

Attraversamento del bacino di evoluzione 3 a Marghera con T.O.C.

L'azienda tedesca (Gruppo Ludwig Freytag) opera da oltre 20 anni nel campo della trivellazione orizzontale controllata. Progetta e realizza attraversamenti di corsi d'acqua e aree sensibili, approdi a mare per la posa di gasdotti, oleodotti, acquedotti e cavidotti con lunghezze e diametri medio-alti. Di seguito, il resoconto di un intervento di particolare importanza che ha coinvolto il capoluogo veneto



A Venezia è in fase di svolgimento un interessante intervento in cui si è distinta LMR Drilling. Qui, nell'ambito delle opere di adeguamento dei canali navigabili della Laguna, è previsto il dragaggio e l'approfondimento del Bacino di Evoluzione 3, con la conseguente necessità di ricollocare i sottoservizi che attualmente attraversano il bacino stesso. Uno tra i servizi da ricollocare è rappresentato dall'oleodotto della IES, DN 500, che congiunge l'Isola Petroli con la Banchina Romagna e il Deposito costiero della stessa IES.

Dettagli dell'intervento

La IES (Italiana Energia e Servizi Spa), dopo un'approfondita analisi della problematica, ha deciso di utilizzare la tecnologia del Directional Drilling per posare la nuova struttura interrata di trasporto a profondità adeguata alle nuove esigenze logistiche. Ciò anche in considerazione del fatto che le profondità di posa richieste (oltre 50 m dal livello del mare) avrebbero di fatto rappresentato un ostacolo difficilmente sormontabile con le altre tecnologie di tipo tradizionale. L'area in oggetto ricade nella zona centrale della laguna di Venezia, circa 5 km

a sud della città di Mestre e 5 km a ovest del capoluogo veneto. La trivellazione collega l'isola chiamata "Isola Petroli" con la banchina Romagna sulla "Macroisola Portuale" separate dal canale Evoluzione 3 (vedi Fig. 1).



Fig. 1. Visione aerea della Laguna di Venezia e localizzazione dell'area di intervento

Caratteristiche geologiche

La laguna di Venezia, nella sua forma ed estensione attuali, si è originata circa 6.000 anni fa; precedentemente era assai più ridotta poiché il livello delle acque dei mari era notevolmente inferiore rispetto all'attuale e vaste aree, ora sommerse, erano invece emerse.

Con l'innalzamento del livello delle acque si è determinato un cambiamento dell'ambiente di posizione: da condizioni continentali di apporto fluviale e fluvioglaciale si è passati a un ambiente marino litoraneo e lagunare.

Questo passaggio separa nel sottosuolo della laguna due complessi sedimentari ben definiti, anche se dal punto di vista litologico e granulometrico assai simili: inferiormente il sedimentario marino tardo-pleistocenico sul quale si è depositato il lagunare olocenico.

Entrambi sono costituiti da terreni limosi-sabbiosi-argillosi a debole addensamento e consistenza, aventi una notevole variabilità sia laterale che verticale. La transizione è segnalata dalla presenza di un livello caratteristico, denominato "caranto", di argilla limosa sovraconsolidata per essiccamento, che rappresenta il paleosuolo formatosi tra il primo e il secondo ciclo deposizionale. Nell'ambito del complesso deposizionale inferiore si sono rinvenuti numerosi livelli torbosi e ricchi di frammenti lignei, a testimonianza dell'ambiente continentale nel

Tabella 1 – Valori dei parametri geotecnici

Terreno	g (kN/m ³)	LL %	IP %	k (m/s)	c _u (kN/m ²)	c' (kN/m ²)	f' (°)	E (MN/m ²)
Coesivo	20	30÷40	20÷30	10 ⁻⁸	30÷60	5 ÷15	25	5
Granulare	20	-	-	10 ⁻⁵	-	-	30÷32	20

quale essi si sono formati. Per quanto riguarda le condizioni idrogeologiche, a causa della elevata variabilità dei depositi non esiste una falda freatica continua, ma si è in presenza di piccole falde sospese non connesse le une con le altre. Il livello di "caranto", materiale consistente e impermeabile, confina piccole falde in pressione.

Caratteristiche geotecniche

La caratterizzazione geotecnica dell'area di attraversamento si è basata sui risultati di specifiche indagini realizzate allo scopo e sui dati provenienti da studi effettuati in aree limitrofe per gli "Interventi a Salvaguardia di Venezia" da parte del Magistrato alle Acque, nonché su quanto disponibile in letteratura scientifica.

Dal punto di vista stratigrafico si evidenzia una grande variabilità granulometrica fino e oltre le profondità massime raggiunte dalla TOC, con presenza prevalente di limi, a volte più argillosi, altre più sabbiosi, con una certa prevalenza di sabbie dai 40 ai 50 m. Tale variabilità si riflette ovviamente anche nei valori dei parametri geotecnici, come si può notare dalla caratterizzazione riportata in Fig. 2 (Cola, Simonini 1995).

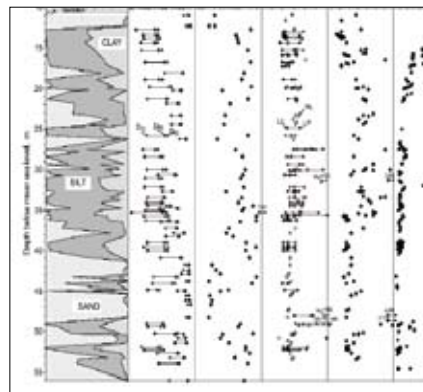


Fig. 2. Caratterizzazione granulometrica del sottosuolo della laguna e relativi parametri

La stima dei valori dei parametri geotecnici utilizzati per la progettazione della TOC deriva dalle prove in foro effettuate nei

sondaggi lungo la linea di attraversamento (S.P.T., Torvane, prove di permeabilità) e dalle prove – vuoi di laboratorio, vuoi in sito – condotte nell'area per la progettazione degli interventi sopra citati.

A causa dell'estrema variabilità dei terreni presenti non è stato possibile mettere in luce livelli continui a differente parametrizzazione geotecnica; si è pertanto caratterizzato il sottosuolo distinguendo tra terreni a prevalente natura coesiva o granulare. Nella tabella 1 vengono elencati i valori dei principali parametri geotecnici per le diverse tipologie di terreno riscontrate.

Lo strato di "caranto" presente a profondità di 4÷8 m, costituito da argille e limi sovra consolidati, presenta una resistenza maggiore con valori di coesione non drenata di 100-200 kPa (E. Giacomini, 2009).

Le problematiche

La progettazione dell'attraversamento in oggetto ha dovuto tener conto delle particolari condizioni locali in cui il tracciato avrebbe dovuto essere posizionato, sia in termini dei gravi limiti causati dall'utilizzo e dalla ristrettezza delle aree di cantiere disponibili, sia per le caratteristiche dei terreni da attraversare.

In merito alla prima problematica, infatti, l'area di ingresso della perforazione è localizzata in terraferma nell'ambito dell'area portuale lungo la banchina Romagna, utilizzata per deposito di container e di merci rinfuse. La banchina è totalmente pavimentata: di conseguenza non è stato consentito nessuno scavo, eccezione fatta per il pozzetto di ingresso di dimensioni contenute al massimo. L'area di ingresso trivellazione è stata interamente recintata e per il deposito dei cuttings di perforazione si sono realizzate due vasche temporanee mediante barriere prefabbricate tipo New Journey (vedi Foto 1).



Foto 1 – Vista generale dell'area cantiere lato ingresso

L'area di uscita della trivellazione è localizzata nell'Isola Petroli, antistante la banchina Romagna, dove sono localizzati numerosi serbatoi di stoccaggio di idrocarburi. In prossimità del punto di uscita si trova, in particolare, un oleodotto di 48" di diametro, la cui presenza ha condizionato la scelta della localizzazione dell'uscita stessa; in fase di tiro esso avrebbe dovuto essere scavalcato dalla colonna di varo, richiedendo l'adozione di particolari opere di protezione. La presenza di strutture di protezione perimetrale sia della banchina sia dell'isola, costituite da palancolati metallici profondi, e di una vasca in calcestruzzo nell'ambito dell'isola, ha imposto la scelta di un profilo di trivellazione con curvatura anche planimetrica, al fine di evitare tali strutture esistenti (vedi Fig. 3).



Fig. 3 – Immagine aerea del tracciato della TOC

Inoltre, la limitata estensione dell'isola non ha permesso la predisposizione di un'unica colonna di varo su terraferma, ma si è dovuti ricorrere a un suo posizionamento a mare per un'estensione pari a circa 2/3 della sua lunghezza (vedi Foto 2).



Foto 2 – Porzione della colonna di varo a mare

Per quanto riguarda la natura dei terreni esistenti, mediamente di scarsa consistenza, il profilo ha dovuto essere notevolmente approfondito (circa 50 m al di sotto del punto di ingresso) in modo da scongiurare qualsiasi pericoloso fenomeno di rottura del terreno e conseguente perdita dei fanghi, soprattutto in corrispondenza del canale da attraversare. Ciò ha richiesto uno studio geotecnico di dettaglio per ottimizzare la profondità da mantenere in funzione della pressione dei fanghi da usare in corso di perforazione.

Verifica della pressione dei fanghi

Durante l'esecuzione della TOC, sia in fase di foro pilota che d'alesatura e tiro, nel foro viene mantenuta una pressione dei

rottura del terreno e, conseguentemente, alla perdita di circolazione dei fanghi.

La verifica consiste nel calcolare lungo il profilo di trivellazione la pressione limite sopportabile dal terreno sovrastante la trivellazione stessa e nel confrontare tale pressione con quella operativa utilizzata in fase di perforazione. Necessariamente quest'ultima dovrà essere inferiore alla resistenza del terreno.

Il calcolo della pressione limite è stato condotto secondo l'approccio teorico noto con il nome di Formula di Delft (H.J. Luger and H. J. A. M. Hergarden, 1988), basato sull'analisi della zona plasticizzata intorno al foro (teoria dell'espansione della cavità) in funzione delle caratteristiche di resistenza e di deformabilità dei terreni presenti. La pressione operativa è stata stimata come somma della pressione idrostatica del fango e della perdita di carico dello stesso nel suo cammino a ritroso dalla testa di perforazione al punto d'ingresso, utilizzando per il flusso nella sezione anulare un modello Binghamiano. I risultati di tale analisi (vedi Fig. 4) hanno evidenziato che non ci sarebbe stato alcun rischio di perdita di fanghi nel canale, mentre tale fenomeno avrebbe potuto aver luogo solo in prossimità dell'uscita, sull'isola, in posizione facilmente controllabile.

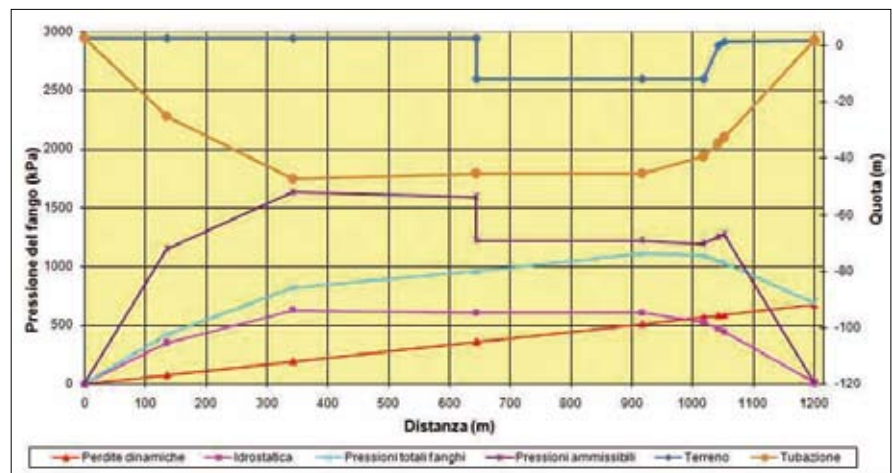


Fig. 4 – Verifica della pressione dei fanghi

Attrezzature di trivellazione e sistema di guida

Per l'attraversamento in oggetto, LMR ha impiegato la propria unità di trivellazione di 2.500 kN e le seguenti attrezzature: testa di perforazione da 14 3/4" (vedi Foto 3); aste di perforazione da 6 5/8" S 135 - 9 m;



Foto 3 – Testa di perforazione da 14 3/4" con aste da 6 5/8"



Foto 4 – Alesatore da 22"

alesatore da 26" (vedi Foto 4); alesatore in fase di tiro da 22".

A causa delle difficoltà di ricircolo dei fanghi tra l'area di uscita e quella di ingresso, separate da un braccio di mare, si sono impiegate due distinte unità di trattamento dei fanghi con le rispettive pompe ad alta pressione. Per quanto attiene il sistema di guida, la presenza di tubazioni e, in particolare, di strutture metalliche anche profonde, quali le palancole, ha necessariamente impedito l'utilizzo del sistema magnetico e indotto LMR a impiegare, anche se più oneroso, il sistema giroscopico integrato, nel tratto terminale di trivellazione, dal walk over.

Il profilo di trivellazione eseguito ha avuto le seguenti caratteristiche: angolo di ingresso 12°; angolo di uscita 12°; raggio di curvatura in ingresso 1.000 m; raggio di curvatura in uscita 600 m; raggio di curvatura planimetrico 2.000 m; profondità massima 50,91 m; profondità sotto il canale 32 m; lunghezza della trivellazione 1.226,20; lunghezza orizzontale 1.201,53. Le caratteristiche della tubazione posata sono: diametro esterno della condotta 508 mm; spessore 9,52 mm; materiale acciaio X 52 (360 N/mm); rivestimento HDPE 3 mm.

La realizzazione

I lavori per la realizzazione della trivellazione hanno avuto inizio con la perforazione del foro pilota in data 18/08/2009 e si sono conclusi con il tiro della colonna di varo in data 02/09/2009, per una durata pertanto di 16 giorni, di cui otto per il solo foro pi-



Foto 5 – Cantiere di ingresso durante il tiro della condotta. Si vedono gli scarrabili per l'accumulo temporaneo dei fanghi e le botti spurgo per il loro allontanamento. Sulla destra il bacino di contenimento dei cuttings

lota. I tempi previsti sono stati rispettati, nonostante le difficoltà di natura logistica e gli imprevisti incontrati.

Tra le prime ricordiamo le problematiche di collegamento tra area di ingresso, in terraferma, e area di uscita, su isola, che hanno ovviamente richiesto l'utilizzo di imbarcazioni non solo per il trasferimento del personale ma anche per la movimentazione continua di tutto il materiale e le attrezzature occorrenti. Anche lo stoccaggio e il trasporto del fango di perforazione in fase di tiro della condotta ha richiesto un'accurata programmazione e sincroniz-

zazione delle operazioni, in considerazione della particolare localizzazione dei siti. In area di ingresso il fango è stato depositato in contenitori scarrabili impermeabili in numero compatibile con l'estensione dell'area di lavoro, mentre una folta teoria di botti spurgo provvedeva in continuo all'allontanamento del fango fino al sito preposto (vedi Foto 5).

Al contempo, nell'area di uscita sull'isola il fango fuoriuscente veniva momentaneamente accumulato in vasche in terra rivestite con telo impermeabile (vedi Foto 6), dalle quali veniva pompato in una betto-



Foto 6 – Predisposizione delle vasche di accumulo fanghi lato uscita, rivestite con telo impermeabile



Foto 7 – Trasporto dei fanghi dall'area uscita sull'isola alla terraferma con bettonina



Foto 8 – Asportazione dei frammenti lignei e torbosi

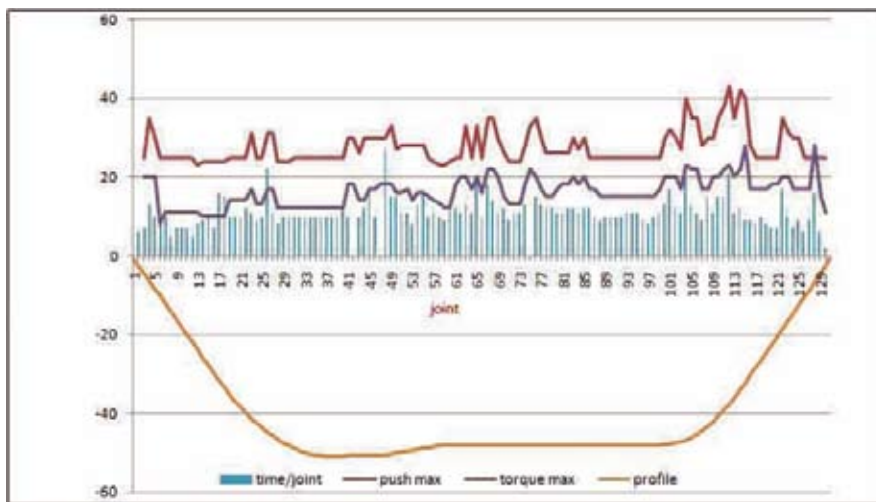


Fig. 5 – Grafici delle velocità, della spinta e del momento in fase di avanzamento del foro pilota

Un inconveniente, peraltro ritenuto possibile a seguito degli studi in fase di progetto si è verificato a 100 m circa dall'uscita, con una venuta a giorno di fanghi di perforazione. Il pronto intervento di un escavatore ha confinato tale perdita in una pozza successivamente svuotata tramite aspirazione con una botte spurgo.

Conclusioni

Il lavoro è stato dunque eseguito nella massima sicurezza, rispettando le tempistiche previste e superando le difficoltà operative grazie al corretto impiego della tecnologia del directional drilling associata, questa volta, al sistema di guida giroscopico, atto a garantire un'ottima precisione anche in presenza di interferenze magnetiche non trascurabili. Infatti, la trivellazione ha raggiunto l'obiettivo richiesto con una precisione decimetrica dopo un percorso di 1.200 m, che ha raggiunto i 50 m di profondità (vedi Foto 9).



Foto 9 – Uscita del foro pilota a 50 cm dal target

lina che ha successivamente provveduto al suo allontanamento fino alla terra ferma (vedi Foto 7). Gravi imprevisti non se ne sono incontrati in fase di trivellazione; si sono avuti numerosi rallentamenti dovuti alla presenza di torba e di frammenti lignei che richiedevano talvolta lunghe soste per la pulizia dei filtri e dell'unità di separazione (vedi Foto 8).

I terreni attraversati, che come risultava dalle indagini erano costituiti da una fitta alternanza di limi-argille-sabbie, in percentuali diverse e tutti a debole consistenza e addensamento, non tanto hanno posto difficoltà d'avanzamento, quanto hanno richiesto una guida attenta e accurata al fine di mantenere la direzione di progetto (vedi Fig. 5).

La modesta fuoriuscita di fanghi bentonitici in prossimità della parte terminale della trivellazione, di fatto prevista nei calcoli relativi all'andamento della pressione dei fanghi, è stata prontamente circoscritta e, quindi, facilmente rimossa e avviata alla discarica di smaltimento.