

 SNAM RETE GAS	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/13167	COD. TECNICO 16153
	LOCALITA' REGIONE PUGLIA PROVINCIA DI LECCE	RE-AT-115	
	MET. INTERCONNESSIONE TAP DN 1400 (56"), DP 75 bar 1° TRONCO MELENDUGNO - LECCE	Pag. 1 di 34	Rev. 0

Rif. TFM: 011014-10-RT-E-0115

REGIONE PUGLIA

METANODOTTO:

Metanodotto: Interconnessione TAP
Tronco: 1°Tronco Melendugno - Lecce
DN 1400 (56"), DP 75 bar

ATTRAVERSAMENTO:
STRADA PROVINCIALE 337
IN MICROTUNNEL
(non chilometrata)

Comune di Lecce (LE)

RELAZIONE TECNICA

0	Emissione per Commenti	M. Pigliapoco	M. Begini	H.D.Aiudi F.Ferrini	24/06/2016
Rev.	Descrizione	Elaborato	Verificato	Approvato/ Autorizzato	Data

 SNAM RETE GAS	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/13167	COD. TECNICO 16153
	LOCALITA' REGIONE PUGLIA PROVINCIA DI LECCE	RE-AT-115	
	MET. INTERCONNESSIONE TAP DN 1400 (56"), DP 75 bar 1° TRONCO MELENDUGNO - LECCE	Pag. 2 di 34	Rev. 0

Rif. TFM: 011014-10-RT-E-0115

INDICE

1.	GENERALITA'	4
1.1	Scopo	4
1.2	Elaborati grafici di riferimento	4
1.3	Definizioni	4
1.4	Normativa di Riferimento	5
2.	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI	6
2.1	Caratteristiche geometriche	6
2.2	Caratteristiche meccaniche	6
3.	CALCOLO DELLO SPESSORE DEL TUBO DI LINEA	8
4.	DIMENSIONAMENTO E VERIFICA DEL MICROTUNNEL	10
4.1	Parametri geotecnici	10
4.2	Analisi dei carichi sulla protezione	10
4.3	Calcolo delle deformazioni e verifica all'ovalizzazione	18
4.4	Verifica dell'instabilità all'equilibrio elastico del Microtunnel	21
4.5	Verifica della fondazione	24
5.	CARATTERISTICHE TECNICHE DELLE CONDOTTE IN OPERA	27
5.1	Tubo di Linea DN 1400 (56")	27
5.2	Telecomando	27
5.3	Protezione Catodica	27
6.	GEOMETRIA E MODALITA' ESECUTIVE DELL'ATTRAVERSAMENTO	28
6.1	Geometria dell'attraversamento	28
6.2	Descrizione delle fasi operative	28
6.3	Esecuzione Microtunnel	30
6.4	Controlli	31
6.5	Esecuzione postazione di uscita	31

 SNAM RETE GAS	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/13167	COD. TECNICO 16153
	LOCALITA' REGIONE PUGLIA PROVINCIA DI LECCE	RE-AT-115	
	MET. INTERCONNESSIONE TAP DN 1400 (56"), DP 75 bar 1° TRONCO MELENDUGNO - LECCE	Pag. 3 di 34	Rev. 0

Rif. TFM: 011014-10-RT-E-0115

6.6	Posizionamento del metanodotto nel Microtunnel	31
6.7	Riempimento intercapedine tra gli elementi del Microtunnel ed il terreno	32
6.8	Intasamento del Microtunnel	32
6.9	Ripristino delle aree cantiere e Demolizione opere in c.a.	32
6.10	Postazione di partenza	32
6.11	Postazione di arrivo	33
7.	CONCLUSIONI	34

 SNAM RETE GAS	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/13167	COD. TECNICO 16153
	LOCALITA' REGIONE PUGLIA PROVINCIA DI LECCE	RE-AT-115	
	MET. INTERCONNESSIONE TAP DN 1400 (56"), DP 75 bar 1° TRONCO MELENDUGNO - LECCE	Pag. 4 di 34	Rev. 0

Rif. TFM: 011014-10-RT-E-0115

1. GENERALITA'

1.1 Scopo

Nella presente relazione sono illustrate le caratteristiche dei materiali e le modalità esecutive dell'attraversamento della Strada Provinciale 337 previsto alla Coordinata Geografica: N= 40°20'12.79", E= 18°15'12.68" con il Met.Interconnessione TAP, 1° tronco Melendugno - Lecce DN 1400 (56"), DP 75 bar.

Tale attraversamento è situato, secondo l'U.T.E. (Ufficio Tecnico Erariale-Catasto), nel territorio provinciale di Lecce: Comune di Lecce Foglio 7 mappale 730, 100.

1.2 Elaborati grafici di riferimento

Dis. AT-115

1.3 Definizioni

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

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

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

Diametro nominale (DN): numero arrotondato utilizzato ai fini di riferimento e che è collegato approssimativamente alle dimensioni di fabbricazione dei tubi.

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;

 SNAM RETE GAS	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/13167	COD. TECNICO 16153
	LOCALITA' REGIONE PUGLIA PROVINCIA DI LECCE	RE-AT-115	
	MET. INTERCONNESSIONE TAP DN 1400 (56"), DP 75 bar 1° TRONCO MELENDUGNO - LECCE	Pag. 5 di 34	Rev. 0

Rif. TFM: 011014-10-RT-E-0115

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 Aprile 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"
- Decreto Ministeriale 14 Gennaio 2008: "Norme Tecniche per le Costruzioni"
- Circolare 2 Febbraio 2009, n. 617: "Istruzioni per l'applicazione delle 'Nuove norme tecniche per le costruzioni' di cui al decreto ministeriale 14/01/08"
- Decreto Ministeriale 4 Aprile 2014: Ministero delle Infrastrutture e Trasporti. "Norme tecniche per gli attraversamenti e per i parallelismi di condotte e canali convoglianti liquidi e gas con ferrovie ed altre linee di trasporto"
- Decreto del Presidente della Repubblica
- 23 Marzo 1998, n. 126: "Norme per l'attuazione della direttiva 94/9/CE in materia di apparecchi e sistemi di protezione destinati ad essere utilizzati in atmosfera potenzialmente esplosiva"
- Specifiche Snam Rete Gas e documentazione contrattuale
- Decreto Legislativo 25 Febbraio 2000: "Attuazione della direttiva 97/23/CE in materia di attrezzature a pressione"
- Decreto Legge 25 Giugno 2003, n. 233: "Attuazione della direttiva 1999/92/CE relativa alle prescrizioni minime per il miglioramento della tutela della sicurezza e della salute dei lavoratori esposti al rischio di atmosfere esplosive"
- Decreto Legislativo 9 Aprile 2008, n. 81: "Attuazione dell'articolo 1 della legge 3 agosto 2007, n. 123, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro"
- Norme CEI /UNI/ EN
- Decreto Legislativo 30 Aprile 1992, n. 285: "Nuovo Codice della Strada".

 SNAM RETE GAS	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/13167	COD. TECNICO 16153
	LOCALITA' REGIONE PUGLIA PROVINCIA DI LECCE	RE-AT-115	
	MET. INTERCONNESSIONE TAP DN 1400 (56"), DP 75 bar 1° TRONCO MELENDUGNO - LECCE	Pag. 6 di 34	Rev. 0

Rif. TFM: 011014-10-RT-E-0115

2. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

L'attraversamento sarà realizzato con tecnologia trenchless di un tubo di linea DN 1400 (56") protetto da un Microtunnel in calcestruzzo armato.

La condotta è costituita da barre di acciaio di qualità aventi le caratteristiche meccaniche e chimiche rispondenti a quanto richiesto dal *D.M. 17/04/2008*.

Di seguito sono riportate le caratteristiche geometriche e meccaniche della condotta e del Microtunnel oggetto dell'attraversamento. Caratteristiche geometriche

2.1 Caratteristiche geometriche

a. Tubo di linea a spessore normale e maggiorato DN 1400 (56")

- diametro esterno D_e = 1422.00 mm
- spessore t = 21.80 mm
- diametro interno D_i = 1378.40 mm
- peso per unità di lunghezza p = 752.70 kg/m

b. Microtunnel curvilineo e rettilineo in conci in c.a. per un tubo di linea DN 1400 (56")

- diametro esterno D_e = 2900.00 mm
- diametro interno D_i = 2400.00 mm

2.2 Caratteristiche meccaniche

a. Tubo di linea a spessore normale e maggiorato DN 1400 (56")

tipo di acciaio	L450 MB
carico unitario di snervamento minimo garantito	$R_{10.5} = 450$ MPa

b. Microtunnel in c.a.

- Acciaio armature
 - Tipo B 450 C
 - Valore caratteristico tensione di rottura per trazione $f_{t,k} = 540$ MPa
 - Valore caratteristico tensione di snervamento per trazione $f_{y,k} = 450$ MPa

 SNAM RETE GAS	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/13167	COD. TECNICO 16153
	LOCALITA' REGIONE PUGLIA PROVINCIA DI LECCE	RE-AT-115	
	MET. INTERCONNESSIONE TAP DN 1400 (56"), DP 75 bar 1° TRONCO MELENDUGNO - LECCE	Pag. 7 di 34	Rev. 0

Rif. TFM: 011014-10-RT-E-0115

- copriferro s = 40 mm
- Calcestruzzo
 - Tipo C40/50
 - Valore caratteristico della resistenza cubica a compressione $R_{ck} = 50$ MPa

 SNAM RETE GAS	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/13167	COD. TECNICO 16153
	LOCALITA' REGIONE PUGLIA PROVINCIA DI LECCE	RE-AT-115	
	MET. INTERCONNESSIONE TAP DN 1400 (56"), DP 75 bar 1° TRONCO MELENDUGNO - LECCE	Pag. 8 di 34	Rev. 0

Rif. TFM: 011014-10-RT-E-0115

3. CALCOLO DELLO SPESSORE DEL TUBO DI LINEA

In riferimento al *DM 17/04/08*, lo spessore nominale del tubo di linea minimo t_{\min} , al netto delle tolleranze negative di fabbricazione, deve risultare non inferiore al valore determinato con la seguente espressione:

$$t \geq t_{\min} [mm] = \frac{(DP \times D)}{(20 \times s_p)}$$

con:

- D : diametro esterno della condotta, in mm;
- DP : pressione di progetto, in bar;
- s_p : sollecitazione circonferenziale ammissibile [MPa] $\leq f \times R_{t0.5}$;
- f : grado di utilizzazione;
- $R_{t0.5}$: carico unitario di snervamento minimo garantito, in MPa;

Inoltre per D maggiori di 450mm deve comunque essere garantito uno spessore minimo t_{\min} pari a 14.22mm (*punto 2.1 DM 17/04/08*).

Secondo il *DM 17/04/08* le condotte per il trasporto di gas naturale si classificano dalla 1^a specie, se la pressione massima di esercizio è superiore a 24bar; alla 7^a, se la pressione massima di esercizio è inferiore o uguale a 0.04bar.

Il metanodotto in oggetto ha una pressione DP pari a 75bar, per tanto, si classifica di 1^o specie e si definisce il grado di utilizzazione f per le tubazioni di linea $0.57 \leq f \leq 0.72$ (*punto 2.1 DM 17/04/08*):

- 0.72 se le maggiorazioni sulle distanze di sicurezza delle condotte nei confronti delle case, cui al *punto 2.5.1 DM 17/04/08* vengono soddisfatte;
- 0.57 se tali condizioni non sono soddisfatte.

Il grado di utilizzazione f scelto per le tubazioni di linea è pari a 0.72.

Per condotte di 1^o specie, nel caso in cui non siano rispettate le condizioni elencate nel *punto 2.5 del DM 17/04/08* e cautelativamente per tutti gli attraversamenti, lo spessore minimo del tubo di linea deve essere calcolato aumentando del 25% la pressione di progetto, come indicato nella seguente formula:

$$t \geq t_{\min} [mm] = \frac{(1.25 \times DP \times D)}{(20 \times s_p)}$$

A seguire si riportano in *Tabella 1a* e *1b* i risultati dei calcoli sopra esposti per il caso in oggetto congiuntamente con la verifica dello spessore selezionato.

 SNAM RETE GAS	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/13167	COD. TECNICO 16153
	LOCALITA' REGIONE PUGLIA PROVINCIA DI LECCE	RE-AT-115	
	MET. INTERCONNESSIONE TAP DN 1400 (56"), DP 75 bar 1° TRONCO MELENDUGNO - LECCE	Pag. 9 di 34	Rev. 0

Rif. TFM: 011014-10-RT-E-0115

VERIFICA SPESSORE DI LINEA DELLA CONDOTTA SECONDO IL D.M. 17/04/2008							
DN	D	DP	R_{t0.5}	f	s_p	t_{min}	t
[mm]	[mm]	[bar]	[Mpa]		[MPa]	[mm]	[mm]
1400	1422.0	75.0	450.0	0.72	324.0	16.5	21.8
t > t_{min} VERIFICATO							

Tabella 1a. Verifica dello spessore di linea secondo il D.M. 17/04/2008 (fattore di utilizzazione f=0.72)

VERIFICA SPESSORE DI LINEA TRATTO MAGGIORATO SECONDO IL D.M. 17/04/2008							
DN	D	DP	R_{t0.5}	f	s_p	t_{min}	t
[mm]	[mm]	[bar]	[Mpa]		[MPa]	[mm]	[mm]
1400	1422.0	93.8	450.0	0.72	324.0	20.6	21.8
t > t_{min} VERIFICATO							

Tabella 1b. Verifica dello spessore di linea con un incremento del 25% della pressione di progetto secondo il D.M.17/04/2008.

 SNAM RETE GAS	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/13167	COD. TECNICO 16153
	LOCALITA' REGIONE PUGLIA PROVINCIA DI LECCE	RE-AT-115	
	MET. INTERCONNESSIONE TAP DN 1400 (56"), DP 75 bar 1° TRONCO MELENDUGNO - LECCE	Pag. 10 di 34	Rev. 0

Rif. TFM: 011014-10-RT-E-0115

4. DIMENSIONAMENTO E VERIFICA DEL MICROTUNNEL

In riferimento a quanto previsto al *punto 2.8 del DM 17/04/08*, il Microtunnel deve essere dimensionato in relazione ai carichi esterni agenti (spessore, armature) in modo che risultino verificate le massime sollecitazioni cui è soggetto durante le fasi di messa in opera ed esercizio. Sono determinate le condizioni tenso-deformative del Microtunnel in relazione alla profondità di posa e al massimo carico mobile transitante.

4.1 Parametri geotecnici

Per definire i parametri geotecnici, dalla Relazione Indagini Terre e Rocce da Scavo (doc. RE-TRS-001) e relativa Planimetria Ubicazione Indagini Terre e Rocce da Scavo (dis. PG-TRS-001) e dal doc. Ubicazione Indagini Geognostiche ed Ambientali (dis. PG-CGI-001) emerge che l'area oggetto dell'attraversamento è composta da Sabbie di Uggiano, ovvero sabbie calcaree e calcareniti marnose giallastre fossilifere con foraminiferi planctonici a stratificazione indistinta o in banchi di 15-40cm.

I parametri per la zona interessata dall'attraversamento sono quindi ricavabili cautelativamente come da letteratura per terreni composti da sabbie calcaree e calcareniti marnose (Sabbie di Uggiano):

SONDAGGIO		
γ [t/m ³]	γ_{sat} [t/m ³]	Φ [°]
1.67	1.9	33

Tabella 2. Riassunto dei parametri geotecnici.

Cautelativamente inoltre si assume la falda a livello campagna.

4.2 Analisi dei carichi sulla protezione

Il Microtunnel è dimensionato in base ai carichi a cui sarà sottoposto in opera:

- carico geostatico dovuto al prisma di terreno sovrastante;
- carico idrostatico (in presenza di falda);
- carico variabile da traffico veicolare sulla superficie stradale;
- peso proprio delle tubazioni.

 SNAM RETE GAS	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/13167	COD. TECNICO 16153
	LOCALITA' REGIONE PUGLIA PROVINCIA DI LECCE	RE-AT-115	
	MET. INTERCONNESSIONE TAP DN 1400 (56"), DP 75 bar 1° TRONCO MELENDUGNO - LECCE	Pag. 11 di 34	Rev. 0

Rif. TFM: 011014-10-RT-E-0115

4.2.1 Carico geostatico

La posa in opera a cielo aperto di una condotta può avvenire in trincea stretta, trincea larga o terrapieno in funzione che siano soddisfatte o meno le seguenti condizioni:

- Trincea stretta: $L_t \leq 3D$ e $L_t > H/2$;
- Trincea larga: $3D < L_t < 10D$ e $L_t < H/2$;
- Trincea infinita (terrapieno): $B \geq 10D$ e $L_t \geq H/2$

con:

- D : diametro esterno del tubo di linea in mm;
- H : profondità di interramento della condotta misurata a partire dalla generatrice superiore del tubo;
- L_t larghezza della trincea alla profondità H .

Tuttavia, in condizione esecutiva di posa in opera mediante Microtunnel, per determinare l'entità e la distribuzione delle azioni effettivamente agenti sul tubo di protezione, alla profondità di posa prevista in progetto, occorre distinguere gli effetti dei carichi permanenti indotti dal peso del terreno da quelli indotti dai carichi variabili. Nei limiti delle condizioni di affidabilità delle condizioni di verifica, si ritiene di poter procedere alle necessarie valutazioni secondo schemi semplificati e prudenziali.

Per quanto attiene agli effetti gravitativi indotti dal terreno, la condizione esecutiva di posa in opera mediante Microtunnel si ritiene possa dar luogo all'effetto arco, senza instabilizzazione della colonna verticale direttamente sovrastante il tubo di protezione. Ne segue che il carico reale sopportato dal tubo è minore di quello geostatico.

La letteratura specializzata offre diversi metodi per la determinazione del carico agente sulla corona di un cavo rivestito posto a diverse profondità, in relazione alle caratteristiche del terreno.

Facendo riferimento alla teoria di Marston-Spangler¹, adattata al caso, si determinano le modalità di calcolo attinenti alla condizione in cui non viene intaccato in modo diretto il prisma di terreno soprastante la tubazione. Il carico per unità di lunghezza del manufatto, dato dal peso specifico del terreno sul tubo in condizioni trenchless deriva da:

$$G_t = c_d \cdot \gamma_t \cdot D^2 - 2 \cdot C \cdot c_d \cdot D$$

¹ - Marston A., "The theory of external loads on closed conduits in the light of latest experiments"; Bulletin 96, Engineering experiment station, Iowa State College; Ames, Iowa, USA, 1930.
- Spangler M.G., "Pipeline crossing under railroads and highways", Journal American water works association, USA, 1964.

 SNAM RETE GAS	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/13167	COD. TECNICO 16153
	LOCALITA' REGIONE PUGLIA PROVINCIA DI LECCE	RE-AT-115	
	MET. INTERCONNESSIONE TAP DN 1400 (56"), DP 75 bar 1° TRONCO MELENDUGNO - LECCE	Pag. 12 di 34	Rev. 0

Rif. TFM: 011014-10-RT-E-0115

Trascurando, a vantaggio di sicurezza, il contributo della coesione del terreno C , G_t risulta dipendere solo dal diametro esterno D e dal coefficiente correttivo di carico c_d (maggiore di 1), è così possibile per un attraversamento realizzato con tecnica Microtunnel riportarsi cautelativamente alle condizioni analoghe di una trincea stretta in cui L_t è pari a D .

Fatte queste considerazioni, la formula di Marston-Spangler diviene:

$$G_t = c_d \cdot \gamma_t \cdot L_t^2$$

con:

- γ_t : peso per unità di volume del terreno sovrastante il tubo;
- c_d : coefficiente correttivo di carico pari a:

$$c_d = \frac{1 - e^{-\frac{2k_a\mu H}{L_t}}}{2k_a\mu}$$

con:

- μ : coefficiente di attrito tra il terreno sovrastante il tubo e il terreni delle pareti (verticali) della trincea:

$$\mu = \tan \varphi$$

- k_a : coefficiente di spinta attiva esercitata dal terreno sulla condotta pari a:

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

Per la valutazione del carico geostatico dovuto al prisma di terreno sovrastante il tubo si considera che quest'ultimo sia immerso in un mezzo omogeneo con angolo di attrito interno ϕ e coesione c costanti.

Per i terreni dotati di solo attrito e coesione nulla, le pressioni agenti sul tubo risultano superiori al caso in cui il terreno abbia valori significativi di coesione, come riportato nei risultati delle teorie di Caquot-Kerisel e di Terzaghi per il calcolo delle pressioni agenti sui rivestimenti delle gallerie. Inoltre la pressione agente sul tubo è esercitata in larga parte dal materiale costituente il rilevato stradale, per il quale può ipotizzarsi nullo il valore della coesione. Pertanto, come già cautelativamente assunto precedentemente, si trascura l'apporto della coesione e si assume il che il prisma di terreno sovrastante il tubo sia dotato di solo comportamento attritivo.

La condotta è stata ipotizzata con un comportamento a tubo semirigido che si deforma sotto l'effetto dei carichi.

 SNAM RETE GAS	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/13167	COD. TECNICO 16153
	LOCALITA' REGIONE PUGLIA PROVINCIA DI LECCE	RE-AT-115	
	MET. INTERCONNESSIONE TAP DN 1400 (56"), DP 75 bar 1° TRONCO MELENDUGNO - LECCE	Pag. 13 di 34	Rev. 0

Rif. TFM: 011014-10-RT-E-0115

Di seguito si riporta la tabella riassuntiva dei valori calcolati del carico geostatico:

CALCOLO DEL CARICO GEOSTATICO					
L_t [m]	μ	k_a	c_d	γ [kN/m ³]	G_t [kN/m]
2.90	0.6	0.295	2.01	16.7	319.25

Tabella 3. Riassunto dei valori calcolati

4.2.2 Carico idrostatico

In presenza di falda il tubo interrato e il Microtunnel sono soggetti anche ad un carico G_w pari a:

$$G_w = \gamma_w \cdot \left(H - h_w - h_r + \frac{D_e}{2} \right) \cdot D_e$$

con:

- D_e : ingombro del Microtunnel in mm;
- γ_w : peso per unità di volume dell'acqua di falda;
- h_w : profondità della falda dal piano campagna, inteso come livello di colmo dei fossi di guardia;
- h_r : altezza del rilevato dal piano campagna, inteso come livello di colmo dei fossi di guardia.

Di seguito si riporta la tabella riassuntiva dei valori calcolati del carico idrostatico.

CALCOLO DEL CARICO IDROSTATICO					
D_e [m]	γ_w [kN/m ³]	h_w [m]	h_r [m]	H [m]	G_w [kN/m]
2.90	10.00	0	0.4	11.1	352.35

Tabella 4. Riassunto dei valori calcolati

Cautelativamente, pur non risultando la presenza di falda, si assume quest'ultima a livello campagna, ovvero $h_w = 0.00$ m, risultando così un carico idrostatico $G_w = 352.35$ kN/m

 SNAM RETE GAS	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/13167	COD. TECNICO 16153
	LOCALITA' REGIONE PUGLIA PROVINCIA DI LECCE	RE-AT-115	
	MET. INTERCONNESSIONE TAP DN 1400 (56"), DP 75 bar 1° TRONCO MELENDUGNO - LECCE	Pag. 14 di 34	Rev. 0

Rif. TFM: 011014-10-RT-E-0115

4.2.3 Carico variabile dovuto al traffico

Per la valutazione dei carichi variabili da traffico si fa riferimento al *punto 5.1.3.3.2 del DM 14/01/2008*. La sede stradale è composta da una o più carreggiate eventualmente divise da uno spartitraffico, da banchine o marciapiedi secondo l'importanza, la funzione e le caratteristiche della strada. La geometria viene così definita:

- w : larghezza della carreggiata;
- w_i : larghezza della corsia convenzionale su una carreggiata:
 - se le parti sono separate da una barriera di sicurezza fissa, ciascuna parte, incluse le corsie d'emergenza e le banchine, è autonomamente divisa in corsie convenzionali (ved. *Figura 1*).

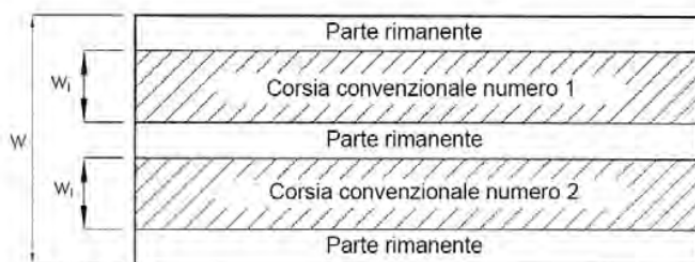


Figura 1. Esempio di numerazione delle corsie.

- se le parti sono separate da barriere di sicurezza mobili l'intera carreggiata, inclusa la zona di spartitraffico centrale, è divisa in corsie convenzionali.
- n_c : numero di corsie in una carreggiata definite secondo la *Tabella 5*;
- $w - (n_c \times w_i)$: larghezza rimanente della carreggiata.

DEFINIZIONE DELLE CORSIE CONVENZIONALI			
Larghezza di carreggiata	Numero di corsie convenzionali	larghezza della corsia convenzionale	Larghezza della zona rimanente
w [m]	n_c	w_i [m]	$w - (n_c \times w_i)$ [m]
$w < 5.40$	1	3.00	$(w - 3.00)$
$5.40 \leq w < 6.00$	2	$\frac{W}{2}$	0
$6.00 \leq w$	$\text{Int} \left(\frac{W}{3} \right)$	3.00	$w - (3.00 \times n_c)$

Tabella 5. Numero e larghezza delle corsie convenzionali

 SNAM RETE GAS	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/13167	COD. TECNICO 16153
	LOCALITA' REGIONE PUGLIA PROVINCIA DI LECCE	RE-AT-115	
	MET. INTERCONNESSIONE TAP DN 1400 (56"), DP 75 bar 1° TRONCO MELENDUGNO - LECCE	Pag. 15 di 34	Rev. 0

Rif. TFM: 011014-10-RT-E-0115

La disposizione e numerazione delle corsie va determinata in modo che gli effetti della disposizione dei carichi riproduca la condizione di progetto più sfavorevole, nel nostro caso coincide con lo schema 1 descritto nel *punto 5.1.3.3.3. del DM 14/01/2008*: carichi concentrati su due assi tandem Q_k , applicati su impronte di pneumatico di forma quadrata e lato 0.40 m, e da carichi uniformemente distribuiti q_k (ved. *Figura 2*).

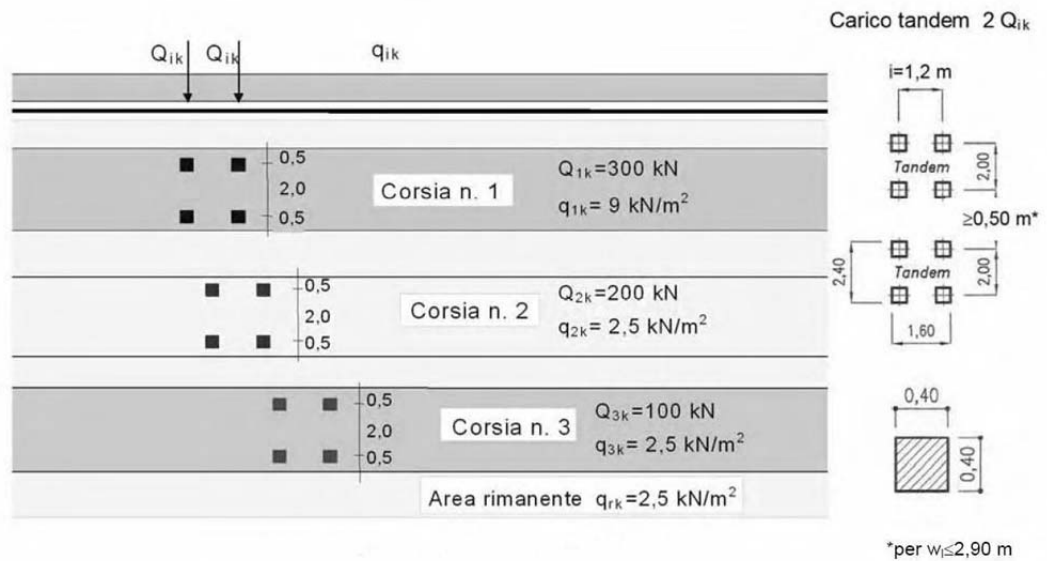


Figura 2. Schema di carico 1 (dimensioni in metri)

 SNAM RETE GAS	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/13167	COD. TECNICO 16153
	LOCALITA' REGIONE PUGLIA PROVINCIA DI LECCE	RE-AT-115	
	MET. INTERCONNESSIONE TAP DN 1400 (56"), DP 75 bar 1° TRONCO MELENDUGNO - LECCE	Pag. 16 di 34	Rev. 0

Rif. TFM: 011014-10-RT-E-0115

I valori di Q_k e q_k sono definiti nella *Tabella 6* sotto riportata:

INTENSITA' DEI CARICHI		
Posizione	Carico asse concentrato	Carico uniformemente distribuito
	Q_{ik} [kN]	q_{ik} [kN/m²]
Corsia principale	300.00	9.00
1 ^a corsia di sorpasso	200.00	2.50
2 ^a corsia di sorpasso	100.00	2.50
Altre corsie	0.00	2.50
Parte restante	0.00	2.50

Tabella 6. Intensità dei carichi Q_{ik} e q_{ik} per le diverse corsie

Nel nostro caso, sotto l'ipotesi di trincea stretta di larghezza L_t , si considera agente sul Microtunnel un solo carico tandem per ogni corsia.

Per il calcolo delle sollecitazioni, come già detto in precedenza, si considerano i carichi concentrati Q_k applicati su impronte di pneumatico di forma quadrata di lato 0.40 m, di interassi 1.2 e 2.0 m rispettivamente nelle direzioni parallele e ortogonale all'asse della corsia, e un carico uniformemente distribuito q_k .

In base alla profondità massima H_{max} di interramento della condotta (per essere a favore della sicurezza) vengono quindi calcolati i valori dell'incremento di tensione indotta dai carichi mobili sulla condotta nelle sezioni più sfavorite individuate sull'asse della corsia n.1 e lungo l'asse dei carichi dei semiassi.

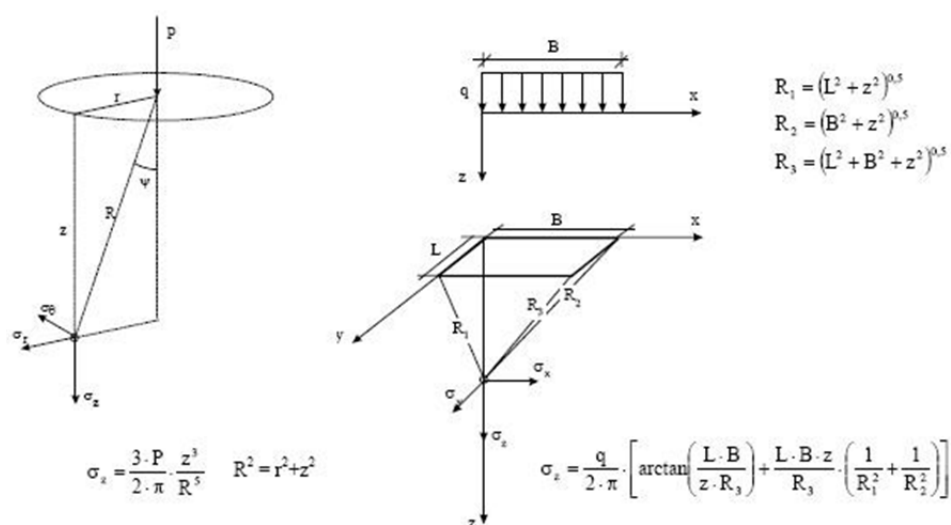


Figura 3. Incrementi di pressione indotti dai carichi alla profondità z secondo la teoria di Boussinesq

 SNAM RETE GAS	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/13167	COD. TECNICO 16153
	LOCALITA' REGIONE PUGLIA PROVINCIA DI LECCE	RE-AT-115	
	MET. INTERCONNESSIONE TAP DN 1400 (56"), DP 75 bar 1° TRONCO MELENDUGNO - LECCE	Pag. 17 di 34	Rev. 0

Rif. TFM: 011014-10-RT-E-0115

Nella *Figura 3* sono riportate le espressioni di σ_z secondo la teoria di Boussinesq per una pressione uniforme su una superficie rettangolare e per un carico verticale concentrato P agente in superficie.

La tensione complessiva agente è ottenuta sovrapponendo gli effetti dovuti all'azione contemporanea dei carichi P pari a $Q_k/2$ (carichi per ogni impronta di pneumatico) e ai carichi uniformemente distribuiti q_k nella condizione peggiore.

Il sovraccarico mobile agente sulla protezione a profondità H risulta:

$$G_m = \sigma_z \cdot L_t$$

con:

- σ_z : incremento di pressione verticale indotto dal sovraccarico mobile alla profondità $z=H$ determinato sulla base della teoria di Boussinesq.

Nella seguente tabella sono riportati i risultati dei calcoli effettuati per le corsie attraversate individuando la verticale lungo la quale si hanno le massime sollecitazioni indotte, nel caso in esame nel baricentro del primo tandem sulla prima corsia:

CALCOLO DELLE TENSIONE INDOTTE (carichi concentrati)						
Corsia	Carico P	Posizione carico		Distanza orizzontale r	Distanza R	Tensione indotta σ_z
		x	y			
	[kN]	[m]	[m]	[m]	[m]	[kN/m²]
Corsia n.1	150	-0.6	-1.00	1.17	11.16	0.57
	150	-0.6	1.00	1.17	11.16	0.57
	150	0.6	1.00	1.17	11.16	0.57
	150	0.6	-1.00	1.17	11.16	0.57
Corsia n.2	150	-0.6	-2.50	2.57	11.39	0.51
	150	-0.6	-4.50	4.54	11.99	0.39
	150	0.6	-4.50	4.54	11.99	0.39
	150	0.6	-2.50	2.57	11.39	0.51
Corsia n.3	-	-	-	-	-	-
	-	-	-	-	-	-
	-	-	-	-	-	-
	-	-	-	-	-	-
Parte restante	-	-	-	-	-	-
	-	-	-	-	-	-
	-	-	-	-	-	-
	-	-	-	-	-	-
Tensione indotta totale					$\Sigma\sigma_z =$	4.07

Tabella 7. Incremento di pressioni dovuto ai carichi variabili da traffico (concentrati).

 SNAM RETE GAS	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/13167	COD. TECNICO 16153
	LOCALITA' REGIONE PUGLIA PROVINCIA DI LECCE	RE-AT-115	
	MET. INTERCONNESSIONE TAP DN 1400 (56"), DP 75 bar 1° TRONCO MELENDUGNO - LECCE	Pag. 18 di 34	Rev. 0

Rif. TFM: 011014-10-RT-E-0115

CALCOLO DELLE TENSIONE INDOTTE (carico distribuito)							
Corsia	Carico q	Dimensioni carico		Distanze			Tensione indotta
		L	B	R₁	R₂	R₃	σ_z
	[kN/m²]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[kN/m²]
Corsia n.1	9.00	3.00	2.90	11.50	11.47	11.86	0.54
Corsia n.2	9.00	3.00	2.90	11.50	11.47	11.86	0.54
Corsia n.3	-	-	-	-	-	-	-
Parte restante	-	-	-	-	-	-	-
Tensione indotta totale						Σσ_z =	1.09

Tabella 8. Incremento di pressioni dovuto ai carichi variabili da traffico (uniformemente distribuito).

CALCOLO DEL CARICO VARIABILE DOVUTO AL TRAFFICO				
σ_{zq}	σ_{zq}	Σσ_z	L_t	G_m
[kN/m²]	[kN/m²]	[kN/m²]	[m]	kN/m
4.07	1.09	5.16	2.90	14.96

Tabella 9. Riassunto dei valori calcolati

4.2.4 Peso proprio della condotta e del Microtunnel

Si definiscono i pesi propri per unità di lunghezza del tubo di linea G_l e del Microtunnel G_b. La somma di questi due pesi dà il valore del carico permanente agente su tubo G_p:

$$G_p = G_l + G_b$$

CALCOLO DEL PESO PROPRIO		
G_l	G_b	G_p
[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]
7.5270	52.0325	59.56

Tabella 10. Riassunto dei valori calcolati

4.3 Calcolo delle deformazioni e verifica all'ovalizzazione

L'espressione delle deformazioni Δx per condotte interrate dovute ad un carico generico G_k è fornita dalla seguente formulazione (Spangler):

$$\Delta x(G_k) = \frac{c_x \cdot G_k \cdot k_\beta \cdot R_m^3}{EJ + 0.061 \cdot E_t \cdot R_m^3}$$

con:

 SNAM RETE GAS	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/13167	COD. TECNICO 16153
	LOCALITA' REGIONE PUGLIA PROVINCIA DI LECCE	RE-AT-115	
	MET. INTERCONNESSIONE TAP DN 1400 (56"), DP 75 bar 1° TRONCO MELENDUGNO - LECCE	Pag. 19 di 34	Rev. 0

Rif. TFM: 011014-10-RT-E-0115

- E : modulo di elasticità dell'calcestruzzo fessurato (lungo termine) pari a $\frac{1}{2} 5700 \sqrt{R_{ck}}$
- c_x : costante di ritardo che tiene conto dell'incremento nel tempo dei carichi indotti dal terreno, variabile tra 1 e 1.5 in funzione del grado di costipamento del terreno di riempimento; per terreni addensati quali i casi di sottofondo stradale e per condizioni di esecuzione trenchless, si può assumere unitario; ad ogni modo, cautelativamente si assume $c_x = 1.5$.
- J : momento di inerzia della parete dell'anello pari a $\frac{t^3}{12}$;
- R_m : raggio medio dell'anello pari a $\frac{(D-t)}{2}$;
- k_β : coefficiente di deflessione, funzione dell'angolo β di appoggio tra tubo e terreno, desunto dai valori riportati in *Tabella 11*; si considera un rinterro con $\beta=0^\circ$;

VALORI k_β	
$\beta [^\circ]$	K_β
0	0.11
30	0.108
60	0.103
90	0.096
120	0.089
150	0.085
180	0.083

Tabella 11. Valori di k_β in funzione di β

- E_t : modulo di reazione laterale del terreno di riempimento in funzione del grado di compattazione; il materiale di rinterro nel caso in esame è il terreno naturale.

Per ponti di prima categoria i carichi mobili per la verifica degli stati deformativi vengono assunti con il loro intero valore. La combinazione di carico agli SLE risulta quindi essere data dalla semplice somma dei termini di carico:

$$G_d = G_t + G_w + G_p$$

$$G_{md} = G_m$$

 SNAM RETE GAS	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/13167	COD. TECNICO 16153
	LOCALITA' REGIONE PUGLIA PROVINCIA DI LECCE	RE-AT-115	
	MET. INTERCONNESSIONE TAP DN 1400 (56"), DP 75 bar 1° TRONCO MELENDUGNO - LECCE	Pag. 20 di 34	Rev. 0

Rif. TFM: 011014-10-RT-E-0115

CALCOLO DELLA DEFORMAZIONE DOVUTA AI CARICHI PERMANENTI							
E [N/mm ²]	J [mm ³]	c_x	G_d [N/mm]	K_β	R_m [mm]	E_t [N/mm ²]	Δx_d [mm]
20000	1302083.33	1.5	731.16	0.11	1325	13.8	10.023

Tabella 12. Ovalizzazione dovuta ai carichi permanenti.

CALCOLO DELLA DEFORMAZIONE DOVUTA AL CARICO VARIABILE							
E [N/mm ²]	J [mm ³]	c_x	G_{md} [N/mm]	K_β	R_m [mm]	E_t [N/mm ²]	Δx_{md} [mm]
20000	1302083.33	1.5	14.96	0.11	1325	13.8	0.205

Tabella 13. Riassunto del carico variabile

La deformazione complessiva Δx_{tot} dovuta all'effetto contemporaneo dei carichi permanenti e variabili si ottiene per sovrapposizione degli effetti. Il terreno di rinterro sarà quello attualmente esistente però con un grado di costipamento Proctor adeguato.

Il valore della deformazione ammissibile è fissato in relazione delle caratteristiche meccaniche del manufatto in c.a. e della tipologia dell'attraversamento. Al fine di operare un giusto compromesso tra la sicurezza strutturale del tubo e del Microtunnel e l'integrità del manto stradale superficiale, si assume il seguente valore deformativo ammissibile pari al 3% del diametro nominale DN come suggerito dalla AWWA (American Water Works Association) per le condotte semirigide:

$$\Delta x_{tot} < \Delta x_{amm} = 0.03 \cdot DN$$

VERIFICA ALL' OVALIZZAZIONE			
Δx_d [mm]	Δx_{md} [mm]	Δx_{tot} [mm]	Δx_{amm} [mm]
10.023	0.205	10.228	87.00
Δx_{tot} < Δx_{amm} VERIFICATO			

Tabella 14. Riassunto dei valori calcolati

 SNAM RETE GAS	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/13167	COD. TECNICO 16153
	LOCALITA' REGIONE PUGLIA PROVINCIA DI LECCE	RE-AT-115	
	MET. INTERCONNESSIONE TAP DN 1400 (56"), DP 75 bar 1° TRONCO MELENDUGNO - LECCE	Pag. 21 di 34	Rev. 0

Rif. TFM: 011014-10-RT-E-0115

4.4 Verifica dell'instabilità all'equilibrio elastico del Microtunnel

I carichi permanenti e i sovraccarichi verticali, oltre a dar luogo ai momenti ovalizzanti, generano una sollecitazione circonferenziale σ_N di compressione (di norma, trascurabile) della sezione di parete del tubo, espressa per unità di lunghezza, da

$$\sigma_N = (W_{Ed} \cdot D) / (2 \cdot t).$$

Ammettendo, in condizioni più che cautelative (la reazione orizzontale è sempre una aliquota del carico verticale), che le azioni sul tubo in ogni direzione assurgano il valore corrispondente a W_{Ed} , la tensione σ_N si manifesta in qualunque sezione di parete con valore costante.

Essa costituisce (concettualmente) il valore di calcolo $\sigma_{N,Ed}$ da comporre con $\sigma_{M,Ed}$, ai fini di verifica.

Per un anello circolare sottoposto a pressione esterna uniforme il valore della pressione critica è data dalla nota formula di Eulero:

$$p_{cr} = E(t/D_e - t)^3 / (1 - \nu^2)$$

in cui (cautelativamente si assume che il calcestruzzo sia fessurato, lungo termine):

- ν : modulo di Poisson (per calcestruzzo fessurato $\nu=0$)
- E : modulo di elasticità dell'calcestruzzo fessurato $E = \frac{1}{2} 5700 \sqrt{R_{ck}}$
- D_e : diametro esterno del Microtunnel;
- t : spessore del Microtunnel.

CALCOLO DELLA PRESSIONE CRITICA				
E	ν	t	D_e	p_{cr}
$[N/mm^2]$		$[mm]$	$[mm]$	$[N/mm^2]$
20000	0.00	250	2900	16.79

Tabella 15. Calcolo della pressione critica nel caso in esame

 SNAM RETE GAS	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/13167	COD. TECNICO 16153
	LOCALITA' REGIONE PUGLIA PROVINCIA DI LECCE	RE-AT-115	
	MET. INTERCONNESSIONE TAP DN 1400 (56"), DP 75 bar 1° TRONCO MELENDUGNO - LECCE	Pag. 22 di 34	Rev. 0

Rif. TFM: 011014-10-RT-E-0115

Sulla base della possibilità di condurre analisi globali sulla configurazione indeformata della tubazione, sollecitata da forze radiali uniformemente distribuite e dirette verso il centro, è opportuno procedere anche a determinare il carico critico di imbozzamento (buckling), per un controllo in funzione di specifici coefficienti di sicurezza, diversi da quelli previsti per le verifiche tensionali. Difatti, al crescere dei carichi applicati, aumentano l'ovalizzazione del tubo ed i momenti lungo la circonferenza; nella situazione limite è ipotizzabile l'innescò di cerniere plastiche nei punti maggiormente sollecitati (sezione di parete verticale inferiore, sezione di parete verticale superiore, sezione di parete orizzontale mediana). La pressione ultima p_{sn} per il quale si ritiene si possa innescare questo meccanismo, per condizioni di posa in opera mediante Microtunnel, vale:

$$p_{sn} = (32 \cdot B' \cdot R_w \cdot E_t \cdot E \cdot J / D^3)^{0,5} / FS.$$

In tale relazione, oltre alle grandezze già descritte, intervengono:

B' , dato da $B' = [1 + (4 \cdot e^{-0,213 \cdot H})]^{-1}$, coeff. empirico, che, per le ordinarie profondità di posa, varia nell'intervallo 0,20÷0,40 (con H espresso in metri);

R_w , indica il fattore di spinta idrostatica della falda, dato da $R_w = 1 - (0,33 \cdot H_w/H)m$, dove H_w è l'altezza di falda sopra al tubo;

FS , coefficiente di sicurezza posto pari a 3.

Si pongono, in via del tutto cautelativa, B' al valore minimo e $H_w = H$

Per la verifica al buckling si confronta la pressione critica p_{sn} con la massima pressione agente sul tubo p_{vd} dovuta ai carichi verticali. Deve risultare che:

$$p_{vd} = \frac{P_{vd}'}{D_e} < p_{sn}$$

con:

- D_e : diametro esterno del tubo di protezione in mm;
- P_{vd}' : carico verticale totale dato dalla somma del carico geostatico G_t , idrostatico G_w , peso proprio del tubo di protezione e della tubazione di linea G_p e carichi mobili G_m secondo la seguente espressione e mostrato nella *Tabella 16*:

$$P_{vd}' = \gamma_{G1} \cdot G_p + \gamma_{G1} \cdot G_t + \gamma_{G1} \cdot G_w + \gamma_{Q1} \cdot G_m$$

 SNAM RETE GAS	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/13167	COD. TECNICO 16153
	LOCALITA' REGIONE PUGLIA PROVINCIA DI LECCE	RE-AT-115	
	MET. INTERCONNESSIONE TAP DN 1400 (56"), DP 75 bar 1° TRONCO MELENDUGNO - LECCE	Pag. 23 di 34	Rev. 0

Rif. TFM: 011014-10-RT-E-0115

CALCOLO DEL CARICO VERTICALE TOTALE						
G_p	G_t	G_w	G_m	Y_{G1}	Y_{Q1}	P_{vd}'
[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]			[kN/m]
59.56	319.25	352.35	14.96	1.35	1.35	1007.26

Tabella 16. Calcolo del carico verticale totale

La verifica al buckling del caso in esame viene riportata nella seguente Tabella 17:

VERIFICA AL BUCKLING			
D_e	p_{cr}	p_{sn}	p_{vd}
	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]
2900.00	16.79	2.65	0.35
$p_{vd} < p_{sn}$ VERIFICATO			

Tabella 17. Verifica al buckling

 SNAM RETE GAS	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/13167	COD. TECNICO 16153
	LOCALITA' REGIONE PUGLIA PROVINCIA DI LECCE	RE-AT-115	
	MET. INTERCONNESSIONE TAP DN 1400 (56"), DP 75 bar 1° TRONCO MELENDUGNO - LECCE	Pag. 24 di 34	Rev. 0

Rif. TFM: 011014-10-RT-E-0115

4.5 Verifica della fondazione

In questa sezione vengono mostrate le seguenti verifiche geotecniche:

- Carico limite

CARICO LIMITE:

Il carico limite può essere determinato secondo vari autori. Di seguito viene mostrato il risultato della portanza secondo il metodo (cautelativo) di Brinch-Hansen. Sarà poi confrontato con il carico agente allo stato limite di equilibrio (GEO) secondo l'Approccio 2 (A1 + M1 + R3).

Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni:

<i>Carichi</i>	<i>Effetto</i>		<i>A1</i>	<i>A2</i>
Permanenti	Favorevole	γ_{Gfav}	1,00	1,00
Permanenti	Sfavorevole	γ_{Gsfav}	1,30	1,00
Variabili	Favorevole	γ_{Qfav}	0,00	0,00
Variabili	Sfavorevole	γ_{Qsfav}	1,50	1,30

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

<i>Parametri</i>		<i>M1</i>	<i>M2</i>
Tangente dell'angolo di attrito	$\gamma_{\tan\phi'}$	1,00	1,30
Coesione efficace	$\gamma_{c'}$	1,00	1,25
Resistenza non drenata	γ_{cu}	1,00	1,40
Resistenza a compressione uniassiale	γ_{qu}	1,00	1,60
Peso dell'unità di volume	γ_{γ}	1,00	1,00

Coefficienti parziali per le resistenze delle fondazioni dirette:

<i>Resistenza</i>		<i>R1</i>	<i>R2</i>	<i>R3</i>
Portanza	γ_{Rv}	1.00	1.80	2.30
Resistenza allo scorrimento	γ_{Rh}	1.00	1.10	1.10

Come dai calcoli ai paragrafi precedenti, essendo:

$$G_d = G_t + G_w + G_p = 731.16 \text{ kN/m}$$

$$\text{in cui } G_p = G_l + G_b = 59.56 \text{ kN/m}$$

ed essendo

$$G_{md} = 14.96 \text{ kN/m}$$

si ha che:

 SNAM RETE GAS	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/13167	COD. TECNICO 16153
	LOCALITA' REGIONE PUGLIA PROVINCIA DI LECCE	RE-AT-115	
	MET. INTERCONNESSIONE TAP DN 1400 (56"), DP 75 bar 1° TRONCO MELENDUGNO - LECCE	Pag. 25 di 34	Rev. 0

Rif. TFM: 011014-10-RT-E-0115

B =	2.90	[m]	f =	33.00	[°]	teta =	0.00	[°]
L =	1.00	[m]	d =	19.80	[°]	g =	18.90	[kN/m ³]
D =	11.10	[m]	b =	0.00	[°]	qV _{SLU} =	972.95	[kN/m ²]
ecc.B =	0.00	[m]	h =	0.00	[°]	qH _{SLU} =	0.00	[kN/m ²]
ecc.L =	0.00	[m]	c =	0.00	[kN/m ²]	R3 =	2.30	

$$qV_{SLU} = 1.3 \cdot Gd + 1.50 \cdot Gmd = 972.95 \text{ [kN/m}^2\text{]}$$

$$qH_{SLU} = 1.50 \cdot qH = 0.00 \text{ [kN/m}^2\text{]}$$

$$\text{Pressione agente sul terreno} = q_{agente,SLU} = \sqrt{qV_{SLU}^2 + qH_{SLU}^2} = 972.95 \text{ [kN/m}^2\text{]}$$

$$\text{Carico di progetto} = Q_{agente,SLU} = q_{agente,SLU} \cdot B' \cdot L' = 2821.55 \text{ [kN]}$$

Brinch-Hansen

Fattori di portanza

Nq =	26.09201
Nc =	38.63831
Ng =	32.58989

Fattori di forma

sc =	2.6424	Kp =	3.39212
sq =	2.5795	m =	0
sg =	0.13	Af =	2.9

Fattori d'inclinazione

ic =	1
iq =	1
ig =	1

F. inclin. piano di posa

bc =	1
bq =	1
bg =	1

Carico limite secondo Brinch-Hansen:

Condizioni Drenate: $q_{LIM,SLU} = R/A' = c' Nc bc sc ic + q' Nq bq sq iq + g' Ng bg sg ig$

$$q_{lim,SLU} = 6703.55 \text{ [kN/m}^2\text{]}$$

$$Q_{lim} = \frac{q_{lim,SLU} \cdot B' \cdot L'}{\gamma_{Rv}} = 8452.30 \text{ kN} \geq 2821.55 \text{ kN} \quad \text{OK!}$$

 SNAM RETE GAS	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/13167	COD. TECNICO 16153
	LOCALITA' REGIONE PUGLIA PROVINCIA DI LECCE	RE-AT-115	
	MET. INTERCONNESSIONE TAP DN 1400 (56"), DP 75 bar 1° TRONCO MELENDUGNO - LECCE	Pag. 26 di 34	Rev. 0

Rif. TFM: 011014-10-RT-E-0115

LEGENDA:

B = Larghezza fondale (pari al Diametro esterno del Microtunnel)

L = Lunghezza fondale (tratto unitario di 1m)

D = Profondità Piano di posa (copertura + Diametro esterno del Microtunnel)

ecc.B = Eccentricità in B

ecc.L = Eccentricità in L

f = Angolo d'attrito

d = A. d'attrito terreno Fondaz.

b = Pendenza del pendio

h = Inclinazione della Fondaz.

c = Coesione

teta = Angolo rispetto alla direzione L del carico orizzontale qH

g = Peso di volume terreno

qv = Comp. Verticale del carico

qo = Comp. orizzont. del carico

Kp = Coeff. Spinta Passiva

Af = Area effettiva della Fond.

qlim = Capacità portante

Gt = Carico Geostatico

Gl = Peso proprio tubo di linea

Gb = Peso Proprio Cunicolo

Gw = Carico Idrostatico

Gm = Carico Mobile

NB: per quanto riguarda la verifica ai cedimenti e agli scorrimenti essendo una struttura completamente interrata e vista la particolarità del tipo di vincolo strutturale tubo-terreno non si ritiene opportuno procedere al calcolo. Vista la particolare funzione sarà importante conferire al terreno soprastante la struttura adeguata compattazione degli strati al fine di garantire la perfetta stabilità della sezione stradale attraversata e di evitarne possibili cedimenti.

 SNAM RETE GAS	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/13167	COD. TECNICO 16153
	LOCALITA' REGIONE PUGLIA PROVINCIA DI LECCE	RE-AT-115	
	MET. INTERCONNESSIONE TAP DN 1400 (56"), DP 75 bar 1° TRONCO MELENDUGNO - LECCE	Pag. 27 di 34	Rev. 0

Rif. TFM: 011014-10-RT-E-0115

5. CARATTERISTICHE TECNICHE DELLE CONDOTTE IN OPERA

5.1 Tubo di Linea DN 1400 (56")

La condotta è costituita da tubi DN 1400 (56") in acciaio EN L450MB di spessore maggiorato pari a 21.80 mm 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.

5.2 Telecomando

Nello stesso scavo della condotta verrà posata una polifora portacavi costituita da n° 3 tubi in PEAD DN 50 PN16. All'interno di uno dei tre tubi verrà alloggiato il cavo per telemisura e telecontrollo a sussidio dei gasdotto. Gli altri due tubi portacavo hanno funzione di scorta e manutenzione.

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

5.3 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 LECCE	RE-AT-115	
	MET. INTERCONNESSIONE TAP DN 1400 (56"), DP 75 bar 1° TRONCO MELENDUGNO - LECCE	Pag. 28 di 34	Rev. 0

Rif. TFM: 011014-10-RT-E-0115

6. GEOMETRIA E MODALITA' ESECUTIVE DELL'ATTRAVERSAMENTO

6.1 Geometria dell'attraversamento

L'attraversamento della Strada Provinciale N. 337 con la condotta in progetto è previsto tramite la realizzazione di un'unica trivellazione con la metodologia "Microtunneling".

Ciò consentirà l'esecuzione dell'attraversamento evitando l'interruzione del traffico veicolare e l'interessamento delle aree degli svincoli.

Nell'elaborato grafico di dettaglio Dis. AT-115 oltre alla geometria dell'attraversamento sono riportate le seguenti informazioni di progetto:

- Diametro interno e/o esterno, spessore e tipo di acciaio della condotta di linea;
- Diametro esterno, spessore e lunghezza dei conci in c.a.;
- Lunghezza complessiva del microtunnel in c.a. e lunghezze parziali dei tratti rettilinei
- Angoli di ingresso e uscita e raggio di curvatura;
- Copertura minima dal piano campagna;
- Dimensioni indicative delle postazioni di partenza e d'arrivo;

Le coperture del tunnel rispetto al piano campagna sono da considerarsi valori minimi da rispettare durante l'esecuzione del tunnel.

La geometria finale esecutiva sarà verificata e stabilita dalla ditta esecutrice sulla base di dettagliate indagini geognostiche e dallo stato dei luoghi al momento della realizzazione dell'opera (come ad esempio la presenza di aree allagate, altezza della falda, ecc..).

6.2 Descrizione delle fasi operative

- Il sistema di costruzione mediante Microtunnel permette la realizzazione della posa di condotte in sottterraneo senza la necessità di scavi a cielo aperto. Per il Microtunnel è richiesta la posa in opera di un rivestimento in continuo (lungo tutto lo sviluppo) con conci prefabbricati in c.a. Per conci in c.a. si intendono degli elementi tubolari interi in cemento armato che vengono spinti progressivamente nel terreno.
- Per l'esecuzione del Microtunnel si opererà secondo le modalità qui di seguito descritte:

6.2.1 Preparazione delle aree cantiere

Per la preparazione dei siti previsti per l'installazione delle aree di cantiere si prevedono i seguenti lavori:

 SNAM RETE GAS	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/13167	COD. TECNICO 16153
	LOCALITA' REGIONE PUGLIA PROVINCIA DI LECCE	RE-AT-115	
	MET. INTERCONNESSIONE TAP DN 1400 (56"), DP 75 bar 1° TRONCO MELENDUGNO - LECCE	Pag. 29 di 34	Rev. 0

Rif. TFM: 011014-10-RT-E-0115

- sistemazione/realizzazione di strade di accesso;
- rimozione di eventuali ostacoli;
- eventuali spianamenti del terreno;
- prosciugamento delle aree destinate all'alloggiamento delle postazioni di partenza e arrivo (operando sotto falda);
- eventuale drenaggio (da prevedersi in caso di aree con rischio di allagamento);
- preparazione delle aree per l'alloggiamento di containers e stoccaggio materiali;
- preparazione aree destinate allo stoccaggio e caratterizzazione dello smarino;
- installazione del cantiere (per la descrizione si veda il paragrafo 6.3 *Descrizione del cantiere e dei mezzi d'opera*).

6.2.2 Postazione di partenza e installazione apparecchiature

La realizzazione della postazione di partenza, prevista per il progetto in oggetto è situata a valle dell'attraversamento, prevede l'esecuzione delle seguenti attività:

- realizzazione di diaframmi in c.a. a tenuta lungo il perimetro della postazione di partenza ed approfonditi per un tratto tale da raggiungere la quota del microtunnel (operando sotto falda);
- realizzazione della postazione di trivellazione interrata mediante l'installazione di strutture di contenimento verticali e del piano di calpestio con tipologie adeguate a resistere ai carichi esterni, alla spinta delle terre ed alle spinte idrostatiche.
- esecuzione della postazione di partenza per l'alloggiamento della macchina di spinta;
- delimitazione e chiusura, con apposita recinzione, delle aree di cantiere e di scavo;
- costruzione soletta di base per appoggio strutture di spinta e alloggiamento guide in acciaio;
- installazione degli elementi per la guida delle apparecchiature di perforazione;
- installazione apparecchiature di spinta;

 SNAM RETE GAS	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/13167	COD. TECNICO 16153
	LOCALITA' REGIONE PUGLIA PROVINCIA DI LECCE	RE-AT-115	
	MET. INTERCONNESSIONE TAP DN 1400 (56"), DP 75 bar 1° TRONCO MELENDUGNO - LECCE	Pag. 30 di 34	Rev. 0

Rif. TFM: 011014-10-RT-E-0115

- installazione delle apparecchiature di perforazione;
- installazione del sistema di trasporto a giorno dello smarino mediante sistema idraulico;
- installazione di attrezzature e strumentazioni varie;
- apertura foro nella parete frontale;
- messa in opera dell'anello di guida e della guarnizione tenuta;
- installazione sistema di controllo della direzione.

6.2.3 Elementi tubolari in c.a.

Gli elementi tubolari impiegati per il rivestimento del tunnel saranno in c.a. vibrati, calcolati per resistere alla spinta assiale prodotta dalla stazione di spinta durante la messa in opera degli elementi stessi, ed ai carichi superiori, gravati secondo quanto stabilito dalle vigenti norme.

6.3 Esecuzione Microtunnel

6.3.1 Scavo del Tunnel (perforazione)

Lo scavo del tunnel avverrà mediante l'avanzamento di uno scudo cilindrico a cui è applicata frontalmente una fresa rotante dello stesso diametro dello scudo.

Essendo la perforazione presumibilmente sotto falda, la testa di trivellazione sarà del tipo a sezione integrale (scudo chiuso) e lo scavo sarà effettuato con l'ausilio di lubrificante con lo scopo di bilanciare la pressione idraulica esterna fronte di scavo.

Durante la fase di scavo, la testa della macchina sarà quindi lubrificata con una miscela di bentonite e acqua, trasportata tramite un sistema di circolazione chiuso. La testa della macchina di scavo opererà sotto una campana di aria compressa o di una miscela di acqua/bentonite; comunque sarà tenuta sempre in pressione. L'avanzamento della testa fresante avviene mediante la spinta degli elementi tubolari in c.a. che vengono successivamente infissi dalla postazione di spinta.

6.3.2 Infissione degli elementi tubolari nel terreno

Per l'avanzamento degli elementi tubolari in c.a. sarà utilizzata una unità spingitubo collocata all'interno del pozzo di spinta.

L'unità di spinta è composta da martinetti idraulici montati su un telaio metallico, da un anello di spinta mobile posto davanti ai martinetti idraulici e da una parete metallica di spinta fissa posta dietro i martinetti.

 SNAM RETE GAS	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/13167	COD. TECNICO 16153
	LOCALITA' REGIONE PUGLIA PROVINCIA DI LECCE	RE-AT-115	
	MET. INTERCONNESSIONE TAP DN 1400 (56"), DP 75 bar 1° TRONCO MELENDUGNO - LECCE	Pag. 31 di 34	Rev. 0

Rif. TFM: 011014-10-RT-E-0115

Quando un elemento sarà stato completamente spinto nel terreno, i martinetti idraulici e l'anello di spinta devono essere retratti per l'inserimento di un nuovo elemento.

Il nuovo elemento deve essere calato all'interno del pozzo e incastrato all'estremità dell'elemento precedente. Non appena ultimato l'incastro deve essere ripresa la spinta.

Per ridurre l'attrito tubo/terreno sarà impiegata una miscela bentonitica come lubrificante esterno.

Le giunzioni tra i conci in c.a. saranno di tipologia idonea per consentire la deviazione angolare del microtunnel e la tenuta idrica. L'incastro ed il centraggio tra due tubi successivi sarà garantita mediante opportuna sagomatura dei bordi oppure con collari di acciaio annegati nel getto.

6.3.3 Trasporto a giorno dello smarino tramite sistema idraulico

Il materiale scavato viene evacuato dalla parte anteriore dello scudo e portato in una unità di frantumazione. Il materiale frantumato viene miscelato con acqua e formare una miscela fluida (slurry) e quindi smaltita all'esterno attraverso un sistema di riciclo fino ad una unità di dissabbiatura e decantazione in apposita vasca impermeabilizzata.

Lo smarino proveniente dagli scavi dovrà essere trasportato in apposite aree per lo stoccaggio e per la caratterizzazione.

Aree provvisorie o permanenti che l'Appaltatore dovrà preventivamente reperire e convenzionare in prossimità dell'area dei lavori.

6.4 Controlli

Essendo necessario il controllo in tempo reale della direzionalità del microtunnel durante l'operazione di spinta, viene approntato un sistema computerizzato di elaborazione dati rilevati mediante puntamento ottico e laser o sistema di auto-guida.

L'operatore addetto alla verifica opererà con continuità sulla consolle di comando per le necessarie correzioni.

6.5 Esecuzione postazione di uscita

Nel punto terminante del tunnel si provvederà all'esecuzione della postazione di arrivo per il recupero dello scudo e delle apparecchiature di scavo. Nel caso risulti necessario in relazione alle condizioni geologiche locali, si potrà prevedere al consolidamento del terreno, in adiacenza al punto di uscita della testa fresante.

6.6 Posizionamento del metanodotto nel Microtunnel

La posa della condotta nel tunnel verrà effettuata "varando" una colonna prefabbricata in esterno, oppure realizzando le saldature in corrispondenza dell'estremità del tunnel stesso.

 SNAM RETE GAS	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/13167	COD. TECNICO 16153
	LOCALITA' REGIONE PUGLIA PROVINCIA DI LECCE	RE-AT-115	
	MET. INTERCONNESSIONE TAP DN 1400 (56"), DP 75 bar 1° TRONCO MELENDUGNO - LECCE	Pag. 32 di 34	Rev. 0

Rif. TFM: 011014-10-RT-E-0115

La condotta sarà separata dalla parete del micro tunnel mediante appositi collari distanziatori con resistenze caratteristiche adeguate alle sollecitazioni cui saranno sottoposti.

Per la posa è stata preliminarmente prevista la realizzazione di piccole colonne di almeno 3-4 tubi.

6.7 Riempimento intercapedine tra gli elementi del Microtunnel ed il terreno

Lo spazio presente tra la parete esterna degli elementi del Microtunnel e il terreno, dovrà essere saturato mediante iniezione dagli appositi ugelli predisposti nei tubi in c.a. di bentonite e/o boiaccia di cemento.

6.8 Intasamento del Microtunnel

Dopo le operazioni di infilaggio del tubo in acciaio e dei tubi portacavi, l'intercapedine tra la parete interna del Microtunnel ed i tubi suddetti verrà intasata con una miscela autolivellante di bentonite e cemento.

6.9 Ripristino delle aree cantiere e Demolizione opere in c.a.

A fine dei lavori, tutte le aree di cantiere interessate saranno ripristinate per ricostituire la morfologia originaria. Saranno inoltre realizzate le opere previste per il loro recupero ambientale.

Verranno ripristinati tutti gli accessi temporanei agli imbocchi utilizzati in corso di esecuzione di lavori, in modo da restituire le originarie morfologie alle aree interessate.

Le opere in c.a. verranno demolite quanto più possibile, fatte salve le parti la cui demolizione potrebbe non essere funzionale all'esercizio del Microtunnel e comunque per una profondità minima di 1.50 m dal piano campagna originale.

6.10 Postazione di partenza

6.10.1 Unità generatore

L'unità generatore ha bisogno di produrre l'energia necessaria al funzionamento dell'impianto ed è generalmente costituita da una serie di motori diesel; l'energia viene trasmessa alla testa di perforazione e a tutti gli impianti del cantiere tramite la cabina di manovra detto anche "container comando".

6.10.2 Cabina di manovra

La cabina di manovra contiene tutti i dispositivi necessari per manovrare l'unità di spinta (martinetti idraulici), la consolle di guida della testa di perforazione e quant'altro per il controllo di tutti i parametri di trivellazione.

 SNAM RETE GAS	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/13167	COD. TECNICO 16153
	LOCALITA' REGIONE PUGLIA PROVINCIA DI LECCE	RE-AT-115	
	MET. INTERCONNESSIONE TAP DN 1400 (56"), DP 75 bar 1° TRONCO MELENDUGNO - LECCE	Pag. 33 di 34	Rev. 0

Rif. TFM: 011014-10-RT-E-0115

6.10.3 Mezzo di sollevamento

Un mezzo di sollevamento serve per la movimentazione dei conci in c.a. precedentemente stoccati nelle vicinanze.

6.10.4 Unità fanghi e vibrovaglio

Questa attrezzatura consente la continua riutilizzazione dell'acqua per il circuito dei fanghi e nel contempo la separazione della porzione solida contenuta nei fluidi di perforazione per avviarla a discarica, previa catalizzazione secondo normative vigenti; l'unità è costituita da una o più vasche nelle quali vengono fatte decantare e/o filtrati per mezzo di vibrovagli i fluidi provenienti dal circuito di smarino: tramite pompe sommerse comandate dall'operatore i fanghi ripuliti vengono re-immessi nel circuito di mandata dell'acqua; in presenza di materiali fini come argille e limi, l'azione di separazione dei materiali solidi viene rafforzata con l'uso di cicloni centrifughi; tutto il materiale di risulta del processo descritto pocanzi viene stoccato temporaneamente in un' area del cantiere apposita per poi essere trasportata definitivamente in discarica autorizzata previa caratterizzazione secondo normative vigenti;

6.10.5 Area ricambi-materiali

L'area ricambi-materiali, è costituita da più container con tutte le attrezzature del caso ed eventuali ricambi delle macchine operatrici.

6.10.6 Area spogliatoi, uffici e servizi

Questa zona è a uso degli operatori.

6.10.7 Impianto di confezionamento miscela di bentonite e cemento

Dopo il varo della condotta di linea avviene intasamento del microtunnel tramite un impianto di confezionamento del tipo automatico in grado di preparare con costanza e precisione la miscela prevista, caricando e pesando i componenti ed eseguendo la miscelazione tramite cicloni ad elevata turbolenza.

6.11 Postazione di arrivo

L'area della postazione di arrivo ospita invece essenzialmente la trincea necessaria per il recupero della testa di perforazione, un area pezzi di ricambio e stoccaggio materiali più un mezzo di sollevamento.

Successivamente alla realizzazione del microtunnel in questa area saranno ubicate le apparecchiature per la prefabbricazione delle stringhe di tubo (saldatrici) e per il successivo varo (mezzi di sollevamento)

 SNAM RETE GAS	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/13167	COD. TECNICO 16153
	LOCALITA' REGIONE PUGLIA PROVINCIA DI LECCE	RE-AT-115	
	MET. INTERCONNESSIONE TAP DN 1400 (56"), DP 75 bar 1° TRONCO MELENDUGNO - LECCE	Pag. 34 di 34	Rev. 0

Rif. TFM: 011014-10-RT-E-0115

7. CONCLUSIONI

L'attraversamento in oggetto, progettato conformemente a quanto previsto nel *D.M.17/04/2008* 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 stradale che del metanodotto nelle fasi di costruzione e di esercizio di entrambe.