{min} [mm] = \frac{\left(\frac{200 \cdot R_{t0.5}}{K_s} + DP \cdot D_e \right)}{\left(\frac{200 \cdot R_{t0.5}}{K_s} + 2 \cdot DP \right)}$$

con:

- D_e : diametro esterno della condotta [mm];
- DP pressione di massima che può aversi nel più sfavorevole caso [daN/cm²];
- K_s : coefficiente di sicurezza minimo pari a 2.5;
- $R_{t0.5}$: carico di snervamento minimo dell'acciaio [daN/mm²]

In ogni caso lo spessore minimo non può essere inferiore a 4 mm.

Nella seguente tabella sono riportati i valori dei calcoli effettuati:

VERIFICA SPESSORE PER FERROVIE							
<i>DN</i> [mm]	<i>D_e</i> [mm]	<i>d</i> [mm]	<i>t</i> [mm]	<i>tipo di acciaio</i>	<i>R_{t0.5}</i> [daN/mm ²]	<i>G_I</i> [daN/m]	<i>t_{min}</i> [mm]
1400	1438.00	1378.40	29.80	L450	450	1034.9	29.72
$t > t_{min}$ VERIFICATO							

Tabella 1. Verifica dello spessore del tubo per ferrovie

 SNAM RETE GAS	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/13167	COD. TECNICO. 16153
	LOCALITA' REGIONE PUGLIA PROVINCIA DI BRINDISI	RE-AT-313	
	MET. INTERCONNESSIONE TAP DN 1400 (56"), DP 75 bar 3° TRONCO LECCE - BRINDISI	Fg. 11 di 26	Rev. 2

Rif. TFM: 011014-10-RT-E-0313

6. VERIFICA DEL TUBO DI PROTEZIONE DN 1600 (64")

In riferimento a quanto previsto al *D.M. 04/04/2014*, il tubo di protezione deve essere dimensionato (diametro, spessore, tipo di acciaio) in relazione ai carichi esterni agenti, in modo che risultino verificate le massime sollecitazioni cui è soggetto durante le fasi di messa in opera per spinta di infissione. Sono determinate le condizioni tenso-deformative del tubo di protezione in relazione alla profondità di posa e al massimo carico mobile transitante.

6.1 Parametri geotecnici

Per definire i parametri geotecnici, dai sondaggi geognostici emerge la seguente stratigrafia: dopo uno strato superficiale pedogenizzato (coltre di terreno vegetale) di circa 0.70m, vi è uno strato di sabbie argillose e sabbie con clasti calcarenitici tra i 0.70m e i 5.80m di profondità. Successivamente fino ai 10m di profondità (e oltre) vi è uno strato di sabbie leggermente limoso-argillose.

I parametri geotecnici ottenuti dai sondaggi per la zona interessata dall'attraversamento sono quindi i seguenti:

SONDAGGIO			
Litotipi	Profondità [m]	γ [t/m ³]	Φ [°]
Livello superficiale pedogenizzato	Da 0.00 a 0.70	-	-
Sabbie argillose e sabbie con clasti calcarenitici	Da 0.70 a 5,80	20.00	30
Sabbie leggermente limoso-argillose	Da 5,80 a 10,00 m ed oltre	21,00	31

Tabella 2. Riassunto dei parametri geotecnici.

Cautelativamente inoltre si assume la falda a livello campagna.

6.2 Analisi dei carichi sul tubo di protezione

Il tubo di protezione è dimensionato in base ai carichi a cui sarà sottoposto in opera:

- Peso proprio della tubazione;
- Carico ripartito superiore, corrispondente al peso del terrapieno sovrastante la tubazione ed al carico mobile transitante sul binario opportunamente combinati;
- Carico ripartito laterale, corrispondente alla parte rettangolare del diagramma di spinta (terra-sovraccarico);

 SNAM RETE GAS	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/13167	COD. TECNICO. 16153
	LOCALITA' REGIONE PUGLIA PROVINCIA DI BRINDISI	RE-AT-313	
	MET. INTERCONNESSIONE TAP DN 1400 (56"), DP 75 bar 3° TRONCO LECCE - BRINDISI	Fg. 12 di 26	Rev. 2

Rif. TFM: 011014-10-RT-E-0313

- Carico triangolare laterale, corrispondente alla parte diagonale del diagramma di spinta;
- Reazione radiale costante in un settore corrispondente ad un angolo al centro di 60° in funzione del carico Q pari alla somma di tutti i carichi verticali opportunamente combinati, agente sulla tubazione.

6.2.1 Peso proprio della tubazione

Si definiscono il peso per unità di lunghezza G_p del tubo di protezione di sezione A_t secondo la *Tabella 3*.

CALCOLO PESO TUBAZIONE			
A_t [mm ²]	R_m [mm]	γ_{tubo} [N/m ³]	G_p [N/m]
159264.80	797.1	78500	12502.29

Tabella 3. Calcolo del peso proprio del tubo di protezione

6.2.2 Carico ripartito superiore

Corrisponde alla somma del carico del terrapieno sovrastante il tubo e il carico mobile transitante sui binari come indicato nel *punto 2.4.3 del D.M. 04/04/2014*:

$$p = \gamma_t H + G_m$$

con:

- γ_t [N/m³]: peso specifico del terreno;
- $H^{(*)}$ [m]: profondità di interramento della condotta misurata a partire dalla generatrice superiore del tubo.
- G_m [kg/m²]: carico mobile transitante sui binari pari a:
 - (1) $G_m = [15000/(2.6+1.5H)]$ per binario singolo
 - (2) $G_m = [15000/(3.08+0.8H)]$ per binario doppio

Nel caso specifico i binari che vengono attraversati sono 2 con una distanza misurata tra le rotaie esterne dei binari estremi di 5.58 m. Cautelativamente quindi per il calcolo del carico mobile transitante sui binari si considera la formula (2) per binario doppio.

(*) Per il calcolo del carico geostatico finalizzato al controllo della deformazione, alla verifica delle tensioni massime nel tubo e al buckling, H è assunta, a favore di sicurezza, pari all'altezza massima di interramento del tubo di protezione (H max) per l'attraversamento in esame. Per la valutazione della spinta di infissione sarà effettuata una discretizzazione delle altezze di interramento della condotta per il tratto in spingitubo in esame.

 SNAM RETE GAS	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/13167	COD. TECNICO. 16153
	LOCALITA' REGIONE PUGLIA PROVINCIA DI BRINDISI	RE-AT-313	
	MET. INTERCONNESSIONE TAP DN 1400 (56"), DP 75 bar 3° TRONCO LECCE - BRINDISI	Fg. 13 di 26	Rev. 2

Rif. TFM: 011014-10-RT-E-0313

CARICO UNIFORMEMENTE RIPARTITO			
γ_t [N/m ³]	H [m]	G_m [N/m ²]	p [N/m ²]
20000.0	3.4	25862.1	93862.1

Tabella 4. Calcolo del carico uniformemente ripartito dovuto ai carichi mobili e al peso della massicciata

6.2.3 Carico ripartito laterale

La pressione uniforme dovuta alle spinte orizzontali q si calcola con la seguente formula:

$$q = \gamma_t \cdot H \cdot K_p + G_m \cdot K_a$$

dove:

- K_p : coefficiente di spinta passiva da assumere pari:

$$k_p = \tan^2\left(\frac{\pi}{4} + \frac{\varphi}{2}\right)$$

- K_a : coefficiente di spinta attiva calcolato con la seguente espressione:

$$k_a = \tan^2\left(\frac{\pi}{4} - \frac{\varphi}{2}\right)$$

- γ_t [N/m³]: peso specifico del terreno;
- H [m]: profondità di interramento della condotta misurata a partire dalla generatrice superiore del tubo;
- G_m [kg/m²]: carico mobile transitante per binario singolo.

PRESSIONE UNIFORME DOVUTA ALLE SPINTE ORIZZONTALI						
f [°]	K_a	K_p	γ_t [N/m ³]	H [m]	G_m [N/m ²]	q [N/m ²]
30.0	0.333	3.0	20000.0	3.4	25862.07	212110.7

Tabella 5. Calcolo della pressione uniforme dovuta alle spinte orizzontali.

 SNAM RETE GAS	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/13167	COD. TECNICO. 16153
	LOCALITA' REGIONE PUGLIA PROVINCIA DI BRINDISI	RE-AT-313	
	MET. INTERCONNESSIONE TAP DN 1400 (56"), DP 75 bar 3° TRONCO LECCE - BRINDISI	Fg. 14 di 26	Rev. 2

Rif. TFM: 011014-10-RT-E-0313

6.2.4 Carico triangolare laterale

La pressione variabile z dovuta alle spinte orizzontali si calcola con la seguente formula:

$$z = \gamma_t \cdot D_e \cdot K_p$$

con:

- γ_t [N/m^3]: peso specifico del terreno;
- D_e [mm]: diametro esterno della condotta;
- K_p : coefficiente di spinta passiva.

PRESSIONE VARIABILE			
γ_t [N/m^3]	D_e [m]	K_p	z [N/m^2]
20000.0	1.626	3.0	97321.1

Tabella 6. Calcolo della pressione variabile dovuta alle spinte orizzontali

6.2.5 Reazione radiale totale

La reazione radiale totale Q è pari alla somma della reazione radiale corrispondente dovuta al terreno, della reazione radiale costante corrispondente al carico mobile e della reazione radiale costante corrispondente al peso proprio della tubazione. Si calcola con la seguente formula:

$$Q = \gamma_t \cdot H \cdot D_e + G_m \cdot D_e + G_p + G_{linea}$$

con

- γ_t [N/m^3]: peso specifico del terreno;
- D_e [m]: diametro esterno della condotta;
- H : profondità di interrimento della condotta misurata a partire dalla generatrice superiore del tubo.;
- G_p : peso proprio della tubazione;
- G_{linea} peso proprio del tubo di linea;
- G_m : carico ripartito superiore dovuto al carico mobile.

Con le espressioni di cui sopra, si è tenuto conto del peso del terreno sovrastante la tubazione, del carico mobile transitante sui binari ed inoltre della collaborazione offerta dal terreno circostante al tubo.

 SNAM RETE GAS	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/13167	COD. TECNICO. 16153
	LOCALITA' REGIONE PUGLIA PROVINCIA DI BRINDISI	RE-AT-313	
	MET. INTERCONNESSIONE TAP DN 1400 (56"), DP 75 bar 3° TRONCO LECCE - BRINDISI	Fg. 15 di 26	Rev. 2

Rif. TFM: 011014-10-RT-E-0313

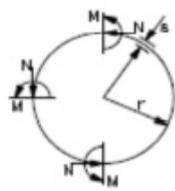
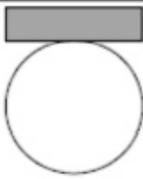
A seguire si è riportato il riassunto dei calcoli effettuati agenti sul tubo di protezione per l'attraversamento in esame.

REAZIONE TOTALE					
γ_t [N/m ³]	H [m]	D_e [m]	G_m [KN/m ²]	G_p [N/m]	Q [N/m]
20000.0	3.4	1.626	25.8621	12502.29	175471.011

Tabella 7. Calcolo della reazione totale Q

6.3 Calcolo delle sollecitazioni

Le sollecitazioni massime di calcolo sono valutate in base allo schema riportato nella seguenti figure:

	A	B		C	
	PESO PROPRIO	CARICO RIPARTITO SUPERIORE		CARICO RIPARTITO LATERALE	
SCHEMA					
		dovuto a:		dovuto a:	
		Terreno	Carico mobile	Terreno	Carico mobile
SEZIONE VERTICALE SUPERIORE	$M = 0.5 \cdot \gamma_a \cdot s \cdot r^2$	$M = 0.29941 \cdot V_t \cdot r^2$	$M = 0.29941 \cdot m \cdot r^2$	$M = -0.25 \cdot q_t \cdot r^2$	$M = -0.25 \cdot q_m \cdot r^2$
	$N = -0.5 \cdot \gamma_a \cdot s \cdot r$	$N = -0.10610 \cdot V_t \cdot r$	$N = -0.10610 \cdot m \cdot r$	$N = q_t \cdot r$	$N = q_m \cdot r$
SEZIONE ORIZZONTALE MEDIANA	$M = -0.57080 \cdot \gamma_a \cdot s \cdot r^2$	$M = -0.30669 \cdot V_t \cdot r^2$	$M = -0.30669 \cdot m \cdot r^2$	$M = 0.25 \cdot q_t \cdot r^2$	$M = 0.25 \cdot q_m \cdot r^2$
	$N = 1.57080 \cdot \gamma_a \cdot s \cdot r$	$N = V_t \cdot r$	$N = m \cdot r$	$N = 0$	$N = 0$
SEZIONE ORIZZONTALE MEDIANA	$M = 1.5 \cdot \gamma_a \cdot s \cdot r^2$	$M = 0.58721 \cdot V_t \cdot r^2$	$M = 0.58721 \cdot m \cdot r^2$	$M = -0.25 \cdot q_t \cdot r^2$	$M = -0.25 \cdot q_m \cdot r^2$
	$N = 0.5 \cdot \gamma_a \cdot s \cdot r$	$N = 0.10610 \cdot V_t \cdot r$	$N = 0.10610 \cdot m \cdot r$	$N = q_t \cdot r$	$N = q_m \cdot r$

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/13167	COD. TECNICO. 16153
	LOCALITA' REGIONE PUGLIA PROVINCIA DI BRINDISI	RE-AT-313	
	MET. INTERCONNESSIONE TAP DN 1400 (56"), DP 75 bar 3° TRONCO LECCE - BRINDISI	Fg. 16 di 26	Rev. 2

Rif. TFM: 011014-10-RT-E-0313

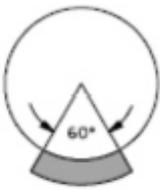
	D	E		
	CARICO TRIANGOLARE LATERALE	REAZIONE RADIALE COSTANTE SETTORE $2\varphi=60^\circ$		
SCHEMA				
		dovuta a:		
		Terreno	Carico mobile	Peso proprio
SEZIONE VERTICALE SUPERIORE	$M = -0.10417 \cdot z \cdot r^2$	$M = -0.0073038 \cdot Q_t \cdot r$	$M = -0.0073038 \cdot Q_m \cdot r$	$M = -0.0073038 \cdot Q_w \cdot r$
	$N = 0.31250 \cdot z \cdot r$	$N = 0.014817 \cdot Q_t$	$N = 0.014817 \cdot Q_m$	$N = 0.014817 \cdot Q_w$
SEZIONE ORIZZONTALE MEDIANA	$M = 0.125 \cdot z \cdot r^2$	$M = 0.0075118 \cdot Q_t \cdot r$	$M = 0.0075118 \cdot Q_m \cdot r$	$M = 0.0075118 \cdot Q_w \cdot r$
	$N = 0$	$N = 0$	$N = 0$	$N = 0$
SEZIONE ORIZZONTALE MEDIANA	$M = -0.14583 \cdot z \cdot r^2$	$M = -0.11165 \cdot Q_t \cdot r$	$M = -0.11165 \cdot Q_m \cdot r$	$M = -0.11165 \cdot Q_w \cdot r$
	$N = 0.68750 \cdot z \cdot r$	$N = 0.11916 \cdot Q_t$	$N = 0.11916 \cdot Q_m$	$N = 0.11916 \cdot Q_w$

Figura 1. Tabella contenuta nel D.M. n. 2445 del 23/02/1971

con:

- γ_a : peso specifico medio dell'acciaio costituente il tubo di protezione;
- s : spessore del tubo di protezione;
- r : raggio medio del tubo di protezione;
- $V_t = \gamma_t \cdot H$: carico ripartito superiore dovuto al terreno;
- $m = G_m$: carico ripartito superiore dovuto al carico mobile;
- $q_t = \gamma_t \cdot H \cdot K_p$: carico ripartito laterale dovuto al terreno;
- $q_m = G_m \cdot K_a$: carico ripartito laterale dovuto al carico mobile;
- z : carico triangolare laterale;
- $Q_t = \gamma_t \cdot H \cdot D_e$: reazione radiale dovuta al terreno;
- $Q_m = G_m \cdot D_e$: reazione radiale dovuta al carico mobile;

 SNAM RETE GAS	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/13167	COD. TECNICO. 16153
	LOCALITA' REGIONE PUGLIA PROVINCIA DI BRINDISI	RE-AT-313	
	MET. INTERCONNESSIONE TAP DN 1400 (56"), DP 75 bar 3° TRONCO LECCE - BRINDISI	Fg. 17 di 26	Rev. 2

Rif. TFM: 011014-10-RT-E-0313

- $Q_w = G_p$: reazione radiale dovuta al peso proprio del tubo di protezione.

Sono state individuate tre sezioni per il calcolo delle sollecitazioni massime in conformità al D.M. 04/04/2014 che sono:

- Sezione verticale superiore;
- Sezione orizzontale mediana;
- Sezione verticale inferiore.

Nelle seguenti tabelle sono stati riportati i calcoli per tutte le sezioni sopra descritte:

A Peso proprio			B Carico ripartito superiore				C Carico ripartito laterale			
				Terreno	Carico mobile		Terreno	Carico mobile		
M	793.04	Nm	M	12936.02	4919.89	Nm	M	-32324.45	-1367.65	Nm
N	-994.90	N	N	-5750.92	-2187.21	N	N	162210.29	6863.13	N

D Carico triangolare laterale			E Reazione radiale costante				
				Terreno	Carico mobile	Peso proprio	
M	-6441.33	Nm	M	-643.71	-244.82	-72.79	Nm
N	24242.09	N	N	1638.29	623.08	185.25	N

Tabella 8A. Calcolo delle sollecitazioni agenti sul tubo di protezione (sezione verticale superiore)

A Peso proprio			B Carico ripartito superiore				C Carico ripartito laterale			
				Terreno	Carico mobile		Terreno	Carico mobile		
M	-905.33	Nm	M	-13250.56	-5039.51	Nm	M	32324.45	1367.65	Nm
N	3125.58	N	N	54202.80	20614.66	N	N	0.00	0.00	N

D Carico triangolare laterale			E Reazione radiale costante				
				Terreno	Carico mobile	Peso proprio	
M	7729.35	Nm	M	662.04	251.79	74.86	Nm
N	0.00	N	N	0.00	0.00	0.00	N

Tabella 8B. Calcolo delle sollecitazioni agenti sul tubo di protezione (sezione orizzontale mediana)

 SNAM RETE GAS	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/13167	COD. TECNICO. 16153
	LOCALITA' REGIONE PUGLIA PROVINCIA DI BRINDISI	RE-AT-313	
	MET. INTERCONNESSIONE TAP DN 1400 (56"), DP 75 bar 3° TRONCO LECCE - BRINDISI	Fg. 18 di 26	Rev. 2

Rif. TFM: 011014-10-RT-E-0313

A			B				C		
Peso proprio			Carico ripartito superiore				Carico ripartito laterale		
			Terreno	Carico mobile			Terreno	Carico mobile	
M	2379.11	Nm	M 25370.44	9649.00	Nm	M	-32324.45	-1367.65	Nm
N	994.90	N	N 5750.92	2187.21	N	N	162210.29	6863.13	N

D			E				
Carico triangolare laterale			Reazione radiale costante				
			Terreno	Carico mobile	Peso proprio		
M	-9017.37	Nm	M -9840.13	-3742.44	-1112.66	Nm	
N	53332.60	N	N 13175.28	5010.88	1489.77	N	

Tabella 8C. Calcolo delle sollecitazioni agenti sul tubo di protezione (sezione verticale inferiore)

6.4 Calcolo delle tensioni massime e verifica del tubo di protezione

Determinate le sollecitazioni agenti nelle sezioni in esame del tubo di protezione, in accordo con il *D.M. del 14/01/2008*, si procede all'esecuzione delle verifiche di resistenza agli stati limite ultimi.

Per la verifica agli stati limite ultimi, secondo il *D.M. 04/04/2014 (art. 2.4.3)*, la sollecitazione massima a cui è sottoposto il materiale non deve essere superiore alla metà della resistenza di calcolo del materiale stesso.

La sollecitazione massima di esercizio a cui è sottoposto il tubo di protezione in corrispondenza dell'attraversamento ferroviario equivale alla somma delle singole sollecitazioni ottenute per ciascuna condizione di carico (dalla A alla E, vedi paragrafo precedente, in accordo al *D.M. 04/04/2014*) ovvero applicando la combinazione a valori caratteristici al caso in esame, si combinano opportunamente le condizioni di carico, vale a dire del tipo:

$$G_1 + G_2 + Q_{k1}$$

essendo:

G_1 : peso proprio del tubo di protezione ($=G_p$);

G_2 : peso proprio e carichi di tutti gli elementi non strutturali (terreno);

Q_{k1} : carichi variabili (carico mobile per ferrovie);

 SNAM RETE GAS	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/13167	COD. TECNICO. 16153
	LOCALITA' REGIONE PUGLIA PROVINCIA DI BRINDISI	RE-AT-313	
	MET. INTERCONNESSIONE TAP DN 1400 (56"), DP 75 bar 3° TRONCO LECCE - BRINDISI	Fg. 19 di 26	Rev. 2

Rif. TFM: 011014-10-RT-E-0313

La seguente tabella riporta i momenti flettenti e gli sforzi assiali totali per le tre sezioni sollecitate:

Sezione	Totale		
Verticale superiore	M	-22445.80	Nm/m
	N	186829.09	N/m
Orizzontale mediana	M	23214.75	Nm/m
	N	77943.03	N/m
Verticale inferiore	M	-20006.16	Nm/m
	N	251014.98	N/m

Tabella 9. Momenti flettenti e sforzi assiali totali

I valori delle sollecitazioni unitarie dovute al momento flettente totale e allo sforzo assiale totale sono:

$$\sigma_{(M_{tot})} = \frac{M_{tot}}{W}$$

Dove:

$\sigma_{(M_{tot})}$: sollecitazione unitaria dovuta al momento flettente [N/m²];

M_{tot} : momento flettente totale [Nm];

W : modulo di rigidezza flessionale della parete del tubo di protezione

$$W = \frac{t^2}{6}$$

t : spessore del tubo di protezione.

$$\sigma_{(N_{tot})} = \frac{N_{tot}}{A}$$

Dove:

$\sigma_{(N_{tot})}$: sollecitazione unitaria dovuta allo sforzo assiale [N/m²];

N_{tot} : sforzo assiale totale [N];

A : area resistente della parete del tubo di protezione.

 SNAM RETE GAS	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/13167	COD. TECNICO. 16153
	LOCALITA' REGIONE PUGLIA PROVINCIA DI BRINDISI	RE-AT-313	
	MET. INTERCONNESSIONE TAP DN 1400 (56"), DP 75 bar 3° TRONCO LECCE - BRINDISI	Fg. 20 di 26	Rev. 2

Rif. TFM: 011014-10-RT-E-0313

La sollecitazione unitaria totale agente nelle sezioni in esame è pertanto pari a:

$$\sigma_{tot} = \sigma(M_{tot}) + \sigma(N_{tot})$$

Sezione	$\sigma(M_{tot})$	$\sigma(N_{tot})$	σ_{tot}	
Verticale superiore	-133.18	5.88	139.05	N/mm ²
Orizzontale mediana	137.74	2.45	140.19	N/mm ²
Verticale inferiore	-118.70	7.89	126.60	N/mm ²

Tabella 10. Sollecitazioni unitarie totali

Il valore massimo della sollecitazione sul tubo di protezione è pari a 140.19 N/mm².

Per la presenza di tubazione portacavi, il valore massimo di sollecitazione calcolato viene maggiorato di 1.5 volte (in accordo tra SNAM e il Ministero dei Trasporti):

$$\sigma_{max,tot} = 210.29 \text{ N/mm}^2$$

La resistenza di calcolo dell'acciaio (in accordo con il *D.M. 04/04/2014*) è pari a:

$$\frac{f_d}{2} = \frac{f_k}{2 \cdot \gamma_{M0}} = \frac{450}{2 \cdot 1.05} = 214.3 \text{ N/mm}^2$$

Dove:

f_d : resistenza di calcolo dell'acciaio [N/mm²];

f_k : tensione caratteristica di snervamento dell'acciaio [N/mm²];

γ_{M0} =1.05: coefficiente parziale di sicurezza relativo all'acciaio (in accordo con il *D.M. del 14/01/2008*).

La sollecitazione massima a cui è sottoposto il materiale, nella verifica delle tensioni di esercizio, non deve essere superiore alla metà della resistenza di calcolo del materiale stesso, in accordo all'art. 2.4.3 del *D.M. 04/04/2014*:

$$210.29 \text{ N/mm}^2 < 214.30 \text{ N/mm}^2$$

L'analisi di resistenza agli stati limite ultimi risulta verificata.

 SNAM RETE GAS	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/13167	COD. TECNICO. 16153
	LOCALITA' REGIONE PUGLIA PROVINCIA DI BRINDISI	RE-AT-313	
	MET. INTERCONNESSIONE TAP DN 1400 (56"), DP 75 bar 3° TRONCO LECCE - BRINDISI	Fg. 21 di 26	Rev. 2

Rif. TFM: 011014-10-RT-E-0313

7. CONGEGNI DI INTERCETTAZIONE

Le camerette contenenti ciascuna una saracinesca di intercettazione saranno costruite rispettivamente a 1493.04 m a monte ed a 297.53 m a valle dell'attraversamento ed avranno una distanza di 1796.16 m tra loro misurata sull'asse della condotta, rimanendo nel rispetto dell'art. 2.5.2 del D.M. 04 aprile 2014 (vedi dis. AT-313).

 SNAM RETE GAS	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/13167	COD. TECNICO. 16153
	LOCALITA' REGIONE PUGLIA PROVINCIA DI BRINDISI	RE-AT-313	
	MET. INTERCONNESSIONE TAP DN 1400 (56"), DP 75 bar 3° TRONCO LECCE - BRINDISI	Fg. 22 di 26	Rev. 2

Rif. TFM: 011014-10-RT-E-0313

8. DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

In questo capitolo è riportata la documentazione fotografica dello stato di fatto. L'indicazione planimetrica dei punti di ripresa (con i relativi coni visivi), è riportata nella planimetria catastale di figura 1.

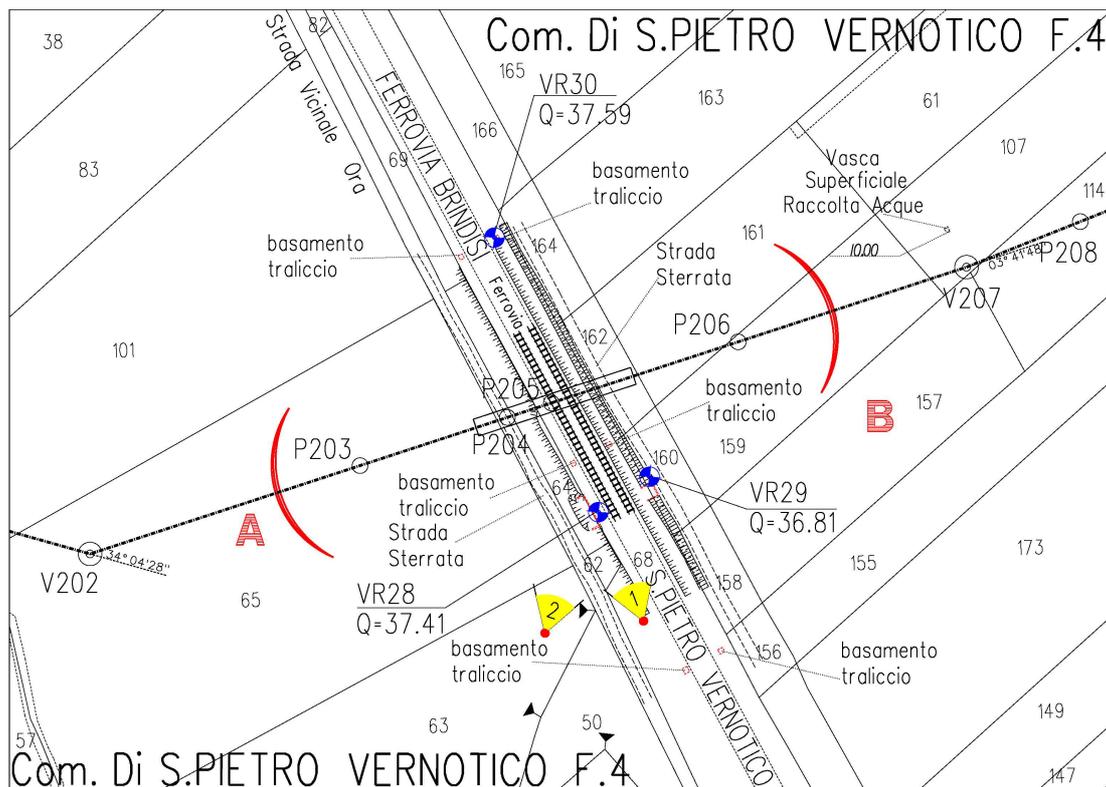


Figura 1. Stralcio catastale zona interessata dall'attraversamento in progetto

 SNAM RETE GAS	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/13167	COD. TECNICO. 16153
	LOCALITA' REGIONE PUGLIA PROVINCIA DI BRINDISI	RE-AT-313	
	MET. INTERCONNESSIONE TAP DN 1400 (56"), DP 75 bar 3° TRONCO LECCE - BRINDISI	Fg. 23 di 26	Rev. 2

Rif. TFM: 011014-10-RT-E-0313



Foto n.1

 SNAM RETE GAS	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/13167	COD. TECNICO. 16153
	LOCALITA' REGIONE PUGLIA PROVINCIA DI BRINDISI	RE-AT-313	
	MET. INTERCONNESSIONE TAP DN 1400 (56"), DP 75 bar 3° TRONCO LECCE - BRINDISI	Fg. 24 di 26	Rev. 2

Rif. TFM: 011014-10-RT-E-0313



Foto n.2

 SNAM RETE GAS	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/13167	COD. TECNICO. 16153
	LOCALITA' REGIONE PUGLIA PROVINCIA DI BRINDISI	RE-AT-313	
	MET. INTERCONNESSIONE TAP DN 1400 (56"), DP 75 bar 3° TRONCO LECCE - BRINDISI	Fg. 25 di 26	Rev. 2

Rif. TFM: 011014-10-RT-E-0313

9. CRONOPROGRAMMA

La durata del cantiere per la realizzazione dell'attraversamento della linea ferroviaria con metodologia trivella/spingi-tubo, è stimata in circa 4 settimane (dalla settimana 2 alla settimana 5). Di seguito si riporta un crono programma dei lavori, costruito in relazione alle fasi lavorative di cantiere indicate nel paragrafo 4.2 e considerando anche la bonifica da ordigni bellici.

Pos	Tempo disponibile	SETTIMANA																	
		1	2	3	4	5	6												
1	Bonifica da ordigni bellici	■	■	■	■														
2	Impianto Cantiere		■	■															
3	Apertura pista e sistemazione aree cantiere		■	■	■														
4	Realizzazione attraversamento: spinta tubo di protezione e inserimento tubo di linea			■	■	■	■	■	■	■									
5	Collaudi e collegamenti alla linea									■	■	■							
6	Rinterro										■	■							
7	Ripristini morfologici												■	■	■				
8	Espianto Cantiere																■	■	

 SNAM RETE GAS	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/13167	COD. TECNICO. 16153
	LOCALITA' REGIONE PUGLIA PROVINCIA DI BRINDISI	RE-AT-313	
	MET. INTERCONNESSIONE TAP DN 1400 (56"), DP 75 bar 3° TRONCO LECCE - BRINDISI	Fg. 26 di 26	Rev. 2

Rif. TFM: 011014-10-RT-E-0313

10. CONCLUSIONI

L'attraversamento in oggetto, progettato conformemente a quanto previsto nel *D.M. n.137 del 04/04/2014*, in particolare per quanto concerne la scelta progettuale dei materiali delle condotte e delle modalità di posa in opera della condotta, è tale da garantire la massima sicurezza sia dell'infrastruttura che del metanodotto nelle fasi di costruzione e di esercizio di entrambe.