

AAG/SERV/Bologna/LL.CC./fc

Vs. Rif. Prot. n. ENGCO/INFSRU/S/351 del 20/02/2023

All: N. 4 (Articolo Tecnico, Disciplinare, Relazione, elaborato)

" N. 4 al C.C.

Marca da Bollo Euro 16,00

n. 01211231213915 del 23/02/2023

Spett.le **SNAM RETE GAS S.P.A.**

Pec: [ingcos.sard@pec.snamretegas.it](mailto:ingcos.sard@pec.snamretegas.it)

Mail: [Simone.Cairolis@snam.it](mailto:Simone.Cairolis@snam.it)

e, p.c. AL CENTRO D – SEDE

" AL SUPPORTO TECNICO - SEDE

" AL SORVEGLIANTE S.S. 67

**LANZI MATTIA**

[m.lanzi@stradeanas.it](mailto:m.lanzi@stradeanas.it)

**OGGETTO: S.S. 67 "TOSCO ROMAGNOLA"**

**ATTRAVERSAMENTO E ALLACCIAMENTO METANODOTTO FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI AL KM 212+690 IN COMUNE DI RAVENNA (RA) – Contratto n. 7000000262623**

In relazione alla domanda pervenuta in data 20/02/2023 ed assunta al protocollo di arrivo al n. 129629 del 21/02/2023 e successive integrazioni, relativa alla concessione indicata in oggetto, Anas, nella persona del Dott. Antonio MERCURIO, nella sua qualità di Responsabile Area Amministrativa/ Gestionale della Struttura Territoriale Emilia Romagna, in virtù di procura Rep. 84725, Rogito 24064 del 11/09/2020, Notaio Dott. Paolo CASTELLINI

VISTO

il vigente Codice della Strada (Decreto Legislativo 30 aprile 1992, n. 285 e s.m.i. di seguito per brevità "Codice della Strada") ed il relativo Regolamento di esecuzione e di attuazione (D.P.R. 16 dicembre 1992, n. 495 e s.m.i. di seguito per brevità "Regolamento");

le nuove "Condizioni Generali Tecnico-Amministrative" regolanti i rapporti tra Anas S.p.A. e Snam Rete Gas S.p.A. le cui prescrizioni si intendono qui integralmente riportate;

**Struttura Territoriale Emilia Romagna**

Viale A. Masini, 8 - 40126 Bologna T [+39] 051 6301111 - F [+39] 051 244970  
Pec [anas.emiliaromagna@postacert.stradeanas.it](mailto:anas.emiliaromagna@postacert.stradeanas.it) - [www.stradeanas.it](http://www.stradeanas.it)

**Anas S.p.A. - Gruppo Ferrovie dello Stato Italiane**

Società con socio unico soggetta all'attività di direzione e coordinamento di Rete Ferroviaria Italiana S.p.A. e concessionaria ai sensi del D.L. 138/2002 (convertito con L. 178/2002)

Sede Legale: Via Monzambano, 10 - 00185 Roma T [+39] 06 44461 - F [+39] 06 4456224  
Pec [anas@postacert.stradeanas.it](mailto:anas@postacert.stradeanas.it)

Cap. Soc. Euro 2.269.892.000,00 Iscr. R.E.A. 1024951 P.IVA 02133681003 C.F. 80208450587



il disciplinare sottoscritto dal soggetto richiedente in segno di accettazione e l'allegato articolo tecnico che ne fa parte integrante;

il parere tecnico positivo sulla realizzazione dell'opera in questione;

### CONSIDERATO CHE

il richiedente ha prodotto la documentazione necessaria;

### AUTORIZZA

ai sensi degli articoli 26 e 27 del Codice della Strada, fatti salvi i diritti di terzi e l'eventuale competenza di ogni altro Ente e/o Amministrazione per il rilascio di ulteriori autorizzazioni e/o licenze prescritte dalle norme vigenti, **SNAM RETE GAS S.p.A.** all'esecuzione dei lavori per **attraversamento sotterraneo con gasdotto** alla progressiva chilometrica **212+690**, secondo le prescrizioni contenute nell' articolo tecnico allegato e facente parte integrante della presente disposizione, della S.S. **67 (TOSCO ROMAGNOLA)** Comune **Ravenna** Provincia **Ravenna**.

La validità della presente concessione è pari alla durata residua delle "Condizioni Generali Tecnico-Amministrative" regolanti i rapporti tra Anas S.p.A. e Snam Rete Gas S.p.A.

La presente autorizzazione è subordinata all'osservanza, oltreché delle norme di cui al Codice della Strada e relativo Regolamento, di tutta la normativa a tutela della circolazione stradale e di tutte le condizioni e prescrizioni tecniche specifiche che potranno eventualmente essere impartite da Anas.

La realizzazione delle opere in oggetto dovrà iniziare, previa comunicazione alla scrivente, entro giorni **180** (centottanta) dalla data della presente, e le stesse dovranno essere ultimate nel termine di giorni **360** (trecentosessanta) naturali e consecutivi decorrenti dalla data della presente Autorizzazione. In caso di inottemperanza l'atto è da intendersi privo di validità.

L'esecuzione dei lavori dovrà essere effettuata in conformità agli elaborati tecnici allegati alla domanda, sui quali è stato espresso parere tecnico positivo da parte di questa Struttura Territoriale Anas e che fanno parte integrante del presente atto.

Rimane esplicitamente stabilito che codesto richiedente resta unico responsabile, a qualsiasi effetto, di eventuali danni o incidenti che dovessero verificarsi in conseguenza della costruzione, manutenzione ed uso delle opere oggetto della presente restandone completamente sollevata Anas da qualsivoglia responsabilità.

Codesto richiedente terrà la Società Anas concedente sollevata ed indenne da qualsiasi altra pretesa o molestia, anche giudiziaria, che per dato o fatto della presente, potesse provenire da terzi, intendendosi che l'autorizzazione stessa viene assentita senza pregiudizio dei terzi.

Per quanto non espressamente indicato nel presente atto, si fa riferimento alle disposizioni e prescrizioni di cui al Codice della Strada e relativo Regolamento.

Qualsiasi irregolarità rispetto a quanto prescritto con la presente autorizzazione, rilevata dal personale Anas, sarà verbalizzata al titolare della stessa ai sensi del Codice della Strada e relativo Regolamento.

La presente autorizzazione dovrà essere esibita, se richiesta, ai funzionari addetti alla vigilanza identificabili attraverso l'apposita tessera di riconoscimento per l'abilitazione al Servizio di Polizia Stradale. Questi vigileranno affinché non vengano commessi abusi o irregolarità rispetto a quanto prescritto con la presente autorizzazione.

IL RESPONSABILE AREA AMM.VA GESTIONALE  
(Dott. Antonio MERCURIO)

LN

STRADA STATALE N. 67 (TOSCO ROMAGNOLA)  
Provincia di **RAVENNA**  
Comune di **RAVENNA**  
Contratto n. **7000000262623**

## DISCIPLINARE

Contenente le disposizioni di carattere generale e specifico per la realizzazione di attraversamento sotterraneo con gasdotto in corrispondenza del Km 212+690 della S.S. 67 "TOSCO ROMAGNOLA", nel Comune di Ravenna (RA) - che si prescrivono sulla base del vigente Codice della Strada (Decreto Legislativo 30 aprile 1992, n. 285) di seguito per brevità "C.d.S." e del relativo Regolamento di Esecuzione e di attuazione (D.P.R. 16 dicembre 1992, n. 495) di seguito per brevità solo "Regolamento" e delle "Condizioni generali tecniche e Amministrative regolanti i rapporti tra Anas Spa e Snam Rete Gas Spa, in materia di attraversamenti e parallelismi delle reciproche infrastrutture" sottoscritte in data 10/10/2017, a seguito di domanda presentata da:

- Snam rete Gas Spa con Sede legale in Piazza Santa Barbara, 7 -San donato Milanese (MI) P.I./C.F. 10238291008, corredata dalla relativa documentazione tecnica, sulla quale è stato espresso il parere positivo dalla competente Area Gestione Rete della Struttura Territoriale Emilia Romagna;

### ARTICOLO 1 Descrizione dell'opera

L'opera avrà le seguenti caratteristiche: **attraversamento sotterraneo**  
La destinazione d'uso dell'opera è la seguente: **gasdotto**.

Il concessionario si impegna ad adibire l'opera esclusivamente a tale uso restandone tassativamente vietato ogni altro, pena la revoca della presente licenza unitamente all'applicazione delle sanzioni previste dall'art. 22 del C.d.S.

### ARTICOLO 2 Modalità di esecuzione dei lavori

L'esecuzione dei lavori dovrà essere effettuata in conformità agli elaborati tecnici allegati alla domanda per i quali è stato espresso parere tecnico positivo da parte di questa Struttura Territoriale Anas e che fanno parte integrante del presente atto e subordinatamente all'osservanza delle prescrizioni tecniche specifiche impartite nell'allegato **Articolo Tecnico**, e a quanto prescritto nelle "Condizioni generali tecniche e Amministrative regolanti i rapporti tra Anas Spa e Snam Rete Gas Spa, in materia di attraversamenti e parallelismi delle reciproche infrastrutture".

### ARTICOLO 3 Termini per l'esecuzione dei lavori



Le date di inizio e ultimazione lavori dovranno essere tempestivamente comunicate a questa Struttura Territoriale per gli adempimenti di competenza. La messa in esercizio e l'utilizzo dell'opera sono subordinate all'esito positivo del sopralluogo della struttura tecnica Anas competente, finalizzato alla verifica della conformità dei lavori eseguiti alle prescrizioni contenute nel presente disciplinare.

#### ARTICOLO 4

##### Durata della concessione

La concessione ha durata fino al 31/12/2035.

Alla scadenza la concessione si intenderà cessata, salvo rinnovo che potrà essere richiesto dal concessionario a questa Struttura Territoriale con apposita istanza in bollo, da presentare almeno 90 (novanta) giorni prima della scadenza. Il rinnovo sarà concesso previa verifica, da parte di Anas S.p.A, della persistenza delle condizioni previste dal C.d.S. e dal Regolamento.

Resta comunque nella facoltà di Anas S.p.A non concedere il rinnovo o richiedere la rimozione dell'opera qualora la situazione dei luoghi dovesse risultare modificata, anche in presenza di pagamento già effettuato per spese di istruttoria e sopralluogo.

La concessione potrà essere altresì revocata o non rinnovata, anche in parte, a giudizio insindacabile dell'Anas per motivi connessi al pubblico interesse o alla tutela della sicurezza del transito e del patrimonio del demanio e dell'ANAS. In tal caso nessun indennizzo è dovuto da parte di Anas Spa, restando il concessionario, invece, tenuto all'immediato ripristino dei luoghi.

#### ARTICOLO 5

##### Condizioni Economiche

Ai sensi dell'articolo 27 del Codice della Strada è dovuto un canone annuo determinato/aggiornato ogni anno ai sensi della Legge 449/97 art. 55, comma 23. Il relativo prezzario sarà pubblicato entro il 31 dicembre di ogni anno sulla Gazzetta Ufficiale della Repubblica Italiana, oltre che sul sito [www.stradeanas.it](http://www.stradeanas.it) sezione Servizi/"Licenze e concessioni"/"Leggi e normative".

Il canone applicato dovrà essere corrisposto secondo le modalità di cui all'art. 19 delle "Condizioni generali tecniche e Amministrative regolanti i rapporti tra Anas Spa e Snam Rete Gas Spa, in materia di attraversamenti e parallelismi delle reciproche infrastrutture

Il mancato pagamento delle somme richieste a titolo di canone entro i termini indicati da ANAS S.p.A. decorrente dall'invio di regolare fattura, determinerà l'addebito delle spese per il recupero delle somme non corrisposte nei termini ed eventuali onere aggiuntivi ivi inclusi gli interessi moratori nella misura stabilita dal D.lgs. 9 ottobre 2002 n. 231.

Il permanere non giustificato della morosità determinerà: l'avvio del procedimento di revoca della/e singola/e autorizzazione/i cui si riferisce la morosità, che verrà comunicata con le formalità e la tempistica di cui alla legge 241/90; l'impossibilità di ottenere nuove concessioni o rinnovi su tutto il territorio nazionale.

Il canone annuale da pagare ad ANAS per la presente concessione è pari a €. 505,98 (Cinquecentocinque/98) più la corrente aliquota IVA.

#### ARTICOLO 6

##### Oneri ed obblighi per il concessionario

Le dimensioni, le caratteristiche e la destinazione d'uso dell'opera, come descritte nei precedenti articoli 1 e 2 del presente disciplinare, non possono essere variate senza la preventiva autorizzazione di Anas S.p.A, che sarà subordinata alla verifica della rispondenza delle modifiche richieste alle vigenti disposizioni.



Eventuali difformità per mancata tempestiva comunicazione della variazione e qualsiasi irregolarità rispetto a quanto prescritto con il presente disciplinare, rilevate in linea di fatto da Anas S.p.A, saranno verbalizzate al concessionario ai sensi del C.d.S. e relativo Regolamento, ed addebitate allo stesso.

E' fatto obbligo al titolare della concessione di mantenere, a suo totale carico o dei suoi aventi causa, l'opera in condizioni ottimali in modo che ne sia sempre assicurata la perfetta funzionalità e stabilità.

Il concessionario resta in ogni caso unico responsabile della sicurezza del transito e di qualsiasi danno che dovesse verificarsi alle persone, animali o cose in genere. E' obbligo del concessionario risarcire tutti i danni derivanti dall'esecuzione dei lavori o dall'esercizio della licenza, nei riguardi sia di Anas S.p.A sia dei privati ed Enti diversi, con l'obbligo di riparare e/o risarcire tali danni e tenere questa Società stessa ed i suoi funzionari indenni da ogni pretesa e/o richiesta, anche giudiziaria, che per dato o fatto della concessione potesse provenire da terzi.

Durante l'esecuzione dei lavori dovrà provvedersi alle prescritte segnalazioni diurne e notturne e in particolare dovranno essere rispettate le prescrizioni di cui all'art. 21 del Codice della Strada, e non dovrà essere in nessun modo ostacolato il libero transito né dovranno depositarsi materiali ed attrezzi sul piano viabile.

Il mancato effettivo utilizzo dell'opera oggetto della concessione non è rilevante al fine della determinazione del canone che risulta comunque dovuto come conseguenza della possibilità, riconosciuta al concessionario, di realizzare l'opera.

In caso di trasferimento a terzi della titolarità dell'opera alla quale la concessione si riferisce o dell'esercizio dell'attività, il concessionario dovrà darne immediata comunicazione ad Anas S.p.A allegando alla stessa tutta la documentazione necessaria a comprovare l'avvenuto trasferimento di titolarità. Nelle more del procedimento di subentro, il concessionario rimarrà obbligato ad osservare tutte le prescrizioni del presente disciplinare, ivi compresa quella relativa al pagamento del canone, fino alla formalizzazione del provvedimento di subentro del nuovo titolare.

La sottoscrizione del presente atto comporta l'obbligo per il concessionario ad attenersi a nuove eventuali successive prescrizioni che Anas S.p.A potrà impartire per ragioni di carattere tecnico o di viabilità, anche se tali prescrizioni possano comportare la modificazione o la demolizione dei lavori consentiti nel presente atto.

La presente concessione è rilasciata, ai sensi degli articoli 26 e 27 del Codice della Strada, fatti salvi i diritti di terzi e la eventuale ulteriore competenza di ogni altro Ente e/o Amministrazione per il rilascio di eventuali ulteriori autorizzazioni e/o licenze prescritte dalle norme vigenti.

## ARTICOLO 7

### Modifica – Revoca – Rinuncia

La concessione non costituisce servitù permanente sulla strada, nel senso che ANAS si riserva il diritto di revocarla in qualunque tempo, ovvero di modificare, a suo insindacabile giudizio, in tutto o in parte le clausole in essa contenute o di imporre altre ed ulteriori condizioni di tutela senza che il concessionario od i suoi subentranti possano pretendere compensi o indennità di sorta.

Anas S.p.A conserva, inoltre, in ogni tempo, il pieno ed insindacabile diritto di modificare, in qualsiasi modo, la strada ed i suoi manufatti, preavvisando in tal caso il concessionario che provvederà, a sue spese, nel minor tempo possibile, alla eventuale richiesta di soppressione, rimozione o variazione dell'opera in piena conformità alle prescrizioni che saranno impartite da Anas S.p.A in base al nuovo stato dei luoghi ovvero alle nuove esigenze della viabilità, senza che possa essere eccepito alcunché o reclamati compensi o rimborsi di sorta.

In caso di inadempienza i lavori verranno eseguiti direttamente da Anas S.p.A a spese del concessionario.

Nessun compenso potrà essere riconosciuto al concessionario in dipendenza della inutilizzazione dell'opera durante i lavori che eseguirà ANAS S.p.A.

Il presente atto è suscettibile di revoca da parte di Anas S.p.A ai sensi dell'articolo 27, comma 5, del Codice della Strada, per sopravvenuti motivi di pubblico interesse o di tutela della sicurezza stradale ovvero nel caso



di accertata insolvenza rispetto al pagamento di quanto dovuto a titolo di canone senza che Anas S.p.A sia tenuta a corrispondere alcun indennizzo.

In caso di revoca il concessionario dovrà eseguire sul corpo stradale, a sua cura e spese, tutte le opere, necessarie ad insindacabile giudizio di Anas S.p.A, per eliminare ogni soggezione derivante dalla concessione. In caso di inadeguatezza dei lavori eseguiti, Anas S.p.A provvederà direttamente a cura e spese del concessionario.

Il concessionario potrà rinunciare in ogni tempo ai diritti riconosciuti con il presente atto ed in tal caso dovrà inoltrare specifica comunicazione a questa Struttura Territoriale.

Nelle more del procedimento di rinuncia, il concessionario rimarrà obbligato ad osservare tutte le prescrizioni del presente disciplinare, ivi compresa quella relativa al pagamento del canone, fino alla formalizzazione del provvedimento di rinuncia e di cancellazione della relativa utenza negli applicativi aziendali.

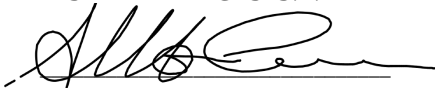
## ARTICOLO 8 Articolo Vigilanza

La presente autorizzazione dovrà essere esibita, se richiesta, ai funzionari addetti alla vigilanza identificabili attraverso l'apposita tessera di riconoscimento per l'abilitazione al Servizio di Polizia Stradale. Questi vigileranno affinché non vengano commessi abusi o irregolarità rispetto a quanto prescritto con la presente autorizzazione. Ove vengano accertati irregolarità o abusi, si darà avvio alla procedura di contestazione della violazione ai sensi del Codice della Strada e relativo Regolamento.

Anas S.p.A assicura il trattamento dei dati personali in conformità a quanto previsto dal Decreto Legislativo 196/2003 ed il loro utilizzo per fini esclusivamente istituzionali.

Per quanto non espressamente indicato, si fa riferimento alle disposizioni e prescrizioni di cui al Codice della Strada e relativo Regolamento e alle "Condizioni generali tecniche e Amministrative regolanti i rapporti tra Anas Spa e Snam Rete Gas Spa, in materia di attraversamenti e parallelismi delle reciproche infrastrutture".

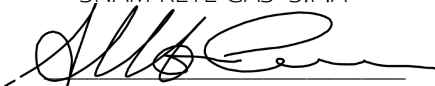
PER COMPLETA ACCETTAZIONE  
SNAM RETE GAS S.P.A



Per Anas S.P.A.:  
Il Responsabile Area Amministrativa Gestionale  
Dott. Antonio MERCURIO

Il Richiedente per esplicita accettazione, ai sensi dell'artt. 1341 e 1342 c.c. delle clausole artt. 3,4,5,6,7.

PER COMPLETA ACCETTAZIONE  
SNAM RETE GAS S.P.A



LN



## ARTICOLO TECNICO

### PRESCRIZIONI E MODALITA' DI ESECUZIONE DEI LAVORI

(Allegato al Disciplinare Pratica n **7000000262623**)

#### **ATTRAVERSAMENTO E ALLACCIAMENTO METANODOTTO FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI S.S. 67 "TOSCO ROMAGNOLA" AL KM 212+690 IN COMUNE DI RAVENNA (RA)**

RICHIEDENTE: SNAM RETE GAS

L'intervento SNAM prevede la posa di un metanodotto (diametro 900 mm) in attraversamento della SS67 in corrispondenza della km 212+690 nel Comune di Ravenna, con la tecnica della trivellazione orizzontale controllata (TOC). L'estradosso della tubazione sarà ad una profondità di oltre 25 m dal piano stradale.

Le stazioni di lancio e di arrivo della perforazione sono in zone con distanze di superiori ai 150 m dalle aree di pertinenza Anas.

**La validità dell'autorizzazione è subordinata alle prescrizioni tecniche di seguito riportate.**

**Si precisa che la presente Concessione ha validità soltanto per le opere previste all'interno della sede stradale di competenza dell'ANAS, restano escluse quelle opere che interessano infrastrutture in carico ad altri Enti (Province, Comuni, ecc.).**

#### **Art.1) – PRESCRIZIONI TECNICHE GENERALI**

Le opere dovranno essere eseguite con materiali di qualità e secondo le buone regole dell'arte e mantenute in buono stato ed in piena efficienza a totali cure e spese del Ditta Concessionaria.

In ogni caso dovranno essere rispettate le condizioni generali tecnico-amministrative regolanti i rapporti tra ANAS S.p.a. e SNAM Rete Gas S.p.a. in materia di attraversamenti e parallelismi delle reciproche infrastrutture stabilite con la Convenzione stipulata in data 10 Ottobre 2017.

Qualora la S.S.67 "Tosco-Romagnola" fosse interessata dal passaggio di mezzi d'opera e altri veicoli a servizio del cantiere per la realizzazione dell'infrastruttura in oggetto si evidenzia quanto segue:





- al fine di garantire la pubblica e privata incolumità ed il libero transito sulla strada statale, durante il periodo di esecuzione dei lavori, l'Impresa è tenuta ad attenersi alle disposizioni di cui al D. Lgs. 9 Aprile 2008 n. 81 – attuazione dell'Art. 1 della Legge 3 agosto 2007, n° 123, in materia di tutela salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro, nonché al rispetto del Codice della Strada (D. L. vo. 30/04/1992 n. 285 e s. m. i.), del Regolamento per l'esecuzione del Codice della Strada (D. P. R. 16/12/1992 n. 495 e s. m. i.) e del Decreto del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti 10/7/2002 (Disciplinare tecnico relativo agli schemi segnaletici, differenziati per categoria di strada, da adottare per il segnalamento temporaneo). In particolare, dovrà essere apposta idonea segnaletica temporanea che individui il pericolo di entrata ed uscita mezzi, la regolazione della velocità e la presenza di lavori in corso. Qualora il cantiere avesse una durata pari o superiore a giorni 15 tale segnaletica dovrà essere apposta su sostegni fissi che non creino ostacolo alla viabilità.
- Inoltre, si ricorda che, in accordo con quanto previsto dall'articolo 15 del Codice della Strada, la richiedente è tenuta a mantenere costantemente il piano viabile pulito da ogni detrito derivante dal passaggio dei mezzi o altro, riconducibile alle attività di cantiere.

**Fatte salve le condizioni specificate nel presente disciplinare, si precisa, sin d'ora, che il richiedente avrà l'obbligo di provvedere, a propria cura e spese, all'eventuale ripristino dei danni causati dall'installazione di tali condutture oggetto della Concessione. Rimane, inoltre, esplicitamente stabilito, che il concessionario rimane unico responsabile, a qualsiasi effetto, dei danni arrecati all'ANAS S.p.A., all'utenza stradale nonché a terzi, in conseguenza della costruzione, esercizio e manutenzione delle opere oggetto della presente Concessione; pertanto l'ANAS S.P.A. nonché il personale da essa dipendente, sono completamente sollevati ed indenni da qualsiasi tipo di responsabilità civile e penale.**

Il Capo Nucleo  
Dott. Giacomo Donà

Il Capo Centro  
Geom. Lorenzo Laudadio

Il Resp. Supporto Tecnico  
Signed by ENRICO BENINI  
on 03/05/2023 09:45:41 CEST



Visto: Il Responsabile Area Gestione Rete  
Signed by GENNARO COPPOLA  
Ing. Gennaro Coppola  
on 07/05/2023 12:27:49 CEST

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22178/L01	UNITÀ 20
	LOCALITÀ RAVENNA	SPC. REL-AT-E-30254	
	PROGETTO FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI	Pagina 1 di 32	Rev. 0

Rif. TFM: 011-PJM22-001-20-RT-E-3254

## EMERGENZA GAS

# INCREMENTO DI CAPACITÀ DI RIGASSIFICAZIONE (DL 17.05.2022, N. 50) FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI

**Met. Collegamento PDE FSRU Ravenna al Nodo di Ravenna  
DN 900 (36") DP 75 bar**

## ATTRAVERSAMENTO:

**S.S. N. 67 Tosco Romagnola  
Progr. Km 212+690**

**Comune di Ravenna (RA)**

## RELAZIONE TECNICA



0	Emissione per Permessi	E.Camerini	A.Gigliotti	M.Begini	09/02/2023
<b>Rev.</b>	<b>Descrizione</b>	<b>Elaborato</b>	<b>Verificato</b>	<b>Approvato</b>	<b>Data</b>

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> <b>NQ/R22178/L01</b>	<b>UNITÀ</b> <b>20</b>
	<b>LOCALITÀ</b> <b>RAVENNA</b>	<b>SPC. REL-AT-E-30254</b>	
	<b>PROGETTO</b> <b>FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI</b>	Pagina 2 di 32	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. TFM: 011-PJM22-001-20-RT-E-3254

## Sommario

<b>1</b>	<b>GENERALITÀ .....</b>	<b>3</b>
1.1	SCOPO .....	3
1.2	ELABORATI DI RIFERIMENTO.....	3
1.3	DEFINIZIONI .....	3
1.4	NORMATIVA DI RIFERIMENTO .....	4
<b>2</b>	<b>CARATTERISTICHE DEI MATERIALI .....</b>	<b>5</b>
2.1	CARATTERISTICHE GEOMETRICHE .....	5
2.2	CARATTERISTICHE MECCANICHE.....	6
<b>3</b>	<b>CALCOLO DELLO SPESSORE DEL TUBO DI LINEA DN 900 (36").....</b>	<b>7</b>
<b>4</b>	<b>DIMENSIONAMENTO E VERIFICA DEL TUBO DI LINEA.....</b>	<b>9</b>
4.1	PARAMETRI GEOTECNICI .....	9
4.2	ANALISI DEI CARICHI SUL TUBO DI LINEA .....	10
4.2.1	<i>Carico geostatico .....</i>	10
4.2.2	<i>Carico idrostatico .....</i>	12
4.2.3	<i>Carico variabile dovuto al traffico.....</i>	13
4.2.4	<i>Peso proprio della condotta.....</i>	17
4.3	CALCOLO DELLE DEFORMAZIONI E VERIFICA ALL'OVALIZZAZIONE.....	17
4.4	CALCOLO DELLE SOLLECITAZIONI E VERIFICA DELLA RESISTENZA DEL TUBO DI LINEA .....	19
4.5	VERIFICA AL BUCKLING.....	22
<b>5</b>	<b>CARATTERISTICHE TECNICHE DELLE CONDOTTE IN OPERA .....</b>	<b>25</b>
5.1	TUBO DI LINEA DN 900 (36") .....	25
5.2	PROTEZIONE CATODICA .....	25
5.3	POLIFORA PORTACAVI E TELECONTROLLO .....	25
<b>6</b>	<b>GEOMETRIA E MODALITÀ ESECUTIVE.....</b>	<b>26</b>
6.1	GEOMETRIA DELL'ATTRAVERSAMENTO.....	26
6.2	TELECONTROLLO/TELECOMANDO .....	26
6.3	MODALITÀ ESECUTIVE DELLA POSA DEL METANODOTTO IN PROGETTO.....	26
6.3.1	<i>Descrizione generale metodologia T.O.C. ....</i>	26
<b>7</b>	<b>DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA .....</b>	<b>31</b>
<b>8</b>	<b>CONCLUSIONI.....</b>	<b>32</b>

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22178/L01	UNITÀ 20
	LOCALITÀ RAVENNA	SPC. REL-AT-E-30254	
	PROGETTO FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI	Pagina 3 di 32	Rev. 0

Rif. TFM: 011-PJM22-001-20-RT-E-3254

## 1 GENERALITÀ

### 1.1 Scopo

Nella presente relazione sono illustrate le caratteristiche dei materiali e le modalità esecutive dell'attraversamento con tecnica T.O.C. della S.S. N. 67 Tosco Romagnola previsto alla progressiva chilometrica 212+690 da parte del metanodotto in progetto "FSRU Ravenna e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti".

L'attraversamento è situato nel territorio comunale di Ravenna inquadrato nel foglio 180 mappali 266, 128 e foglio 170 mappali 32, 28, 27, 26 e 83 dell'U.T.E. (Ufficio Tecnico Erariale-Catasto).

La posa verrà realizzata mediante Trivellazione Orizzontale Controllata (T.O.C.).

Contestualmente alla posa della condotta, sarà posta in opera una polifora portacavi, mediante trivellazione orizzontale controllata separata, ad una distanza compresa tra 8 e 10 m dal metanodotto in progetto.

### 1.2 Elaborati di riferimento

- DIS-AT-5C-37254 Attraversamento in T.O.C. Fiume Ronco e S.S. N. 67 Tosco Romagnola Prog. 212+690

### 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);

*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 "T.O.C." (o "H.D.D.")*: Trivellazione Orizzontale Controllata (Horizontal Directional Drilling) è una tecnologia trenchless finalizzata alla posa della tubazione interrata senza necessità di esecuzione di scavo a cielo aperto.

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> <b>NQ/R22178/L01</b>	<b>UNITÀ</b> <b>20</b>
	<b>LOCALITÀ</b> <b>RAVENNA</b>	<b>SPC. REL-AT-E-30254</b>	
	<b>PROGETTO</b> <b>FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI</b>	Pagina 4 di 32	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. TFM: 011-PJM22-001-20-RT-E-3254

#### 1.4 Normativa di Riferimento

Per la progettazione del tratto a terra sono state prese in considerazione le norme e disposizioni di legge vigenti, costituite dalle seguenti normative:

- *D.M. 17.04.2008* del Ministero dello Sviluppo Economico – 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.
- *D.M. 17.01.2018*: Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni.
- CSLLP Circolare 21/01/2019, n. 7 “Circolare Applicativa - Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni"» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018.”
- 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”
- *D.L. 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”
- 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”
- *D.L. 25 Febbraio 2000*: “Attuazione della direttiva 97/23/CE in materia di attrezzature a pressione”
- *Decreto Legislativo 30 Aprile 1992, n. 285*: “Nuovo Codice della Strada”.
- *Specifiche Snam Rete Gas e documentazione contrattuale.*
- Norme CEI / UNI / EN.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22178/L01	UNITÀ 20
	LOCALITÀ RAVENNA	SPC. REL-AT-E-30254	
	PROGETTO FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI	Pagina 5 di 32	Rev. 0

Rif. TFM: 011-PJM22-001-20-RT-E-3254

## 2 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

L'attraversamento verrà realizzato mediante Trivellazione Orizzontale Controllata, più brevemente definita T.O.C. con la posa di un tubo di linea DN 900 (36") a spessore maggiorato ( $t=14.2\text{mm}$ ).

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

Di seguito vengono riportate le caratteristiche geometriche e meccaniche della condotta oggetto dell'attraversamento.

### 2.1 Caratteristiche geometriche

#### a. Tubo di linea a spessore maggiorato DN 900 (36")

diametro esterno	$D_e$	=	916.4 mm
spessore	$t$	=	14.2 mm
diametro interno	$D_i$	=	888.00 mm
peso per unità di lunghezza	$p$	=	315.92 kg/m

#### b. Tubo portacavi DN 200 (8")

diametro esterno	$D_e$	=	219.10 mm
spessore	$t$	=	7.00 mm
diametro interno	$D_i$	=	205.1 mm
peso per unità di lunghezza	$p$	=	36.61 kg/m

#### c. Trivellazione orizzontale controllata (T.O.C.)

lunghezza trivellazione	$L$	=	437.93 m
distanza orizzontale	$L_1$	=	435.95 m
profondità minima rispetto al piano viabile	$H_1$	=	25.55 m

- Primo tratto rettilineo (senso gas)

angolo di uscita	$\alpha$	=	5° 47'
lunghezza	$L$	=	129.68 m
distanza orizzontale	$L_1$	=	128.99 m

- Tratto curvilineo

lunghezza (sviluppo)	$L$	=	239.00 m
lunghezza orizzontale	$L_1$	=	238.40 m
raggio	$R$	=	1000.00 m

- Secondo tratto rettilineo (senso gas)

Angolo di ingresso	$\alpha$	=	7° 54'
lunghezza	$L$	=	69.25 mm
distanza orizzontale	$L_1$	=	68.53 mm

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> <b>NQ/R22178/L01</b>	<b>UNITÀ</b> <b>20</b>
	<b>LOCALITÀ</b> <b>RAVENNA</b>	<b>SPC. REL-AT-E-30254</b>	
	<b>PROGETTO</b> <b>FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI</b>	Pagina 6 di 32	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. TFM: 011-PJM22-001-20-RT-E-3254

## 2.2 Caratteristiche meccaniche

### a. Tubo di linea a spessore maggiorato DN 900 (36")

tipo di acciaio	L450 NB/MB
carico unitario di snervamento minimo garantito	$R_{t0.5} = 450 \text{ Mpa}$

### b. Tubo portacavi DN 200 (8")

tipo di acciaio	L360 NB/MB
carico unitario di snervamento minimo garantito	$R_{t0.5} = 360 \text{ MPa}$

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22178/L01	UNITÀ 20
	LOCALITÀ RAVENNA	SPC. REL-AT-E-30254	
	PROGETTO FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI	Pagina 7 di 32	Rev. 0

Rif. TFM: 011-PJM22-001-20-RT-E-3254

### 3 CALCOLO DELLO SPESSORE DEL TUBO DI LINEA DN 900 (36")

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:

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

con:

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

Secondo il *DM 17/04/08* le condotte per il trasporto di gas naturale si classificano in funzione della MOP, pressione massima di esercizio:

- 1<sup>a</sup> specie con  $MOP > 24$  bar;
- 2<sup>a</sup> specie con  $12 < MOP \leq 24$  bar;
- 3<sup>a</sup> specie con  $5 < MOP \leq 12$  bar;
- 4<sup>a</sup> specie con  $1.5 < MOP \leq 5$  bar;
- 5<sup>a</sup> specie con  $0.5 < MOP \leq 1.5$  bar;
- 6<sup>a</sup> specie con  $0.04 < MOP \leq 0.5$  bar;
- 7<sup>a</sup> specie con  $MOP \leq 0.04$  bar.

Il metanodotto in oggetto ha una pressione  $DP$  pari a 75 bar, pertanto si classifica di 1<sup>a</sup> specie e si definisce il grado di utilizzazione  $f$  per le tubazioni di linea pari a **0.72** massimo utilizzabile (*punto 2.1 DM 17/04/08*).

Deve comunque essere garantito uno spessore minimo  $t_{\min 2}$ , come specificato nel punto 2.1 del *DM 17/04/08*, pari a:

- 1,8 mm per diametri esterni fino a 30 mm;
- 2,3 mm per diametri esterni oltre 30 mm e fino a 65 mm;
- 2,6 mm per diametri esterni oltre 65 mm e fino a 160 mm;
- 3,5 mm per diametri esterni oltre 160 mm e fino a 325 mm;
- 4,5 mm per diametri esterni oltre 325 mm e fino a 450 mm;
- 1% del diametro esterno per diametri esterni oltre i 450 mm.

Il metanodotto in progetto prevede l'utilizzo di una condotta DN 900, quindi si considera  $t_{\min 2} = 1\% \text{ DN } 9,16 \text{ mm}$ , come minimo di legge.



	PROGETTISTA <b>techfem</b>	COMMESSA <b>NQ/R22178/L01</b>	UNITÀ <b>20</b>
	LOCALITÀ <b>RAVENNA</b>	<b>SPC. REL-AT-E-30254</b>	
	PROGETTO <b>FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI</b>	Pagina 8 di 32	Rev. <b>0</b>

Rif. TFM: 011-PJM22-001-20-RT-E-3254

Sempre per condotte di 1° specie, nel caso in cui non siano rispettate le condizioni elencate nel *punto 2.5 del DM 17/04/08*, lo spessore minimo deve essere calcolato aumentando del 25% la pressione di progetto, come indicato nella seguente formula:

$$t \geq t_{\min 1} [\text{mm}] = \frac{(1.25 \times DP \times D)}{(20 \times s_p)}$$

Il valore utilizzabile per lo spessore della condotta deve essere maggiore del massimo, tra lo spessore minimo di legge ( $t_{\min 2}$ ), e quello calcolato ( $t_{\min 1}$ ).

A seguire si riportano in *Tabella 1 e 2* i risultati dei calcoli sopra esposti per il caso in oggetto congiuntamente con la verifica dello spessore selezionato.

VERIFICA SPESSORE DI LINEA DELLA CONDOTTA SECONDO IL D.M. 17/04/2008								
DN [mm]	D [mm]	DP [bar]	R <sub>t0.5</sub> [Mpa]	f	sp [MPa]	t <sub>min1</sub> [mm]	t <sub>min2</sub> [mm]	t [mm]
900	916.4	75.0	450.0	0.72	324	10.61	9.16	14.2
t > t <sub>min</sub> VERIFICATO								

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

VERIFICA SPESSORE DI LINEA DELLA CONDOTTA SECONDO IL D.M. 17/04/2008								
DN [mm]	D [mm]	DP [bar]	R <sub>t0.5</sub> [Mpa]	f	sp [MPa]	t <sub>min1</sub> [mm]	t <sub>min2</sub> [mm]	t [mm]
900	916.4	75.0	450.0	0.57	256.5	13.40	9.16	14.2
t > t <sub>min</sub> VERIFICATO								

**Tabella 2.** Verifica dello spessore di linea con un incremento del 25% della pressione di progetto secondo il D.M. 17/04/2008 attraverso l'uso del fattore di utilizzazione adottato fm=0.57 (GASD C.04.01.00)

Essendo che il valore utilizzato per la condotta in progetto (DN 900 (36") con s= 14.2 mm) è nettamente superiore a quello minimo di legge (s=13.40 mm), la verifica allo spessore, **risulta ampiamente soddisfatta.**

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22178/L01	UNITÀ 20
	LOCALITÀ RAVENNA	SPC. REL-AT-E-30254	
	PROGETTO FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI	Pagina 9 di 32	Rev. 0

Rif. TFM: 011-PJM22-001-20-RT-E-3254

## 4 DIMENSIONAMENTO E VERIFICA DEL TUBO DI LINEA

In riferimento a quanto previsto al punto 2.7 del DM 17/04/08, il tubo di linea deve essere dimensionato in relazione ai carichi esterni agenti (diametro, spessore, tipo di acciaio) in modo che risultino verificate le massime sollecitazioni cui è soggetto durante le fasi di messa in opera a tubo vuoto non in pressione, ritenuta la condizione più cautelativa. Sono determinate le condizioni tenso-deformative del tubo di linea in relazione alla profondità di posa e al massimo carico mobile transitante.

### 4.1 Parametri geotecnici

Per la definizione dei parametri geotecnici si fa riferimento alla campagna di sondaggi svolti a settembre 2022 per conto Snam Rete Gas ed alla campagna di sondaggi svolta nel 2017 per conto Snam Rete Gas (rif. relaz. Comis LSC-202-1).

L'analisi bibliografica, le indagini eseguite, unitamente alle osservazioni di superficie fatte con il rilevamento geologico hanno consentito la ricostruzione della stratigrafia del sito e sono state desunte le caratteristiche geotecniche dei terreni di fondazione.

Nel dettaglio, il modello geotecnico desunto dal sondaggio prossimo all'attraversamento (sondaggio SG 7) spinto fino alla profondità di 25 m. Le indagini hanno evidenziato la presenza di terreni argillosi debolmente limosi fino alla profondità di 4.40m, sabbia limosa moderatamente addensata fino a 5.50m, ghiaia piccola con ghiaietto ben arrotondata con scarsa matrice sabbiosa fino a 8.00 m, sabbia poco addensata con livelli debolmente limosi poco consistenti fino a 17.00 m e terreni costituiti da sabbia fine debolmente limosa moderatamente addensata fino alla profondità di circa 24.5 m.

Per un dettaglio dell'ubicazione e la stratigrafia dei sondaggi svolti vedi DIS-AT-5C-37254.

Gli elementi di conoscenza ricavati dall'esame comparato con l'indagine eseguita e con la bibliografia esistente, risultano più che sufficienti per giungere alla caratterizzazione geotecnica dei terreni.

Nella fattispecie, l'attraversamento in T.O.C. della S.S. 67 Tosco Romagnola avviene ad una profondità minima di 25.55 m riferito al piano strada e correlando i dati ottenuti dai sondaggi geognostici, la trivellazione orizzontale controllata intercetta sedimenti fini costituiti da sabbia debolmente limosa ghiaiosa.

I parametri per la zona interessata dall'attraversamento desunti dalle indagini sono quindi:

$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\gamma_{sat}$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\Phi$ [°]
15.4	19.8	33

**Tabella 3.** Riassunto dei parametri geotecnici.

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> <b>NQ/R22178/L01</b>	<b>UNITÀ</b> <b>20</b>
	<b>LOCALITÀ</b> <b>RAVENNA</b>	<b>SPC. REL-AT-E-30254</b>	
	<b>PROGETTO</b> <b>FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI</b>	Pagina 10 di 32	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. TFM: 011-PJM22-001-20-RT-E-3254

Al termine delle operazioni di sondaggio è stato misurato il livello della falda che risulta essere presente ad una profondità di circa 4.30 metri dal piano campagna, tuttavia si assume cautelativamente la falda a livello campagna.

## 4.2 Analisi dei carichi sul tubo di linea

Il tubo di linea (vuoto e non in pressione) è dimensionato in base ai carichi a cui sarà sottoposto durante le fasi di messa in opera:

- carico geostatico dovuto al terreno sovrastante il tubo;
- carico idrostatico (in presenza di falda);
- carico variabile da traffico veicolare sulla superficie stradale;
- peso proprio della tubazione.

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

con:

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

Tuttavia, in condizione esecutiva di posa in opera mediante T.O.C., per determinare l'entità e la distribuzione delle azioni effettivamente agenti sul tubo di linea, 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 T.O.C. si ritiene possa dar luogo all'effetto arco, senza instabilizzazione della colonna verticale direttamente sovrastante il tubo di linea. 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.

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> <b>NQ/R22178/L01</b>	<b>UNITÀ</b> <b>20</b>
	<b>LOCALITÀ</b> <b>RAVENNA</b>	<b>SPC. REL-AT-E-30254</b>	
	<b>PROGETTO</b> <b>FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI</b>	Pagina 11 di 32	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. TFM: 011-PJM22-001-20-RT-E-3254

Facendo riferimento alla teoria di Marston-Spangler<sup>1</sup>, adattata al caso, si determinano le modalità di calcolo attinenti alla condizione in cui non viene intaccato in modo diretto il prisma di terreno sovrastante la tubazione. Il carico per unità di lunghezza del manufatto, dato dal peso specifico del terreno sul tubo in condizioni trenchless deriva da:

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

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).

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

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

con:

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

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

con:

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

$$\mu = \tan \phi$$

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

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

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  $\phi$  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,

<sup>1</sup> - 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.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22178/L01	UNITÀ 20
	LOCALITÀ RAVENNA	SPC. REL-AT-E-30254	
	PROGETTO FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI	Pagina 12 di 32	Rev. 0

Rif. TFM: 011-PJM22-001-20-RT-E-3254

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.

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

CALCOLO DEL CARICO GEOSTATICO					
$L_t$ [m]	$\mu$	$k_a$	$c_d$	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$G_t$ [kN/m]
0,92	0,65	0,295	2,61	19,8	43,43

*Tabella 4. Riassunto dei valori calcolati*

#### 4.2.2 Carico idrostatico

In presenza di falda il tubo interrato è soggetto 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:

- $D_e$ : diametro esterno del tubo di linea in mm;
- $\gamma_w$ : 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.

Nel caso di trenchless profonde come quelle per tecnologia T.O.C., in terreni argillosi che risultano altamente addensati, il carico idrostatico viene cautelativamente integrato attraverso il carico geotecnico dovuto al prisma di terreno soprastante mediante peso specifico saturo, ovvero in tensioni totali.

Ritenendo inoltre influente il livello di acqua a 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]	$\gamma_w$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$h_w$ [m]	$h_r$ [m]	$H$ [m]	$G_w$ [kN/m]
0,92	10,00	0	2,8	25,7	214,05

*Tabella 5. Riassunto dei valori calcolati*

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22178/L01	UNITÀ 20
	LOCALITÀ RAVENNA	SPC. REL-AT-E-30254	
	PROGETTO FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI	Pagina 13 di 32	Rev. 0

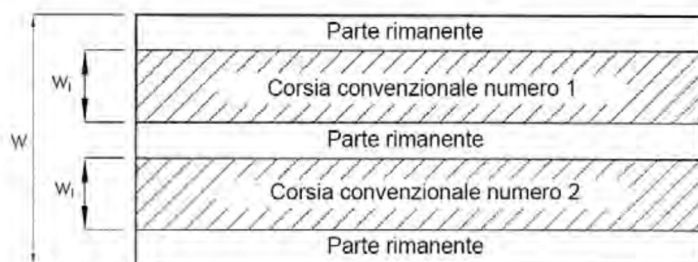
Rif. TFM: 011-PJM22-001-20-RT-E-3254

Vista la presenza dei fossi laterali, cautelativamente si assume la falda a livello campagna, ovvero  $h_w = 0.00$  m, risultando così un carico idrostatico  $G_w = 214,05$  kN/m

#### 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 17/01/2018. 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;
- $w_l$ : 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 6*;
- $w-(n_c \times w_l)$ : larghezza rimanente della carreggiata.

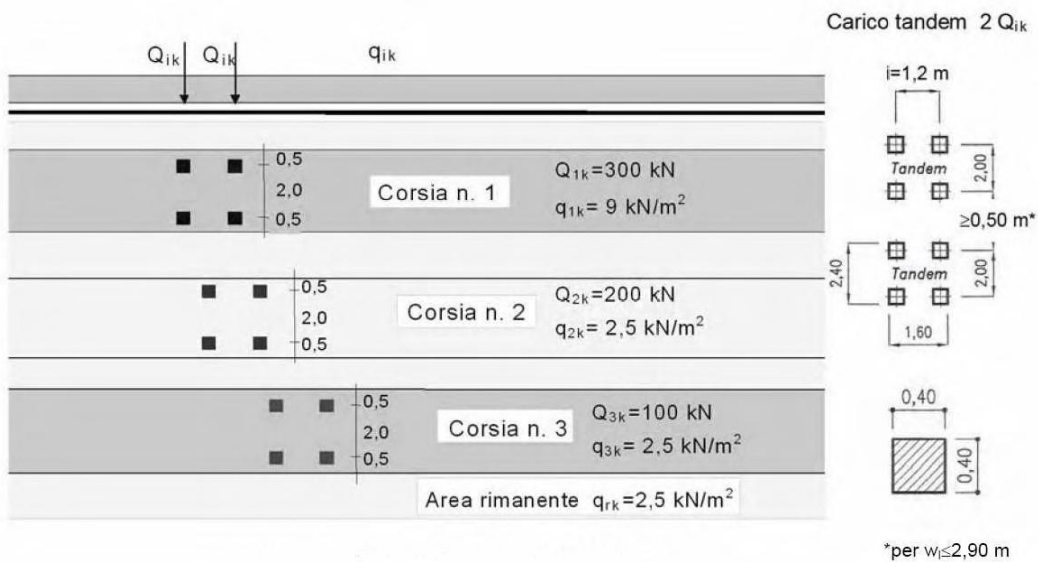
	PROGETTISTA <b>techfem</b>	COMMESSA <b>NQ/R22178/L01</b>	UNITÀ <b>20</b>
	LOCALITÀ <b>RAVENNA</b>	<b>SPC. REL-AT-E-30254</b>	
	PROGETTO <b>FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI</b>	Pagina 14 di 32	Rev. <b>0</b>

Rif. TFM: 011-PJM22-001-20-RT-E-3254

DEFINIZIONE DELLE CORSIE CONVENZIONALI			
Larghezza di carreggiata $w$ [m]	Numero di corsie convenzionali $n_c$	larghezza della corsia convenzionale $w_i$ [m]	Larghezza della zona rimanente $w - (n_c \times w_i)$ [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 6.** Numero e larghezza delle corsie convenzionali

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 17/01/2018: 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)



	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22178/L01	UNITÀ 20
	LOCALITÀ RAVENNA	SPC. REL-AT-E-30254	
	PROGETTO FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI	Pagina 15 di 32	Rev. 0

Rif. TFM: 011-PJM22-001-20-RT-E-3254

I valori di  $Q_k$  e  $q_k$  sono definiti nella *Tabella 7* sotto riportata:

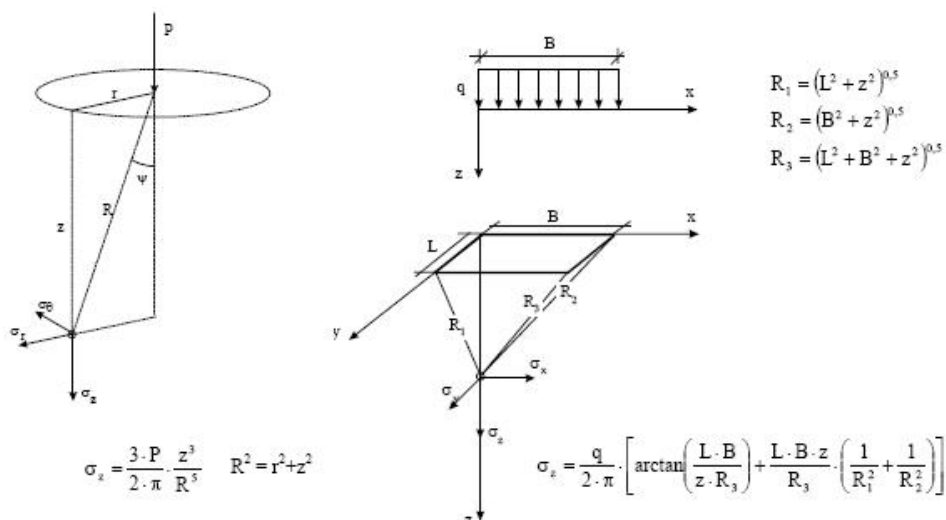
INTENSITA' DEI CARICHI		
Posizione	Carico asse concentrato $Q_{ik} [kN]$	Carico uniformemente distribuito $q_{ik} [kN/m^2]$
Corsia principale	300.00	9.00
1 <sup>a</sup> corsia di sorpasso	200.00	2.50
2 <sup>a</sup> corsia di sorpasso	100.00	2.50
Altre corsie	0.00	2.50
Parte restante	0.00	2.50

**Tabella 7.** 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 sulla tubazione 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 di 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



	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22178/L01	UNITÀ 20
	LOCALITÀ RAVENNA	SPC. REL-AT-E-30254	
	PROGETTO FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI	Pagina 16 di 32	Rev. 0

Rif. TFM: 011-PJM22-001-20-RT-E-3254

Nella Figura 3 sono riportate le espressioni di  $\sigma_z$  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 condotta a profondità H risulta:

$$G_m = \sigma_z \cdot L_t$$

con:

- $\sigma_z$ : 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 [kN]	Posizione carico		Distanza orizzontale r [m]	Distanza R [m]	Tensione indotta $\sigma_z$ [kN/m <sup>2</sup> ]
		x [m]	y [m]			
Corsia n.1	150	-0,6	-1	1,17	25,73	0,108
	150	-0,6	1	1,17	25,73	0,108
	150	0,6	1	1,17	25,73	0,108
	150	0,6	-1	1,17	25,73	0,108
Corsia n.2	150	-0,6	-2	2,09	25,78	0,107
	150	-0,6	-4	4,04	26,02	0,102
	150	0,6	-4	4,04	26,02	0,102
	150	0,6	-2	2,09	25,78	0,107
Corsia n.3	-	-	-	-	-	-
	-	-	-	-	-	-
	-	-	-	-	-	-
	-	-	-	-	-	-
Parte restante	-	-	-	-	-	-
	-	-	-	-	-	-
	-	-	-	-	-	-
	-	-	-	-	-	-
Tensione indotta totale					$\Sigma \sigma_z =$	0.85

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

	PROGETTISTA <b>techfem</b>	COMMESSA NQ/R22178/L01	UNITÀ 20
	LOCALITÀ RAVENNA	SPC. REL-AT-E-30254	
	PROGETTO FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI	Pagina 17 di 32	Rev. 0

Rif. TFM: 011-PJM22-001-20-RT-E-3254

CALCOLO DELLE TENSIONE INDOTTE (carico distribuito)							
Corsia	Carico q	Dimensioni carico		Distanze			Tensione indotta $\sigma_z$
		L	B	R <sub>1</sub>	R <sub>2</sub>	R <sub>3</sub>	
	[kN/m <sup>2</sup> ]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[kN/m <sup>2</sup> ]
Corsia n.1	9,00	3,00	0,92	25,87	25,72	25,89	0,035
Corsia n.2	9,00	3,00	0,92	25,87	25,72	25,89	0,035
Corsia n.3	-	-	-	-	-	-	-
Parte restante	-	-	-	-	-	-	-
Tensione indotta totale						$\Sigma\sigma_z =$	0.07

Tabella 9. Incremento di pressioni dovuto ai carichi variabili da traffico (uniformemente distribuito).

CALCOLO DEL CARICO VARIABILE DOVUTO AL TRAFFICO				
$\sigma_{zQ}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\sigma_{zq}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\Sigma\sigma_z$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$L_t$ [m]	$G_m$ kN/m
0,85	0,07	0,92	0,92	0,84

Tabella 10. Riassunto dei valori calcolati

#### 4.2.4 Peso proprio della condotta

Nella seguente tabella si definisce il peso proprio per unità di lunghezza del tubo di linea G<sub>p</sub>, il valore del carico permanente agente sul tubo stesso:

CALCOLO DEL PESO PROPRIO			
D <sub>e</sub> [m]	$\gamma_s$ [kN/m <sup>3</sup> ]	t [mm]	G <sub>p</sub> [kN/m]
0,9164	78,5	14,20	315,92

Tabella 11. Riassunto dei valori calcolati

### 4.3 Calcolo delle deformazioni e verifica all'ovalizzazione

L'espressione delle deformazioni  $\Delta x$  per condotte interrate flessibili dovute ad un carico generico G<sub>k</sub> 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:

- E: modulo di elasticità dell'acciaio;

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22178/L01	UNITÀ 20
	LOCALITÀ RAVENNA	SPC. REL-AT-E-30254	
	PROGETTO FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI	Pagina 18 di 32	Rev. 0

Rif. TFM: 011-PJM22-001-20-RT-E-3254

- $c_x$ : 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  $\frac{(D-t)}{2}$ ;
- $k_\beta$ : coefficiente di deflessione, funzione dell'angolo  $\beta$  di appoggio tra tubo e terreno, desunto dai valori riportati in *Tabella 12*; per posa con tecnica T.O.C. si considera un rinterro con  $\beta=180^\circ$ ;

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

**Tabella 12.** Valori di  $k_\beta$  in funzione di  $\beta$

- $E_t$ : modulo di reazione laterale del terreno di riempimento in funzione del grado di compattazione; il materiale di rinterro nel caso di T.O.C. 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:

$$G_d = G_t + G_w + G_p$$

$$G_{md} = G_m$$

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22178/L01	UNITÀ 20
	LOCALITÀ RAVENNA	SPC. REL-AT-E-30254	
	PROGETTO FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI	Pagina 19 di 32	Rev. 0

Rif. TFM: 011-PJM22-001-20-RT-E-3254

CALCOLO DELLA DEFORMAZIONE DOVUTA AI CARICHI PERMANENTI							
$E$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$J$ [mm <sup>3</sup> ]	$c_x$	$G_d$ [N/mm]	$k_\beta$	$R_m$ [mm]	$E_t$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\Delta x_d$ [mm]
210000	238,61	1,5	282,10	0,083	451,1	27,6	15,753

Tabella 13. Ovalizzazione dovuta ai carichi permanenti.

CALCOLO DELLA DEFORMAZIONE DOVUTA AL CARICO VARIABILE							
$E$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$J$ [mm <sup>3</sup> ]	$c_x$	$G_{md}$ [N/mm]	$k_\beta$	$R_m$ [mm]	$E_t$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\Delta x_{md}$ [mm]
210000	238,61	1,5	0,84	0,083	451,1	27,6	0,047

Tabella 14. Riassunto del carico variabile

La deformazione complessiva  $\Delta x_{tot}$  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 tubo e della tipologia dell'attraversamento. Al fine di operare un giusto compromesso tra la sicurezza strutturale del tubo 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			
$\Delta x_d$ [mm]	$\Delta x_{md}$ [mm]	$\Delta x_{tot}$ [mm]	$\Delta x_{amm}$ [mm]
15,753	0,047	15,800	27,00
$\Delta x_{tot} < \Delta x_{amm}$ VERIFICATO			

Tabella 15. Riassunto dei valori calcolati

#### 4.4 Calcolo delle sollecitazioni e verifica della resistenza del tubo di linea

Il calcolo delle sollecitazioni massime nelle varie sezioni della condotta (verticale inferiore, superiore e orizzontale mediana) è effettuato in funzione delle deformazioni secondo le seguenti espressioni:

- Sezione verticale inferiore:

	PROGETTISTA <b>techfem</b>	COMMESSA <b>NQ/R22178/L01</b>	UNITÀ <b>20</b>
	LOCALITÀ <b>RAVENNA</b>	<b>SPC. REL-AT-E-30254</b>	
	PROGETTO <b>FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI</b>	Pagina 20 di 32	Rev. <b>0</b>

Rif. TFM: 011-PJM22-001-20-RT-E-3254

$$M_b = \Delta x_{tot} \cdot \left( \frac{k_b}{k_\beta} \right) \cdot \frac{EJ}{R_m^2}$$

- Sezione verticale superiore:

$$M_t = \Delta x_{tot} \cdot \left( \frac{k_t}{k_\beta} \right) \cdot \frac{EJ}{R_m^2}$$

- Sezione verticale mediana:

$$M_s = \Delta x_{tot} \cdot \left( \frac{k_s}{k_\beta} \right) \cdot \frac{EJ}{R_m^2}$$

con:

- $E$ : modulo di elasticità dell'acciaio;
- $J$ : momento di inerzia della parete dell'anello pari a  $\frac{t^3}{12}$ ;
- $R_m$ : raggio medio dell'anello pari a  $\frac{(D-t)}{2}$ ;
- $\Delta x_{tot}$ : deformazione totale calcolata moltiplicando le azioni per i coefficienti parziali di sicurezza relativi alle combinazioni di carico agli SLU.

Secondo tali combinazioni di carico i valori di calcolo rispettivamente per i carichi permanenti e variabili  $G_d$  e  $G_{md}$  agenti sulla tubazione interrata in esame sono:

$$G_d = \gamma_{G1} \cdot G_t + \gamma_{G1} \cdot G_p + \gamma_{G1} \cdot G_w$$

$$G_{md} = \gamma_{Q1} \cdot G_m$$

con:

- $\gamma_{G1}$ : coefficiente moltiplicativo dei carichi permanenti strutturali pari a 1.00 se favorevoli, 1.35 se sfavorevoli (per condotta interrata il terreno è considerato alla pari di un carico permanente strutturale);
- $\gamma_{Q1}$ : coefficiente moltiplicativo dei carichi variabili da traffico pari a 0.00 se favorevoli, 1.35 se sfavorevoli.

CALCOLO CARICO PERMANENTE				
$G_t$ [kN/m]	$G_p$ [kN/m]	$G_w$ [kN/m]	$\gamma_{G1}$	$G_d$ [kN/m]
43,43	3,16	235,51	1,35	380,83

**Tabella 16.** Riassunto del calcolo del carico permanente

	PROGETTISTA <b>techfem</b>	COMMESSA NQ/R22178/L01	UNITÀ 20
	LOCALITÀ RAVENNA	SPC. REL-AT-E-30254	
	PROGETTO FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI	Pagina 21 di 32	Rev. 0

Rif. TFM: 011-PJM22-001-20-RT-E-3254

CALCOLO CARICO VARIABILE		
$G_m$ [kN/m]	$Y_{Q1}$	$G_{md}$ [kN/m]
0,84	1,35	1,14

**Tabella 17.** Riassunto del calcolo del carico variabile

CALCOLO DELLE SOLLECITAZIONI NELLA SEZIONE VERTICALE INFERIORE						
$\Delta x_{tot}$ [mm]	$K_b$	$K_\beta$	$E$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$J$ [mm <sup>3</sup> ]	$R_m$ [mm]	$M_b$ [N]
21,33	0,125	0,083	210000	238,61	451,1	7910,25

**Tabella 18.** Riassunto del calcolo delle sollecitazioni della sezione verticale inferiore

CALCOLO DELLE SOLLECITAZIONI NELLA SEZIONE VERTICALE SUPERIORE						
$\Delta x_{tot}$ [mm]	$K_t$	$K_\beta$	$E$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$J$ [mm <sup>3</sup> ]	$R_m$ [mm]	$M_t$ [N]
21,33	0,125	0,083	210000	238,61	451,1	7910,25

**Tabella 19.** Riassunto del calcolo delle sollecitazioni della sezione verticale superiore

CALCOLO DELLE SOLLECITAZIONI NELLA SEZIONE VERTICALE MEDIANA						
$\Delta x_{tot}$ [mm]	$K_s$	$K_\beta$	$E$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$J$ [mm <sup>3</sup> ]	$R_m$ [mm]	$M_s$ [N]
21,33	0,125	0,083	210000	238,61	451,1	7910,25

**Tabella 20.** Riassunto del calcolo delle sollecitazioni della sezione verticale mediana

Mentre le tensioni circonferenziali sono così ottenute:

- Sezione verticale inferiore:

$$\sigma_b = \frac{M_b}{W}$$

- Sezione verticale superiore:

$$\sigma_t = \frac{M_t}{W}$$

- Sezione verticale mediana:

$$\sigma_s = \frac{M_s}{W}$$

	PROGETTISTA <b>techfem</b>	COMMESSA <b>NQ/R22178/L01</b>	UNITÀ <b>20</b>
	LOCALITÀ <b>RAVENNA</b>	<b>SPC. REL-AT-E-30254</b>	
	PROGETTO <b>FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI</b>	Pagina 22 di 32	Rev. <b>0</b>

Rif. TFM: 011-PJM22-001-20-RT-E-3254

con:

- $W$ : modulo di rigidezza flessionale della parete del tubo pari a

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

- $t$ : spessore del tubo di linea.
- $K_b, K_t, K_s$ : coefficienti adimensionali calcolati in funzione dell'angolo di appoggio secondo la *Tabella 21*;

$\beta [^\circ]$	$K_b$	$K_t$	$K_s$
0	0.294	0.153	0.150
30	0.235	0.152	0.148
60	0.189	0.147	0.143
90	0.157	0.14	0.137
120	0.138	0.133	0.131
150	0.128	0.127	0.126
180	0.125	0.125	0.125

**Tabella 21.** Valori di  $K_b, K_t, K_s$  in funzione di  $\beta$

Si verifica che l'acciaio, sottoposto alle tensioni circonferenziali calcolate, si mantenga in campo elastico e che quindi siano minori del carico unitario di snervamento:

$$\sigma_{\max} < \sigma_{\text{amm}} = \frac{R_{t0.5}}{\gamma_M}$$

con:

- $\gamma_M$ : coefficiente di sicurezza pari a 1.05 (DM 17/01/2018)

<b>VERIFICA DELLA RESISTENZA DEL TUBO DI LINEA</b>							
$W$ $mm^2$	$\sigma_b$ $[N/mm^2]$	$\sigma_t$ $[N/mm^2]$	$\sigma_s$ $[N/mm^2]$	$\gamma_M$	$R_{t0.5}$ $MPa$	$\sigma_{\max}$ $[N/mm^2]$	$\sigma_{\text{amm}}$ $[N/mm^2]$
33,61	235,38	235,38	235,38	1,05	450	235,38	428,57
<b><math>\sigma_{\max} &lt; \sigma_{\text{amm}}</math> VERIFICATO</b>							

**Tabella 22.** Verifica della resistenza del tubo di linea

#### 4.5 Verifica al buckling

Si verifica che le caratteristiche del tubo impediscano fenomeni di plasticizzazione innescati con la pressione esercitata dai carichi verticali agenti sulla sezione del tubo (verifica al buckling).

Per un anello circolare sottoposto a pressione esterna uniforme il valore della pressione critica vale (ved. Tabella 23):

	PROGETTISTA <b>techfem</b>	COMMESSA <b>NQ/R22178/L01</b>	UNITÀ <b>20</b>
	LOCALITÀ <b>RAVENNA</b>	<b>SPC. REL-AT-E-30254</b>	
	PROGETTO <b>FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI</b>	Pagina 23 di 32	Rev. <b>0</b>

Rif. TFM: 011-PJM22-001-20-RT-E-3254

$$(1) p_{cr} = \frac{E \cdot t^3}{4 \cdot R_m^3 \cdot (1 - \nu^2)} \quad \text{per } \sigma_{cr} = \frac{p_{cr} \cdot R_m}{t} < R_{t0.5}$$

$$(2) p_{cr} = \frac{t}{R_m} \cdot \frac{(R_{t0.5})}{\left(1 + 4 \cdot \frac{(R_{t0.5} \cdot R_m^2)}{E \cdot t^2}\right)} \quad \text{per } \sigma_{cr} = \frac{p_{cr} \cdot R_m}{t} \geq R_{t0.5}$$

con:

- $\nu$ : modulo di Poisson;
- $E$ : modulo elastico dell'acciaio;
- $R_m$ : raggio medio;
- $t$ : spessore del tubo di linea.

CALCOLO DELLA PRESSIONE CRITICA						
$E$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\nu$	$t$ [mm]	$R_m$ [mm]	$R_{t0.5}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{cr}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$p_{cr}$ [N/mm <sup>2</sup> ]
210000	0,3	14,2	451,1	450	57,16747	1,80

**Tabella 23.** Calcolo della pressione critica nel caso in esame

Se in presenza di ovalizzazione iniziale  $\Delta x$ , la pressione critica si riduce ed è data dalla soluzione dell'equazione:

$$p_{sn}^2 - B \cdot p_{sn} + C = 0$$

$$p_{sn} = \frac{\sqrt{(B - (2 \cdot B - 4 \cdot C))}}{2}$$

dove B, C sono tutti calcolati in funzione di  $P_{cr}$  calcolato in precedenza con l'espressione (1) o (2):

$$B = \frac{R_{t0.5} / \gamma_M}{m} + (1 + 6 \cdot m \cdot n) p_{cr}$$

$$C = \frac{R_{t0.5} / \gamma_M}{m} p_{cr}$$

con:

- $m = \frac{R_m}{t}$
- $n = \frac{\Delta x}{R_m}$



	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22178/L01	UNITÀ 20
	LOCALITÀ RAVENNA	SPC. REL-AT-E-30254	
	PROGETTO FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI	Pagina 24 di 32	Rev. 0

Rif. TFM: 011-PJM22-001-20-RT-E-3254

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 linea in mm;
- $P_{vd}'$ : carico verticale totale dato dalla somma del carico geostatico  $G_t$ , idrostatico  $G_w$ , peso proprio della tubazione di linea  $G_p$  e carichi mobili  $G_m$  secondo la seguente espressione e mostrato nella *Tabella 24*:

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

CALCOLO DEL CARICO VERTICALE TOTALE						
$G_p$ [kN/m]	$G_t$ [kN/m]	$G_w$ [kN/m]	$G_m$ [kN/m]	$\gamma_{G1}$	$\gamma_{Q1}$	$P_{vd}'$ [kN/m]
3,16	43,43	235,51	0,84	1,35	1,35	381,97

*Tabella 24. Calcolo del carico verticale totale*

La verifica al buckling del caso in esame viene riportata nella seguente Tabella 25:

VERIFICA AL BUCKLING							
$m$	$n$	$B$	$C$	$D_e$ [mm]	$p_{cr}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$p_{sn}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$p_{vd}$ [N/mm <sup>2</sup> ]
31,77	0,05	31,51	24,28	916,40	1,80	0,79	0,42
$p_{vd} < p_{sn}$ VERIFICATO							

*Tabella 25. Verifica al buckling*

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22178/L01	UNITÀ 20
	LOCALITÀ RAVENNA	SPC. REL-AT-E-30254	
	PROGETTO FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI	Pagina 25 di 32	Rev. 0

Rif. TFM: 011-PJM22-001-20-RT-E-3254

## 5 CARATTERISTICHE TECNICHE DELLE CONDOTTE IN OPERA

### 5.1 Tubo di Linea DN 900 (36")

La condotta è costituita da tubi DN 900 (36") in acciaio EN L450 NB/MB di spessore maggiorato pari a 14.2 mm. Le estremità sono 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 3.30 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 Protezione Catodica

La condotta interrata è protetta dalla corrosione con:

- una protezione passiva esterna in polietilene, di adeguato spessore, ed un rivestimento interno in vernice epossidica; i giunti di saldatura sono rivestiti in cantiere con fasce termorestringenti di polietilene;
- una protezione attiva (catodica), attraverso un sistema di corrente impressa con apparecchiature poste lungo la linea che rende il metallo della condotta elettricamente più negativo rispetto all'elettrolita circostante (terreno, acqua, ecc.).

La protezione attiva viene effettuata mediante trasformatori dotati di circuiti automatici che mantengono il potenziale della tubazione più negativo o pari a -1V rispetto all'elettrodo di riferimento Cu - CuSO<sub>4</sub>.

### 5.3 Polifora Portacavi e telecontrollo

Negli attraversamenti in T.O.C., insieme alla condotta sarà posta in opera una polifora portacavi costituita da 3 tubi in PEAD DN 50-PN16 rigati internamente con diametro interno 36,2 mm e diametro esterno 50 mm.

All'interno di uno dei 3 tubi in PEAD verrà alloggiato il cavo per telemisura e telecontrollo a sussidio del gasdotto, mentre gli altri due tubi portacavo hanno funzione di scorta e manutenzione.

I tubi in PEAD DN 50 saranno alloggiati all'interno di un tubo in ferro DN 200 (8") di spessore 7.0 mm denominato tubo di protezione per polifora portacavi che verrà posato mediante trivellazione orizzontale controllata dedicata, ad una distanza compresa tra 8 e 10 m dal metanodotto in progetto.

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> <b>NQ/R22178/L01</b>	<b>UNITÀ</b> <b>20</b>
	<b>LOCALITÀ</b> <b>RAVENNA</b>	<b>SPC. REL-AT-E-30254</b>	
	<b>PROGETTO</b> <b>FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI</b>	Pagina 26 di 32	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. TFM: 011-PJM22-001-20-RT-E-3254

## 6 GEOMETRIA E MODALITÀ ESECUTIVE

### 6.1 Geometria dell'attraversamento

La geometria dell'attraversamento indicata nell'allegato DIS-AT-5C-37254, tiene conto di quanto previsto nel *D.M.17/04/2008*.

Le coperture della T.O.C. rispetto al piano viabile sono da considerarsi valori minimi da rispettare durante l'esecuzione della trivellazione controllata, 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 Telecontrollo/telecomando

A sussidio del metanodotto principale, lungo la condotta, sarà predisposta e messa in opera una polifora portacavi telecomunicazioni, con cavo di telecontrollo; la polifora sarà interrotta nelle posizioni più opportune da pozzetti rompitratta per favorire sia l'infilaggio del cavo telecomunicazioni sia per l'alloggiamento delle giunzioni delle pezzature di cavo telecomunicazione. La polifora sarà composta da una serie di 3 tubi in PEAD PN16 rigati internamente con diametro interno 36,2 mm e diametro esterno 50 mm. Nei tratti in cui la condotta sarà posata in trenchless, anche la polifora sarà posata con la medesima tecnologia, ubicata ad una distanza compresa tra 8 e 10 m dal metanodotto in progetto.

### 6.3 Modalità esecutive della posa del metanodotto in progetto

L'utilizzo della tecnica T.O.C. ha come vantaggio quello di poter mantenere la viabilità dell'infrastruttura da attraversare e di evitare possibili cedimenti della sede stradale.

La strada provinciale non verrà interessata dai lavori, la profondità minima della tubazione dal piano stradale sarà maggiore di 25.55 m e non saranno necessarie opere di ripristino.

Nell'elaborato grafico di dettaglio DIS-AT-5C-37254 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;
- Lunghezza complessiva della T.O.C. e lunghezze parziali dei tratti rettilinei e curvilinei
- Angoli di ingresso e uscita e raggio di curvatura;
- Copertura minima dal piano campagna;
- Dimensioni indicative dell'area per la catenaria di varo;

#### 6.3.1 Descrizione generale metodologia T.O.C.

Il procedimento della Trivellazione Orizzontale Controllata è un miglioramento della tecnologia e dei metodi sviluppati per la perforazione direzionale di pozzi petroliferi.

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> <b>NQ/R22178/L01</b>	<b>UNITÀ</b> <b>20</b>
	<b>LOCALITÀ</b> <b>RAVENNA</b>	<b>SPC. REL-AT-E-30254</b>	
	<b>PROGETTO</b> <b>FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI</b>	Pagina 27 di 32	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. TFM: 011-PJM22-001-20-RT-E-3254

Il procedimento impiegato nella maggioranza degli attraversamenti mediante Trivellazione Orizzontale Controllata è a due fasi. La prima consiste nella trivellazione di un foro pilota di piccolo diametro lungo un profilo direzionale prestabilito.

La seconda implica l'allargamento di questo foro pilota fino ad un diametro tale da permettere l'alloggiamento, tramite il tiro-posa, del servizio da porre in opera.

#### 1. Esecuzione del foro pilota e controllo direzionale

Il foro pilota viene realizzato facendo avanzare la batteria di aste pilota con in testa una lancia a getti di fango bentonitico che consente il taglio del terreno (jetting).

Nelle fasi di esecuzione del foro pilota, così come nelle successive fasi di alesaggio e varo della condotta, sarà previsto il monitoraggio in continuo della pressione del fango di perforazione al fine di eliminare ogni possibile interferenza tra le operazioni di trivellazione ed il sistema fisico circostante.

Al fine di minimizzare le interferenze con l'ambiente esterno e con le falde acquifere (a carattere esclusivamente fisico e comunque di entità molto limitata) si prevederà l'utilizzo di miscele bentonitiche (fango di perforazione) additivate con polimeri biodegradabili con alto potere coesivo ed alta fluidità con caratteristiche di riduttori di filtrato.

Questi accorgimenti consentiranno la saturazione di eventuali microfessurazioni che dovessero formarsi nell'intorno dell'asse di trivellazione, garantendo che durante l'esecuzione dell'attraversamento non si verifichi la formazione di vie preferenziali di filtrazione lungo l'asse di trivellazione.

La lancia a getti di fango bentonitico, consiste in una asta che presenta una deviazione di circa 1° e dispone di due ugelli, uno centrale rispetto alla testa e l'altro, eccentrico, in asse con la deviazione.

I cambi di direzione necessari sono ottenuti ruotando le aste di perforazione in modo tale che la direzione della deviazione coincida con quella desiderata (asse trivellazione).

Il tracciato del foro pilota sarà controllato durante la trivellazione da frequenti letture dell'inclinazione e dell'azimut all'estremità della testa di perforazione. Queste letture, unite ai dati relativi alla lunghezza delle aste di trivellazione già installate, saranno utilizzate per calcolare le coordinate orizzontali e verticali dell'estremità di testa rapportate al punto di inizio della trivellazione.

Di norma le misurazioni della posizione saranno eseguite ad ogni giunto del tubo pilota (circa 9-10 metri) e riportate sul disegno di progetto del profilo, in modo da avere un riscontro immediato delle eventuali deviazioni. Qualora si evidenziassero delle discordanze, l'asta pilota verrà ritirata per una lunghezza tale da permettere la correzione necessaria. Periodicamente durante la trivellazione del foro pilota, un tubo guida verrà fatto ruotare ed avanzare in modo concentrico sopra l'asta di perforazione pilota. Il tubo guida eviterà il bloccaggio dell'asta pilota, ridurrà gli attriti permettendo di orientare senza difficoltà l'asta di perforazione, e faciliterà il trasposto verso la superficie dei materiali di scavo. Esso, inoltre, manterrà aperto il foro, nel caso di necessità di ritiro dell'asta pilota.

Il foro pilota sarà completato quando sia l'asta pilota che il tubo guida fuoriusciranno alla superficie sul lato opposto al rig. L'asta pilota è quindi ritirata, lasciando il tubo guida lungo il profilo di progetto.

	PROGETTISTA <b>techfem</b>	COMMESSA <b>NQ/R22178/L01</b>	UNITÀ <b>20</b>
	LOCALITÀ <b>RAVENNA</b>	<b>SPC. REL-AT-E-30254</b>	
	PROGETTO <b>FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI</b>	Pagina 28 di 32	Rev. <b>0</b>

Rif. TFM: 011-PJM22-001-20-RT-E-3254

## 2. Alesaggio del foro e tiro-posa della condotta

In base ai riscontri ottenuti durante la perforazione del foro pilota ed in base alle caratteristiche dei terreni attraversati, verrà deciso se effettuare contemporaneamente l'alesaggio ed il tiro della condotta oppure eseguire ulteriore alesaggio.

Questa fase consisterà nell'allargamento del foro pilota per mezzo di un alesatore. Tale operazione potrà essere eseguita prima del tiro-posa della condotta o contemporaneamente ad esso. Nel caso di prealesatura, la fresa ed i relativi accessori verranno fissati al tubo guida nel punto di uscita. Quindi la fresa verrà fatta ruotare e contemporaneamente tirata dal rig di perforazione, allargando in questo modo il foro pilota. Contestualmente all'avanzamento della testa fresante, dietro di essa verranno assemblate nuove aste di tubo guida per garantire la continuità di collegamento all'interno del foro.

Durante le fasi di trivellazione, di prealesatura e di tiro-posa, verrà impiegato del fango bentonitico. Questo fango, opportunamente dosato in base al tipo di terreno, avrà molteplici funzioni quali ridurre gli attriti nelle fasi di scavo, trasportare alla superficie i materiali di scavo, mantenere aperto il foro, lubrificare la condotta nella fase di tiro-posa e garantirne il galleggiamento.

## 3. Attrezzatura di perforazione e di tiro-posa

L'insieme del cantiere di perforazione è costituito dal rig vero e proprio, dall'unità di produzione dell'energia, dalla cabina di comando, dall'unità fanghi, dall'unità approvvigionamento idrico, dall'unità officina e ricambi, dalla trivella, dalle aste pilota, dalle aste di tubo guida, dalle attrezzature di alesaggio e tiro-posa e da una gru di servizio

Tutte queste attrezzature saranno assemblate ed immagazzinate in container in modo da essere facilmente trasportabili su strada "in sagoma".

Nel seguito si riporta una descrizione sommaria delle attrezzature comunemente utilizzate:

- Rig: è costituito da una torre di perforazione posta su di un piano inclinato (slittone). Su di esso, trasla il carrello di perforazione completo con il motore idraulico che permette la rotazione del mandrino. Le aste di perforazione vengono installate sul mandrino e il loro montaggio e smontaggio viene eseguito con morse idrauliche.
- Cabina di comando: all'interno si trovano tutti i dispositivi per manovrare il rig e le altre attrezzature.
- Unità generatore di energia: è necessaria al funzionamento dell'impianto è generalmente costituita da una serie di motori elettrici o a scoppio che producono energia idraulica. Questa energia viene trasmessa al rig tramite la cabina di comando e serve per la traslazione del carrello e la perforazione del carrello.
- Unità fanghi: questa unità è costituita da una vasca, in cui vengono preparati i fanghi bentonitici per mezzo di una tramoggia venturi e di miscelatori; tramite pompe sommerse comandate dall'operatore i fanghi vengono immessi nel circuito. Gli stessi fanghi possono essere riciclati per una successiva utilizzazione grazie ad appositi filtri. La raccolta della bentonite sarà realizzata mediante scavo nel terreno di vasche opportunamente impermeabilizzate.

	PROGETTISTA <b>techfem</b>	COMMESSA <b>NQ/R22178/L01</b>	UNITÀ <b>20</b>
	LOCALITÀ <b>RAVENNA</b>	<b>SPC. REL-AT-E-30254</b>	
	PROGETTO <b>FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI</b>	Pagina 29 di 32	Rev. <b>0</b>

Rif. TFM: 011-PJM22-001-20-RT-E-3254

- Unità approvvigionamento idrico: È costituita generalmente da una pompa sommersa ubicata nel corso d'acqua da attraversare. Tramite dei tubi flessibili (manichette) invia l'acqua necessaria alla preparazione dei fanghi alla vasca di miscelazione.
- Trivella: Per la trivellazione del foro pilota vengono utilizzate due tipi di trivelle, una a getti ed una a motore a fanghi. La trivella a getti è sostanzialmente un'asta di trivellazione con due fori sulla testa, uno centrale e l'altro eccentrico. La bentonite in pressione, fuoriuscendo dai fori esercita un'azione di scavo nel terreno. La trivella con motore a fanghi è costituita da una turbina, azionata dai fanghi in pressione, che imprime una rotazione ad uno scalpello posto sulla testa; i fanghi fuoriescono poi da un foro posto sullo scalpello. Gli scalpelli possono essere di diversi tipi a seconda delle condizioni di terreno incontrate. Questa trivella si completa con la scarpa direzionale, che è un ringrosso eccentrico dell'asta di perforazione posizionato a circa 1 metro dalla testa.
- Aste pilota: quelle comunemente usate sono normali aste di trivellazione da 2" 7/8. A seconda del sistema direzionale impiegato le aste possono essere dotate di giunti conici o cilindrici. Le aste di trivellazione ubicate proprio dietro la trivella sono in materiale amagnetico per non influenzare il sistema di controllo direzionale; queste aste sono fragili e si richiede molta cautela nel maneggiarle. In alcuni tipi di terreno è necessario l'utilizzo di un'asta pilota più resistente e sul mercato sono disponibili aste per tubo pilota da circa 5" 13/7 e oltre. Questi ultimi possono essere impiegati per la trivellazione di terreni molto compatti e di roccia tenera.
- Tubo guida: è costituito da aste di perforazione standard da 5" che soddisfano la maggioranza delle esigenze di tiro. In caso necessiti uno sforzo di tiro superiore alla norma, vengono utilizzate, nelle fasi più critiche aste rinforzate. Nel caso le aste sopra descritte non sopportino lo sforzo di tiro oppure servano grosse quantità di bentonite, si possono utilizzare aste da 7" o più.
- Attrezzature alesaggio e tiro-posa: queste attrezzature cambiano da ditta a ditta in base alle esperienze degli operatori, ai brevetti che le tutelano e ai terreni da attraversare.
- Alesatore: l'alesatore classico è formato da una corona dentata su cui sono posti da sei a nove ugelli per l'uscita dei fanghi e una quantità variabile di taglienti. Detti taglienti generalmente sono posizionati a gruppi di 3 o 5 e possono avere diverse caratteristiche meccaniche.
- Fresa a barilotto: La fresa a barilotto o barrel reamer è costituita da un cilindro bombato e dentato alle estremità completo con i soliti ugelli. Questo alesatore è molto utile se usato in coppia con il precedente, perché permette di mantenere sempre centrata la fresa rispetto al foro.
- Snodo: lo snodo/swivel è indispensabile per evitare che la condotta ruoti durante l'operazione di tiro-posa. Viene interposto tra la fresa e la condotta. Generalmente è costituito da un reggispira autolubrificante con un cuscinetto in teflon o rulli. È

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> <b>NQ/R22178/L01</b>	<b>UNITÀ</b> <b>20</b>
	<b>LOCALITÀ</b> <b>RAVENNA</b>	<b>SPC. REL-AT-E-30254</b>	
	<b>PROGETTO</b> <b>FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI</b>	Pagina 30 di 32	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. TFM: 011-PJM22-001-20-RT-E-3254

indispensabile mantenere integro questo snodo per evitare il bloccaggio della condotta durante il tiro-posa.

#### 4. Montaggio Della Condotta

Sulla sponda opposta a quella dove sarà posizionato il Rig verrà eseguito la prefabbricazione della colonna di varo.

Ove le dimensioni del cantiere e le attrezzature a disposizione lo consentano, la colonna di varo verrà preferibilmente assemblata in un'unica soluzione per evitare tempi di arresto, per saldature ed operazioni di controllo e rivestimento dei giunti, durante la fase di tiro-posa.

A saldatura completata verranno eseguiti i controlli non distruttivi delle saldature (radiografie) e successivamente si provvederà al rivestimento dei giunti di saldatura.

La colonna, prima del tiro-posa, verrà precollaudata idraulicamente.

Per l'esecuzione del tiro-posa verrà predisposta una linea di scorrimento della colonna (rulli, carrelli o sostentamento con mezzi d'opera).

Durante il varo, l'ingresso della condotta nel foro verrà facilitato, facendole assumere una catenaria predeterminata in base all'angolo d'ingresso nel terreno, al diametro ed al materiale della condotta; ciò permetterà di evitare sollecitazioni potenzialmente dannose sulla condotta da varare.

Al fine di ridurre al massimo le sollecitazioni indotte alla tubazione, durante la fase di tiro-posa, dovranno essere rigorosamente rispettati i valori di raggio minimo di curvatura elastica della tubazione.

Al termine dei lavori verrà redatto un elaborato riportante l'esatto posizionamento della condotta così come realmente posta in opera.

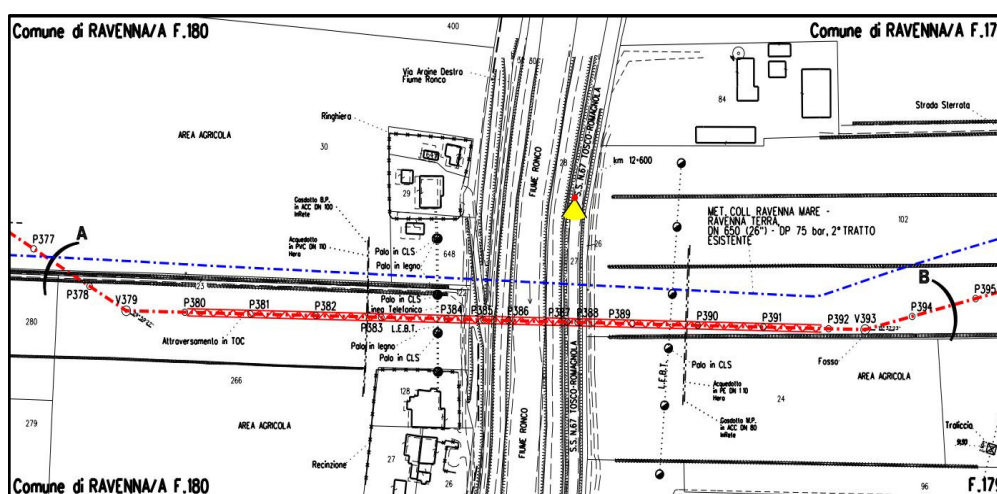


	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> <b>NQ/R22178/L01</b>	<b>UNITÀ</b> <b>20</b>
	<b>LOCALITÀ</b> <b>RAVENNA</b>	<b>SPC. REL-AT-E-30254</b>	
	<b>PROGETTO</b> <b>FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI</b>	Pagina 31 di 32	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. TFM: 011-PJM22-001-20-RT-E-3254

## 7 DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

In questo capitolo è riportata la documentazione fotografica dello stato di fatto con indicata la direzione in rosso del tracciato di progetto. L'indicazione planimetrica dei punti di ripresa (con i relativi coni visivi), è riportata nella planimetria catastale di Figura 4.



**Figura 4:** Stralcio planimetrico con punti di ripresa in corrispondenza dell'attraversamento della S.S. N.67 Tosco Romagnola con il metanodotto in progetto (in rosso)



**Foto 1:** Attraversamento S.S. N.67 Tosco Romagnola (in rosso l'andamento qualitativo della tubazione in TOC)



	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> <b>NQ/R22178/L01</b>	<b>UNITÀ</b> <b>20</b>
	<b>LOCALITÀ</b> <b>RAVENNA</b>	<b>SPC. REL-AT-E-30254</b>	
	<b>PROGETTO</b> <b>FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI</b>	Pagina 32 di 32	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. TFM: 011-PJM22-001-20-RT-E-3254

## 8 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.

L'integrità della tubazione è altresì garantita dall'elevato approfondimento della condotta, la quale si troverà ad una profondità minima di oltre 25.55 metri dal piano di rotolamento dell'infrastruttura in oggetto, come evidenziato nell'elaborato grafico di riferimento di cui al par. 1.2.



