

| | | | |
|---|---|---|----------------------|
|  | COMPANY: api nòva energia | Project Job Code: M39542 | |
| | LOCATION: FALCONARA (ITALY) | Saipem Code: M39542-A-000-GR-71503 | |
| | PROJECT: LNG Project – Falconara M.ma | Rev. 1 | Page 1 of 43 |
| |  | | Company Code: |

PROGETTO LNG DI FALCONARA MARITTIMA CAPACITÀ DI RIGASSIFICAZIONE DI 4 BCM

**Ottimizzazioni progettuali degli approdi a terra
della condotta 32” e del cavo di potenza e controllo**

**Verifica di Assoggettabilità a procedura di VIA
di cui all’art.20 del D.Lgs 152/06 e s.m.i.**

PROGETTO PRELIMINARE

| Rev. | Date | Description | Prepared | Checked | Approved | Company Approval |
|------|----------|----------------------------|-------------|-------------|-------------|------------------|
| 1 | 26/09/12 | Emissione Finale | G. Guidotti | S. Morgante | F. Bressani | S. Benincampi |
| 0 | 03/08/12 | Emissione per approvazione | S. Morgante | G. Guidotti | F. Bressani | S. Benincampi |

| | | | | |
|--|---|---|----------------------|--|
|   | COMPANY: api nòva energia | Project Job Code: M39542 | | |
| | LOCATION: FALCONARA (ITALY) | Saipem Code: M39542-A-000-GR-71503 | | |
| | PROJECT: LNG Project – Falconara M.ma | Rev. 0 | Page 2 of 43 | |
| |  | | Company Code: | |

INDICE

| | | |
|----------|--|-----------|
| 1 | GENERALITÀ | 3 |
| 1.1 | PREMESSA | 3 |
| 1.2 | SCOPO E CONTENUTI DEL DOCUMENTO | 3 |
| 1.3 | DOCUMENTI DI RIFERIMENTO | 4 |
| 1.4 | ABBREVIAZIONI | 4 |
| 2 | CARATTERISTICHE FISICHE DELL'AREA | 5 |
| 2.1 | CARATTERI GEOMORFOLOGICI DELL'AREA | 5 |
| 2.2 | CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEI TERRENI | 6 |
| 2.3 | CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE DELL'AREA | 8 |
| 3 | METODOLOGIE COSTRUTTIVE E CRITERI DI FATTIBILITÀ DI MT E HDD | 9 |
| 3.1 | METODOLOGIA COSTRUTTIVA DEL SISTEMA “MICROTUNNEL” IN AMBIENTE ON-SHORE | 9 |
| 3.2 | METODOLOGIA COSTRUTTIVA PER MICROTUNNEL DI COLLEGAMENTO OFF-SHORE / ON-SHORE | 11 |
| 3.3 | CRITERI GENERALI PER LA FATTIBILITÀ TECNICA DI UN MICROTUNNEL | 12 |
| 3.4 | METODOLOGIA COSTRUTTIVA DEL SISTEMA HDD PER LA POSA DEL PFOC | 16 |
| 3.5 | CRITERI GENERALI PER LA FATTIBILITÀ TECNICA DI UNA HDD | 20 |
| 3.6 | FATTIBILITÀ TECNICA E CARATTERISTICHE DEL MICROTUNNEL E DELLA HDD IN PROGETTO | 22 |
| 3.6.1 | Fattibilità tecnica del microtunnel in progetto | 23 |
| 3.6.2 | Fattibilità tecnica della HDD in progetto | 25 |
| 4 | CARATTERISTICHE E REQUISITI TECNICI DEL MICROTUNNEL E DELLA HDD IN PROGETTO | 27 |
| 4.1 | AREE DI CANTIERE | 27 |
| 4.2 | CARATTERISTICHE E REQUISITI DELLA POSTAZIONE DI SPINTA A TERRA PER IL MICROTUNNEL | 27 |
| 4.3 | CARATTERISTICHE DELLA POSTAZIONE DI RECUPERO IN MARE | 28 |
| 4.4 | REQUISITI TECNICI E CARATTERISTICHE DEL MICROTUNNEL | 29 |
| 4.5 | REQUISITI TECNICI E CARATTERISTICHE DELLA HDD | 34 |
| 5 | SEQUENZA DELLE FASI DI COSTRUZIONE | 35 |
| 5.1 | MICROTUNNEL E INSTALLAZIONE DELLA CONDOTTA | 35 |
| 5.2 | HDD ED INSTALLAZIONE DEL PFOC | 39 |
| 6 | STIMA DELLE QUANTITÀ DEI MATERIALI SCAVATI E DEI FANGHI DI PERFORAZIONE PER LE OPERE TRENCHLESS | 40 |
| 7 | CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE | 41 |
| | ALLEGATI | 43 |

| | | | | |
|---|---|---|----------------------|--|
|  | COMPANY: api nòva energia | Project Job Code: M39542 | | |
| | LOCATION: FALCONARA (ITALY) | Saipem Code: M39542-A-000-GR-71503 | | |
| | PROJECT: LNG Project – Falconara M.ma | Rev. 0 | Page 3 of 43 | |
| |  | | Company Code: | |

1 GENERALITÀ

1.1 PREMESSA

Il presente documento contiene il progetto preliminare relativo alle proposte di ottimizzazione del progetto del terminale off-shore di rigassificazione di LNG di Falconara Marittima (AN), già oggetto di decreto favorevole di compatibilità ambientale DVA-DEC-2010-0000375 del 22 Luglio 2010 emesso dal Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare (MATTM), di determinazione favorevole DVA-2011-0001111 del 10 Gennaio 2011 di esclusione della procedura di valutazione d'impatto ambientale degli adeguamenti apportati al progetto a seguito delle prescrizioni contenute nel Nulla Osta di Fattibilità rilasciato dal Comitato Tecnico Regionale delle Marche, e di decreto di autorizzazione alla costruzione e all'esercizio del 28 Dicembre 2011. Il progetto autorizzato prevede l'approdo della condotta di connessione tra il terminale di rigassificazione e la rete nazionale gasdotti Snam Rete Gas mediante approdo con scavo a cielo aperto, e la posa del cavo di potenza e controllo degli impianti off-shore nello stesso scavo preparato per la posa della condotta.

A valle del rilascio dell'Autorizzazione Unica sono stati condotti studi specialistici volti alla definizione delle scelte progettuali che, relativamente all'approdo della condotta e del cavo di potenza e di controllo, hanno portato all'individuazione di soluzioni migliorative anche dal punto di vista dell'impatto ambientale rispetto alla soluzione progettuale autorizzata, a prescindere dall'aspetto economico.

Le soluzioni individuate sono descritte nel presente Progetto Preliminare e prevedono:

- l'approdo a terra della condotta tramite microtunneling (di seguito MT), in luogo dell'attraversamento della scogliera artificiale tramite posa a cielo aperto previsto nel progetto autorizzato, con una riduzione degli impatti dovuta in particolare alle differenti modalità di scavo e ripristino, sia a mare che a terra, durante le fasi costruttive;
- l'approdo a terra del cavo di potenza e controllo (di seguito PFOC) tramite trivellazione orizzontale controllata (Horizontal Directional Drilling, di seguito HDD), alternativamente alla soluzione autorizzata che prevede la posa del cavo attraverso un tubo guaina installato con la condotta, modalità costruttiva quest'ultima che, nel caso di un approdo della condotta tramite MT, presenterebbe rischi di integrità durante le fasi di installazione.

Le ottimizzazioni proposte sono da ritenersi di modesta rilevanza per tipologia ed entità nel contesto progettuale complessivo, mantenendo del tutto inalterate le caratteristiche e gli obiettivi strategici del progetto autorizzato. I tracciati di progetto offshore relativi sia alla condotta gas 32" che al PFOC sono riportati nel Rif. /6/. Il tracciato della condotta coincide con quello già approvato, quello del PFOC differisce leggermente, limitatamente al tratto in prossimità dell'approdo, in conseguenza della nuova modalità di realizzazione proposta.

1.2 SCOPO E CONTENUTI DEL DOCUMENTO

Lo scopo del presente documento è quello di descrivere le opere previste in progetto e valutare la loro fattibilità tecnica.

I contenuti del documento sono i seguenti:

- **Capitolo 2:** Caratteristiche fisiche dell'area d'intervento e caratteristiche geotecniche e idrogeologiche dei terreni.
- **Capitolo 3:** Descrizione delle metodologie costruttive trenchless, criteri generali per la fattibilità tecnica delle opere e giudizio di fattibilità tecnica per il microtunnel e per la HDD.
- **Capitolo 4:** Caratteristiche e requisiti tecnici richiesti nella realizzazione delle opere trenchless in esame.
- **Capitolo 5:** Descrizione delle opere in progetto e sequenza delle fasi di costruzione.
- **Capitolo 6:** Considerazioni conclusive.

| | | | |
|---|---|---|----------------------|
|  | COMPANY: api nòva energia | Project Job Code: M39542 | |
| | LOCATION: FALCONARA (ITALY) | Saipem Code: M39542-A-000-GR-71503 | |
| | PROJECT: LNG Project – Falconara M.ma | Rev. 0 | Page 4 of 43 |
| |  | | Company Code: |

1.3 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

| | | |
|------|------------------------------------|--|
| /1/ | 539341-AA-C00-000-ZS-0001 Rev. A04 | Progetto LNG - Terminale offshore di rigassificazione di Falconara Marittima - Progetto definitivo presentato ai sensi dell'art. 6 del Decreto Autorizzativo datato 28/12/2011 |
| /2/ | M39542-A-050-LD-71110 Rev.0 | Planimetria dell'area cantiere durante la realizzazione delle opere trenchless |
| /3/ | M39542-A-050-LD-71111 Rev.0 | Horizontal Directional Drilling (HDD) per il portacavo in HDPE |
| /4/ | M39542-A-050-LD-71112 Rev.0 | Profilo longitudinale del Microtunnel |
| /5/ | M39542-A-050-LD-71113 Rev.0 | Dimensionamento preliminare della Postazione di spinta |
| /6/ | M39542-A-050-GD-71602 Rev.0 | Tracciato di progetto a mare della linea 32" di trasporto gas e del cavo |
| /7/ | M39542-A-050-LD-70502 Rev.3 | Planimetria area di approdo e configurazione di tiro linea 32" |
| /8/ | M39542-A-050-LD-70502 Rev.2 | Planimetria generale piano di ancoraggio in prossimità della costa per tipica nave posatubi |
| /9/ | Methodo | "Indagini geognostiche per la realizzazione dell'area di approdo sealine – microtunnel – LNG Raffineria api di Falconara Marittima (AN)", 29/03/2012 |
| /10/ | Methodo | "Progetto per la realizzazione di un nuovo pontile in mare a servizio della Raffineria api di Falconara Marittima (AN)", Rev. 1 |

1.4 ABBREVIAZIONI

Di seguito è illustrato il significato di alcuni acronimi ed abbreviazioni usati nel documento.

| | |
|------|--|
| CA | Cemento Armato |
| FSRU | Floating Storage and Regassification Unit |
| HDD | Horizontal Directional Drilling |
| MT | Microtunnel |
| PFOC | Power & Fiber Optic Cable |
| SIA | Studio di Impatto Ambientale |
| SIN | Sito di Interesse Nazionale |
| SPM | Single Point Mooring (piattaforma di ormeggio a singolo punto) |
| TAF | Trattamento Acque di Falda |
| TBM | Tunnel Boring Machine |
| VIA | Valutazione di Impatto Ambientale |

| | | | | |
|--|---|---|----------------------|--|
|   | COMPANY: api nòva energia | Project Job Code: M39542 | | |
| | LOCATION: FALCONARA (ITALY) | Saipem Code: M39542-A-000-GR-71503 | | |
| | PROJECT: LNG Project – Falconara M.ma | Rev. 0 | Page 5 of 43 | |
| |  | | Company Code: | |

2 CARATTERISTICHE FISICHE DELL'AREA

2.1 CARATTERI GEOMORFOLOGICI DELL'AREA

In fig. 2.1, nell'immagine satellitare dell'area dell'approdo, è riportato l'asse del tracciato della condotta, così come da progetto autorizzato, che comprende il tratto in microtunnel proposto.

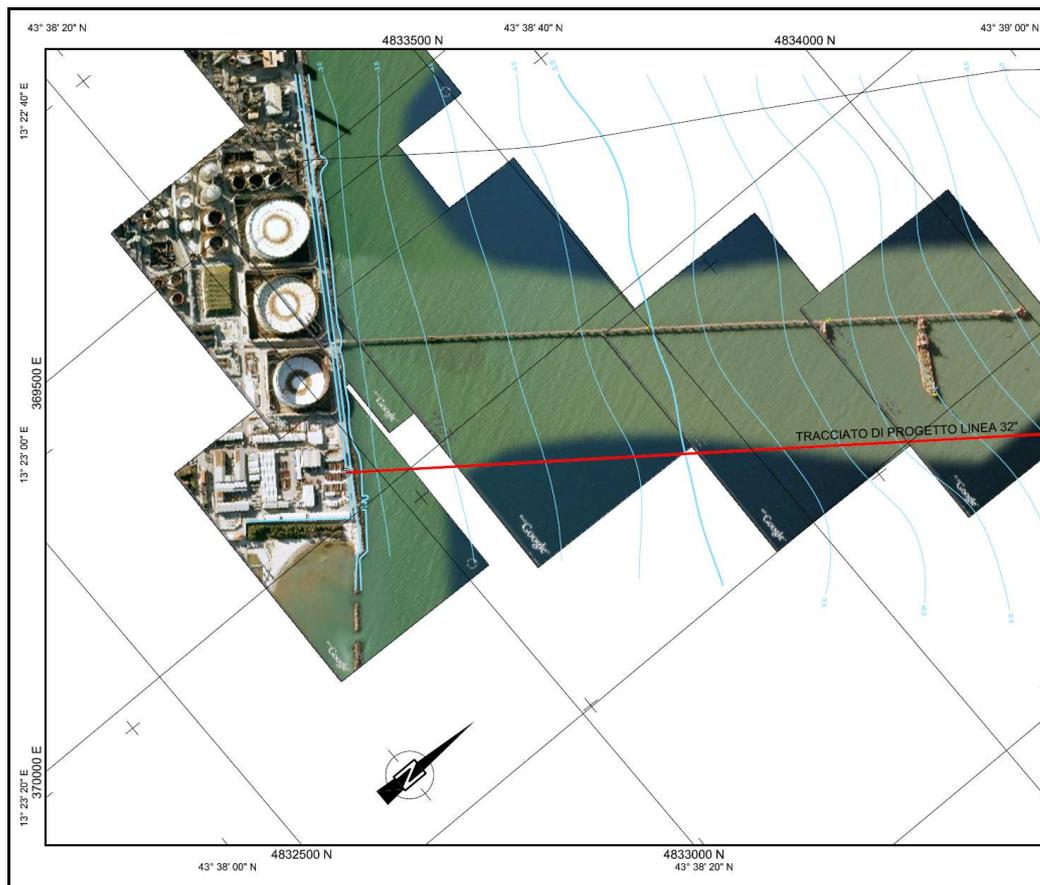


Fig.2.1: Ubicazione del microtunnel nel tratto di approdo

L'area in esame ricade interamente nella parte terminale della vallata del fiume Esino, nel territorio del comune di Falconara Marittima (AN). Più precisamente, il territorio interessato ricade nel settore della piana alluvionale in destra idrografica dell'Esino adiacente alla foce del fiume. Sul fondovalle affiorano i depositi alluvionali recenti e, in prossimità dell'alveo, i depositi alluvionali attuali.

In particolare, la conformazione litostratigrafica dell'area di studio è caratterizzata da depositi alluvionali di granulometria medio grossolana databili all'Olocene.

Si tratta di ghiaie poligeniche ed eterometriche ad elementi subarrotondati e subangoloidi, immerse in abbondante matrice limoso-sabbiosa, alternate a livelli metrici di limi sabbiosi ed argillosi; le alluvioni sono impostate su un basamento argilloso marnoso databile al Plio-Pleistocene. Al tetto del materasso alluvionale di notevole potenza, si riscontra una coltre eluvio-colluviale di natura limosa con intercalazioni di lenti sabbioso ghiaiose, tipiche della facies deposizionale di tale unità.

In corrispondenza dell'area della raffineria, per la realizzazione dello stabilimento, gli interventi antropici sono stati notevoli e, pertanto, sono presenti aree di estensione e spessore variabili di materiale di riporto.

Dal punto di vista geomorfologico, l'intera area si presenta pianeggiante e priva di fenomeni imputabili all'azione della gravità e delle acque correnti superficiali.

| | | | | |
|--|---|---|----------------------|--|
|   | COMPANY: api nòva energia | Project Job Code: M39542 | | |
| | LOCATION: FALCONARA (ITALY) | Saipem Code: M39542-A-000-GR-71503 | | |
| | PROJECT: LNG Project – Falconara M.ma | Rev. 0 | Page 6 of 43 | |
| |  | | Company Code: | |

2.2 CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEI TERRENI

Per la caratterizzazione litostratigrafica e geotecnica dei terreni, per il tratto on-shore, ci si è avvalsi di n. 2 sondaggi geognostici a carotaggio eseguiti in prossimità della banchina, vedi Rif /9/, e per il tratto off-shore, di n. 3 sondaggi a carotaggio continuo eseguiti lungo il pontile api, vedi Rif /10/.

In generale, i sondaggi a terra hanno evidenziato la presenza a circa 11 m dal p.c. del livello limo-argilloso di circa 4-5 m di spessore che nell'ambito dell'assetto idrogeologico dell'area, funge da letto impermeabile dell'acquifero superficiale. I sondaggi a mare hanno evidenziato che il livello limo-argilloso tende ad assottigliarsi man mano che si procede verso il largo per venire sostituito da livelli di limi argillosi con alternanze di limi sabbiosi e sabbie limose.

Tratto onshore

I sondaggi sono stati eseguiti in banchina in prossimità della scogliera frangiflutti.

Sondaggio L_A

| profondità (m) | Caratteristiche litologiche |
|----------------|---|
| 0,00 – 3,60 | Ghiaia medio grossolana con ciottoli angolosi in abbondante matrice sabbioso-limosa (Stabilizzato) |
| 3,60 – 5,50 | Sabbia medio-fine a tratti ghiaiosa con clasti e laterizi (Riporto) |
| 5,50 – 6,50 | Ghiaia media e grossolana con ciottoli di dimensioni massime di di 10-15 cm calcarea e spigolosa in matrice sabbioso-limosa (Scogliera) |
| 6,50 – 11,00 | Sabbia media e grossa con inclusi ghiaiosi con intercalazioni limose, sciolta. |
| 11,00 – 14,90 | Limo argilloso con rari inclusi ghiaiosi fini |
| 14,90 – 15,00 | Ghiaia. |

Il livello freatico è stato rinvenuto a 3,60 metri dal p.c.

Sondaggio L_D

| profondità (m) | Caratteristiche litologiche |
|----------------|---|
| 0,00 – 2,85 | Ghiaia medio grossolana con ciottoli angolosi in abbondante matrice sabbioso-limosa (Stabilizzato-Riporto) |
| 2,85 – 4,60 | Sabbia medio-fine debolmente ghiaiosa, sciolta |
| 4,60 – 5,00 | Sabbia fine debolmente limosa con ghiaia arrotondata calcarea e clasti spigolosi calcarei. |
| 5,00 – 6,90 | Sabbia fine limosa debolmente ghiaiosa, sciolta. |
| 6,90 – 10,90 | Sabbia media e fine limosa debolmente ghiaiosa con frammenti di bivalvi, sciolta |
| 10,90 – 11,50 | Limo debolmente sabbioso, inconsistente. |
| 11,50 – 15,70 | Limo argilloso con rari inclusi ghiaiosi fini, plastico. A tratti il deposito si presenta debolmente sabbioso |
| 15,70 – 16,00 | Ghiaia media fine con limo debolmente sabbioso. |

| | | | | |
|--|---|---|----------------------|--|
|   | COMPANY: api nòva energia | Project Job Code: M39542 | | |
| | LOCATION: FALCONARA (ITALY) | Saipem Code: M39542-A-000-GR-71503 | | |
| | PROJECT: LNG Project – Falconara M.ma | Rev. 0 | Page 7 of 43 | |
| |  | | Company Code: | |

Il livello freatico è stato rinvenuto a 3,55 metri dal piano campagna.

Tratto offshore

I sondaggi sono stati eseguiti lungo il pontile api.

Sondaggio BH1

La profondità è riferita al fondale posto a -4,00 m da livello medio mare.

| profondità (m) | Caratteristiche litologiche |
|----------------|---|
| 0,00 – 0,20 | Limo e limo sabbioso poco consistente |
| 0,20 – 5,60 | Sabbia medio-fine a tratti debolmente limosa e raro ghiaietto, addensata |
| 5,50 – 6,50 | Limo argilloso a tratti debolmente sabbioso, da poco a moderatamente consistente, plastico. |
| 5,60 – 8,00 | Sabbia media e grossa con inclusi ghiaiosi con intercalazioni limose, sciolta. |
| 8,00 – 12,50 | Limo sabbioso a tratti sabbia limosa. Tra 10,30 m e 11,00 m livello di limo argilloso, poco consistente, plastico |
| 12,50 – 22,60 | Ghiaia eterometrica (con clasti di diametro max di 3 cm) in abbondante matrice sabbioso-limosa con intercalazioni sparse decimetrische di sabbia medio fini con ghiaietto, da addensata a molto addensata . |
| 22,60 – 28,00 | Argilla debolmente limosa di colore grigio-azzurro con livelli centimetrici di sabbie limose, da molto consistente a duro. |

Sondaggio BH2

La profondità è riferita al fondale posto a -6,50 m da livello medio mare.

| profondità (m) | Caratteristiche litologiche |
|----------------|---|
| 0,00 – 0,60 | Limo e limo sabbioso poco consistente |
| 0,60 – 6,10 | Sabbia medio-fine a tratti debolmente limosa e raro ghiaietto, addensata |
| 6,10 – 16,40 | Limo argilloso alternato a limo sabbioso. Da 6,70 m a 8,30 m limo sabbioso; da 8,60 m a 16,40 m, limo debolmente sabbioso; da poco a moderatamente consistente, plastico. |
| 16,40 – 18,40 | Limo sabbioso a tratti debolmente sabbioso alternato a livelli decimetrischi di ghiaia a granulometria medio fine e sabbia limosa. |
| 18,40 – 20,00 | Limo debolmente argilloso a tratti sabbioso; da poco a mediamente consistente, plastico |
| 20,00 – 20,40 | Sabbia limosa con raro ghiaietto; mediamente addensata |
| 20,40 – 24,60 | Ghiaia eterometrica (con clasti di diametro max di 2 cm) in |

| | | | | |
|--|---|---|----------------------|--|
|   | COMPANY: api nòva energia | Project Job Code: M39542 | | |
| | LOCATION: FALCONARA (ITALY) | Saipem Code: M39542-A-000-GR-71503 | | |
| | PROJECT: LNG Project – Falconara M.ma | Rev. 0 | Page 8 of 43 | |
| |  | | Company Code: | |

| | |
|---------------|--|
| | abbondante matrice limosa – sabbiosa; da addensata a molto addensata. |
| 24,60 – 26,50 | Argilla debolmente limosa di colore grigio-azzurro con livelli centimetrici di sabbie limose, da molto consistente a duro. |

Sondaggio BH3

La profondità è riferita al fondale posto a -10,00 m da livello medio mare.

| profondità (m) | Caratteristiche litologiche |
|----------------|--|
| 0,00 – 1,00 | Limo e limo sabbioso poco consistente |
| 1,00 – 4,50 | Sabbia medio-fine a tratti debolmente limosa.e raro ghiaietto, addensata |
| 4,50 – 8,70 | Ghiaia eterometrica (con clasti di diametro max di 3 cm) in abbondante matrice –limosa – sabbiosa; da addensata a molto addensata.. |
| 8,70 – 9,40 | Limo argilloso ; poco consistente, plastico |
| 9,40 - 13,00 | Limo sabbioso con presenza sparsa di livelli centimetrici di sabbia medio-fine; poco consistente, molto plastico. |
| 13,00 – 20,00 | Limo argilloso. Da 6,70 m a 8,30 m limo sabbioso; da 14,60 m a 15,70 m, presenza di livelli da centimetrici a decimetrici di sabbia limosa. Da 17,00 m a 18,10 livello di limo debolmente sabbioso. Da poco a mediamente consistente in aumento con la profondità, plastico. |
| 20,00 – 20,90 | Limo argilloso con rari frustoli vegetali; da moderatamente a consistente, plastico. |
| 20,90 – 23,40 | Limo debolmente sabbioso; da moderatamente a consistente, plastico |
| 23,40 – 28,00 | Ghiaia eterometrica (con clasti di diametro max di 3 cm) in abbondante matrice – sabbioso - limosa; da addensata a molto addensata . |

2.3 CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE DELL'AREA

Per quanto attiene alla circolazione idrica sotterranea, l'area è caratterizzata dalla presenza di alternanze di sedimenti a diversa permeabilità che danno luogo a relazioni articolate e variabili in senso areale e verticale. Nell'area indagata si rivela la presenza a circa 11 m dal p.c. di un livello limo argilloso di circa 4-5 m di spessore che nell'ambito dell'assetto idrogeologico dell'area funge da letto impermeabile dell'acquifero superficiale.

La falda permeante i depositi alluvionali, nel periodo di esecuzione del presente studio, sembra attestare il suo livello freatico alla profondità di circa 3,5 m dal piano campagna.

| | | | | |
|--|---|---|----------------------|--|
|   | COMPANY: api nòva energia | Project Job Code: M39542 | | |
| | LOCATION: FALCONARA (ITALY) | Saipem Code: M39542-A-000-GR-71503 | | |
| | PROJECT: LNG Project – Falconara M.ma | Rev. 0 | Page 9 of 43 | |
| |  | | Company Code: | |

3 METODOLOGIE COSTRUTTIVE E CRITERI DI FATTIBILITÀ DI MT E HDD

Nella presente sezione si descrivono i principali aspetti tecnici e costruttivi delle due metodologie proposte, Microtunnel (per la posa della condotta) e HDD (per la posa del PFOC), ed i criteri che ne caratterizzano la fattibilità. Si riporta, inoltre, una lista dei principali e recenti lavori eseguiti con metodologia microtunneling e recupero della testa fresante in mare.

3.1 METODOLOGIA COSTRUTTIVA DEL SISTEMA “MICROTUNNEL” IN AMBIENTE ON-SHORE

Il sistema consiste nell'avanzamento progressivo di una testata di perforazione cilindrica posizionata in testa ad un treno di tubi di rivestimento. I tubi di rivestimento possono essere di due tipi:

- tubi in cemento armato (c.a.) prefabbricati in stabilimento di 3 m di lunghezza ciascuno;
- tubi in acciaio forniti in barre di 6 m o 12 m.

Entrambe le tipologie sono dimensionate per resistere agli sforzi assiali prodotti dalla stazione di spinta durante le operazioni di infilaggio.

Per l'applicazione considerata nel presente documento, si farà riferimento esclusivamente a microtunnel con tubi di rivestimento in c.a..

L'avanzamento contemporaneo della testata (fig. 3.1.1) e dei tubi in coda è dato dalla spinta di martinetti idraulici posizionati in coda, presso la postazione di spinta.

Il tipo di testata di trivellazione varia con la natura del terreno; può essere dotata di un sistema di perforazione puntuale (a braccio brandeggiante) o a sezione piena.

Il sistema prevede:

- la realizzazione di tunnel (anche curvilinei) con l'immediata collocazione del rivestimento definitivo;
- il raggiungimento di notevoli lunghezze di trivellazione utilizzando stazioni di spinta intermedie costituite da martinetti idraulici disposti lungo la circonferenza del cono in c.a. (Interjack);
- il controllo sulla direzione del tunnel in qualsiasi fase di avanzamento;
- il controllo remoto della testata di trivellazione;
- l'impermeabilizzazione e la stabilità del foro e del fronte di scavo in tutte le fasi di lavoro;
- l'utilizzo di fanghi di perforazione, per ridurre gli attriti terreno-tubo di rivestimento;
- la possibilità di eseguire eventuali iniezioni di malte sui terreni di perforazione nella fase finale dei lavori (intasamento esterno dell'intercapedine tubo/terreno).
- la possibilità di intasare internamente il cavo del microtunnel con malte cementizie evitando qualunque tipo di discontinuità nell'assetto idrogeologico dell'area.

L'insieme di queste caratteristiche ed il corretto utilizzo delle attrezzature consentono di ottenere una notevole riduzione dei cedimenti nel terreno e delle alterazioni nel regime della circolazione idrica sotterranea.

Per i lavori sottofalda, è possibile costruire un tunnel impermeabilizzato durante tutte le sue fasi costruttive adottando una postazione di trivellazione a tenuta idraulica, una fresa “a bilanciamento” delle pressioni idrostatiche esterne e giunti di tenuta idraulica tra gli elementi tubolari posati (cfr. Fig.3.1.2).

| | | | | |
|---|---|---|----------------------|--|
|  | COMPANY: api nòva energia | Project Job Code: M39542 | | |
| | LOCATION: FALCONARA (ITALY) | Saipem Code: M39542-A-000-GR-71503 | | |
| | PROJECT: LNG Project – Falconara M.ma | Rev. 0 | Page 10 of 43 | |
| |  | | Company Code: | |

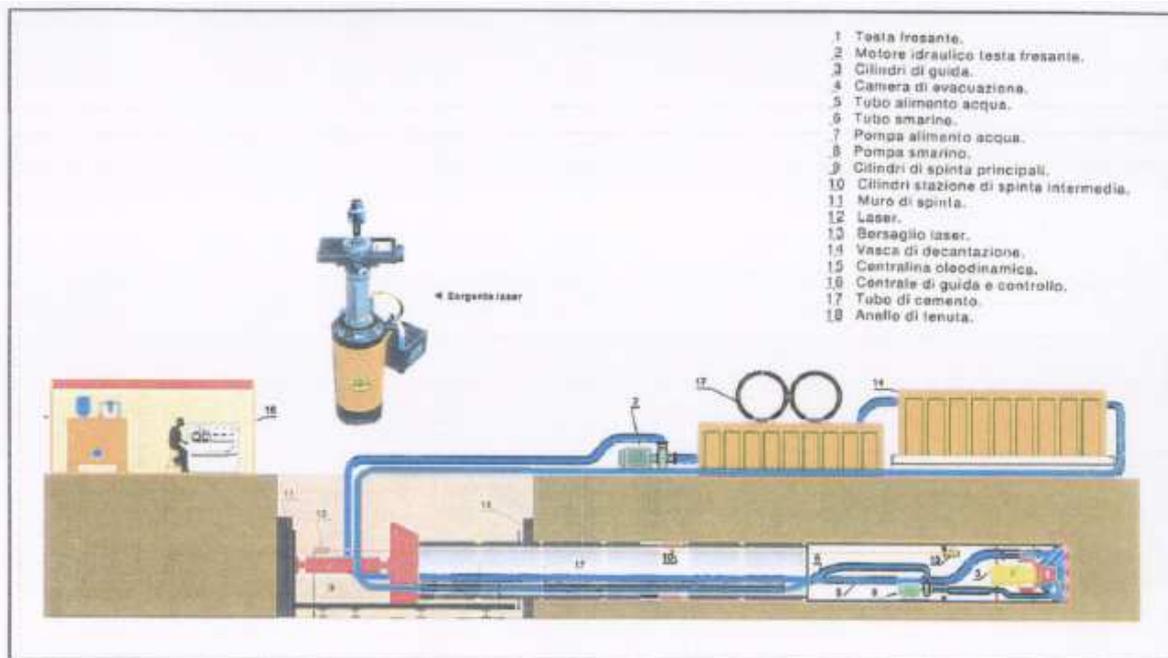


Fig.3.1.1: Rappresentazione schematica del sistema nella postazione di trivellazione.



Fig. 3.1.2: Microtunnel in sub-alveo nell'attraversamento del F. Adige (Attraversamento F. Po – Metanodotto Potenziamento Importazione da C.S.I.).

| | | | | |
|---|---|---|----------------------|--|
|  | COMPANY: api nòva energia | Project Job Code: M39542 | | |
| | LOCATION: FALCONARA (ITALY) | Saipem Code: M39542-A-000-GR-71503 | | |
| | PROJECT: LNG Project – Falconara M.ma | Rev. 0 | Page 11 of 43 | |
| |  | | Company Code: | |

3.2 METODOLOGIA COSTRUTTIVA PER MICROTUNNEL DI COLLEGAMENTO OFF-SHORE / ON-SHORE

Dal punto di vista metodologico l'esecuzione di un microtunnel che colleghi terra ferma con mare aperto non presenta alcuna differenza sostanziale da uno "tradizionale" eseguito completamente on-shore.

Le operazioni di scavo di un tale microtunnel prevedono di operare in condizioni sature di acqua (equiparabili ai lavori eseguiti sotto falda in ambienti on-shore) e di eseguire il recupero della testa fresante direttamente in mare, senza alcuna necessità di realizzare un pozzo di ricevimento.

Il recupero a mare è normalmente previsto che venga eseguito dopo che la TBM abbia raggiunto la posizione finale prestabilita e dopo che siano state effettuate tutte le operazioni necessarie per mettere in sicurezza la testa fresante e la parte terminale del microtunnel costruito. In dettaglio, le fasi di costruzione sono riportate nell'apposita sezione del documento.

La realizzazione di microtunnel con recupero della testa fresante a mare costituisce una metodologia di lavoro ormai collaudata ed accettata nei lavori che richiedono particolari attenzioni di salvaguardia morfologica e ambientale nei confronti dei siti di approdo prescelti.



Fig. 3.2.1: Costruzione del microtunnel sottomarino (Estratto da: "Trenchless installation methods of Sea Outfalls")

Tra i lavori elencati in Tab. 3.2.1, nel seguito sono brevemente descritti quelli che presentano le maggiori affinità con il progetto proposto.

Nel corso dell'anno 2008, sulla costa "Praia de Mira" in Portogallo, è stato realizzato un microtunnel lungo 1356m con diametro esterno 3300mm, pozzo di spinta onshore e recupero della TBM in mare.

Sempre nel 2008, in località "Cap Negret" ad Ibiza, sono stati realizzati due microtunnel lunghi circa 150 m con diametro esterno 1200 mm, pozzi di spinta onshore ed uscita a 20 m sotto il livello del mare e recupero della testa fresante per mezzo di un sistema "retractable".

Un altro progetto che risulta particolarmente analogo a quello proposto è, senza alcun dubbio, quello realizzato nel 2011, nell'ambito del progetto OLT, a Livorno. Si tratta di un microtunnel di collegamento tra off-shore e on-shore lungo circa 800 metri, in un contesto geomorfologico e litologico molto simile a quello presente sulla costa di Falconara Marittima. Infatti l'area dell'OLT di Livorno è costituita da una costa bassa sabbiosa e da fondali con litotipi di natura sabbioso-limosa che degradano dolcemente verso il largo.

| | | | | | |
|---|---|--|---|----------------------|--|
|  | COMPANY: api nòva energia | | Project Job Code: M39542 | | |
| | LOCATION: FALCONARA (ITALY) | | Saipem Code: M39542-A-000-GR-71503 | | |
| | PROJECT: LNG Project – Falconara M.ma | | Rev. 0 | Page 12 of 43 | |
| |  | | Company Code: | | |

I lavori elencati in tabella 3.2.1 sono stati eseguiti con recupero della testa fresante in mare, a supporto del fatto che la metodologia proposta è oramai consolidata e largamente impiegata.

Reference List

| No. | Country | City | Start | Contractor / NAME | Shield | Pipe size | Drive Length | Geology | Water level | Curve drive | Remarks |
|-----|-------------|-------------------------------------|---------------|--------------------------|---------------|---------------------|--------------|---|-------------|-------------|---|
| 1 | USA | Clarksville, Virginia | 1992 | Crowder Construction | AVN 600 | DN 766 | 50,2 m | Sandstone - rock, matrix of clay and silt | 13 m | no | intake line into a lake for power station |
| 2 | Germany | Europipe | February 94 | HochTief, Bohlen & Doyen | AVN 3000 | DN 3000 | 2.535 m | Sand/Clay | 13 m | yes | Sea outfall |
| 3 | England | Ramsgate | February 94 | K-Boringen | AVN 1200 | DN 1200 | 530 m | Sand/Limestone | 12 m | no | Sea outfall |
| 4 | Portugal | Porto | January 96 | Cobetar | AVN 1600 | DN 1600 | 520 m | Sand/Granite | 18 m | no | Sea outfall |
| 5 | England | Horden | May 97 | Johnston | AVN 1800 | DN 1800 | 550 m | Sand/ Clay/ Limestone | 30 m | yes | Sea outfall curve |
| 6 | Spain | San Sebastian | October 99 | Eurohinca | AVN 2000D | DN 2000 | 410 m | Rock | 35 m | no | Sea outfall |
| 7 | France | Blarritz | April 03 | Smet Tunnelling | AVN 1200T | DN 1400 | 400m | Rock, Sand | 20 m | no | Sea outfall |
| 8 | Spain | Zujar (state) | February 03 | Eurohinca | AVN 1600 | DN 1600 | 208 m | Clay, Gravel | 36 m | no | intake at a lake |
| 9 | USA | Wrightsville, York, Lancaster River | May 04 | Bradshaw | AVN 1200 TC | DN 1500 | 2x 115 m | Rock, Schist | 7 m | no | water intake at a river |
| 10 | USA | Greenville, Table Rock | June 04 | Bradshaw, Krauter | AVN 1200 TC | DN 1500 | 150 m | Rock, Black Schist | 30 m | no | water intake at a barrage/lake |
| 11 | Spain | La Coruña / Camariñas | June 04 | Eurohinca | AVN 2000D | DN 2400 | 200 m | Rock, mixed soil condition | 10 m | no | water intake at the ocean |
| 12 | Spain | San Pedro Del Pintar | December 04 | GEOSA | AVN 1200 | DN 1400 | 350 m | soft Rock condition | 15 m | no | Sea outfall |
| 13 | Spain | San Sebastian, Mompas | April 05 | Mecanotubo | AVND 2000 | DN 2000 | 1000 m | Limestone, Rock | 10 m | yes | Sea outfall |
| 14 | Spain | San Pedro Del Pintar | Februar 06 | Sonntag Iberica | AVND2000 | DN 2000 | 1150 m | Sand, Clay | 20 m | yes | Sea outfall |
| 15 | France | Sables Dolonnes | March 2006 | CSM Bessac | AVN1500TB | DN 1500 | 630 m | Sand, rock, weathered rock | 15 m | yes | Sea outfall |
| 16 | Norway | Mongstad | Nov 2007 | Visser Smet Hanab | HDD, HK250T | DN450 / 18" | 300 m | solid rock, hard granite | 236 m | yes | Landfall for gas pipeline |
| 17 | France | Cote d Azur, Nizza | April 2007 | RPS | HDD, HK150C | DN 850 / 34" | 115 m | weathered rock | 35 m | yes | Sea outfall |
| 18 | Indonesia | Borneo | 2005-2006 | Punj Lloyd | HDD, HK250T | DN 600-800 / 24-32" | 1900 m | Limestone, Clay | 30 m | yes | Landfall for gas pipeline |
| 19 | Portugal | Praia de Mira | 2008 | K-Boringen | AVND2400AB | DN 3000 | 2 x 1.500m | Silty Sand | 20m | yes | Water intake for fish farm |
| 20 | Portugal | Praia de Mira | 2008 | ICOP | AVND2000AB | DN 3000 | 2 x 1.350m | Silty Sand | 20m | yes | Water Intake for fish farm |
| 21 | Spain | Ibiza | 2008 | Nacap | AVN800-A | DN 1200 / 48" | 215 m | Gravel, Sand | 69 m | no | Landfall Gas Pipe, Sleeve Pipe for HDD |
| 22 | New Zealand | New Plymouth | 2007 | Drilltec | AVN800-A | DN 1200 / 48" | 2 x 220 m | Gravel, Sand | 60 m | no | Landfall Oil Pipe, Sleeve Pipe for HDD |
| 23 | Australia | Obway Bay | 2006 | Drilltec | AVN800-A | DN 1200 / 48" | 248 m | Gravel, Sand | 67 m | no | Landfall Gas Pipe, Sleeve Pipe for HDD |
| 24 | Australia | Brisbane, Tugun | 2007 | GCD Alliance | 2 x AVN2800AH | DN 2800 | 2.000 m | Rock, 100 Mpa | 35 m | yes | Intake for desalination plant |
| 25 | New Zealand | Christchurch | June 2007 | McConnel Dowell | AVND1800AB | DN 1800 | 875 m | Silt, Sand, Gravel | 20 m | no | Sea outfall |
| 26 | New Zealand | Duneden, Tahuna | February 2007 | McConnel Dowell | AVN1500TB | DN 1500 | 535 m | Rock, Sand, Clay, Gravel | 20 m | no | Sea outfall |

Tab. 3.2.1: Reference List della Herrenknecht (Estratto da: "Trenchless installation methods of Sea Outfalls")

3.3 CRITERI GENERALI PER LA FATTIBILITÀ TECNICA DI UN MICROTUNNEL

Il giudizio di fattibilità di un attraversamento in microtunnel deriva usualmente da una serie di considerazioni riguardanti generalmente la natura dei terreni da attraversare, la geometria dell'attraversamento, la profondità dei pozzi ed infine la disponibilità di adeguate aree di cantiere.

Nel seguito vengono dettagliati gli aspetti secondo i quali tali argomenti influiscono sulla formulazione del giudizio.

Natura del terreno

La natura del terreno riveste una importanza primaria per la fattibilità dell'attraversamento soprattutto in relazione alla sua stessa variabilità litologica lungo il profilo di trivellazione, alla tipologia della fresa di perforazione adottata ed al diametro del tunnel.

| | | | | |
|--|---|---|----------------------|--|
|   | COMPANY: api nòva energia | Project Job Code: M39542 | | |
| | LOCATION: FALCONARA (ITALY) | Saipem Code: M39542-A-000-GR-71503 | | |
| | PROJECT: LNG Project – Falconara M.ma | Rev. 0 | Page 13 of 43 | |
| |  | | Company Code: | |

Relativamente ai terreni di trivellazione, la fattibilità è in generale rapportabile, più che alla loro natura litologica in quanto tale, alla variabilità litologica lungo il profilo di trivellazione ed, in caso di terreni sciolti, alla presenza di inclusi lapidei.

E' opportuno porre in evidenza che i rischi connessi con eventuali insuccessi in fase di trivellazione consistono, oltre che nella impossibilità di avanzamento della fresa, in serie difficoltà di recupero della macchina. In quest'ambito, le frese che permettono l'accesso al fronte di scavo presentano senz'altro una maggiore flessibilità di impiego e minori rischi esecutivi nel senso sopra esposto, ma in genere non possono essere utilizzate sottofalda.

La natura del terreno da attraversare influenza la scelta della testata di perforazione ed il campo di applicabilità della metodologia stessa, soprattutto nel caso di terreni con elevate percentuali di trovanti.

Tipologia della testata di perforazione

Per quanto riguarda la tipologia di fresa da adottare, frese a testa aperta senza dispositivi di confinamento sono utilizzabili in terreni coesivi ed in assenza di falda; esse non possono pertanto essere impiegate, in generale, nell'attraversamento di alvei fluviali mentre possono esserlo, ad esempio, nella realizzazione di trivellazioni al di sotto di strutture arginali.

Le frese a testa chiusa sono di massima utilizzabili sia in terreni coesivi che incoerenti; mentre nei primi può essere utilizzato il sistema a pressione di terreno o ad aria compressa, nei secondi, causa la elevata permeabilità e l'assenza di coesione, viene in generale preferito il sistema a pressione con fanghi.

In presenza di falda il bilanciamento della pressione idrica viene generalmente conseguito con pressione di fanghi.

Altro limite dovuto alla natura dei terreni da attraversare è quello legato alla eterogeneità degli stessi: mentre, infatti, nelle frese di tipo puntuale gli utensili di taglio possono essere sostituiti in corso d'opera, il cambio della tipologia di fresa non è generalmente possibile per le macchine integrali. Pertanto problemi in fase di trivellazione possono insorgere, in relazione alla tipologia di fresa adottata, nel caso di terreni caratterizzati da marcata variabilità in asse al tunnel; caso, questo, frequentemente rilevato in trivellazioni in roccia nelle quali vengano riscontrate lenti di materiale sciolto e soffice ed ancora in terreni alluvionali o morenici in cui si rinvergono trovanti di dimensioni rilevanti.

Geometria di attraversamento

La geometria di attraversamento viene determinata in funzione della situazione geomorfologica del sito e alle caratteristiche strutturali della tubazione da ospitare.

Una volta definita la copertura di progetto, la scelta tra le tipologie di trivellazione disponibili (ed in particolare tra quelle ad asse curvo e rettilineo) comporta riflessi sugli aspetti di fattibilità.

In caso di forti coperture la scelta di assi di trivellazione rettilinei porta a notevoli profondità dei pozzi di spinta e di arrivo, con conseguenti problemi sia dal punto di vista esecutivo (soprattutto in presenza di falda) che economico; d'altronde, geometrie ad asse curvilineo, pur consentendo una sostanziale riduzione della profondità dei pozzi, rappresentano in generale contenuti tecnologici più elevati rispetto alle trivellazioni rettilinee e comportano maggiore lunghezza della trivellazione, aumento delle aree di cantiere, dilatazione dei tempi di costruzione e dei relativi costi.

Postazioni di trivellazione e di arrivo

Il giudizio di fattibilità non può prescindere da una attenta valutazione delle problematiche connesse con la realizzazione dei pozzi di partenza e di arrivo, sia in relazione alla natura dei terreni (pendenza delle pareti per scavi di sbancamento, infiggibilità di palancole, scavabilità e sostegno delle pareti di scavo), che alla presenza di falda (rischi di sifonamento a fondo scavo, possibilità di aggotamento dell'acqua e di depressione del livello di falda) ed alla profondità massima realizzabile con ciascuna tecnologia.

| | | | | |
|--|---|---|----------------------|--|
|   | COMPANY: api nòva energia | Project Job Code: M39542 | | |
| | LOCATION: FALCONARA (ITALY) | Saipem Code: M39542-A-000-GR-71503 | | |
| | PROJECT: LNG Project – Falconara M.ma | Rev. 0 | Page 14 of 43 | |
| |  | | Company Code: | |



Fig: 3.3.1: Postazione di trivellazione per microtunnel realizzata con palancolato metallico e getti in c.a., durante le fasi di costruzione.

Disponibilità di aree di cantiere

La disponibilità di adeguate aree per l'installazione del cantiere e per lo stoccaggio temporaneo dei materiali e l'esistenza di accessi idonei al transito dei mezzi d'opera deve essere valutata attentamente. Questo aspetto per i microtunnel in ambito on-shore non comporta in generale particolari difficoltà in conseguenza delle ridotte dimensioni delle installazioni necessarie per l'esecuzione dei lavori di trivellazione.

A titolo indicativo, aree di lavoro di circa 3500 m², in corrispondenza della postazione di spinta (Figg. 3.3.2 e 3.3.3) e di 800-1000 m², in corrispondenza della postazione di ricevimento, sono, in generale, più che sufficienti a garantire gli spazi per l'esecuzione dell'opera.

La disponibilità di aree deve essere attentamente valutata in contesti, come quelli del progetto in esame, dove le aree di cantiere necessariamente devono essere concentrate tutte presso la postazione di spinta lato terra e devono includere non solo quelle necessarie ad ospitare le apparecchiature per l'esecuzione del microtunnel (dimensioni previste della stazione di partenza: 70 m x 50 m) ma anche quelle per poter eseguire il varo della condotta e disporre i compressori per procedere alle operazioni di collaudo idraulico della stessa.

| | | | | |
|---|---|---|----------------------|--|
|  | COMPANY: api nòva energia | Project Job Code: M39542 | | |
| | LOCATION: FALCONARA (ITALY) | Saipem Code: M39542-A-000-GR-71503 | | |
| | PROJECT: LNG Project – Falconara M.ma | Rev. 0 | Page 15 of 43 | |
| |  | | Company Code: | |



Fig. 3.3.2: Tipico cantiere per la costruzione di un microtunnel.

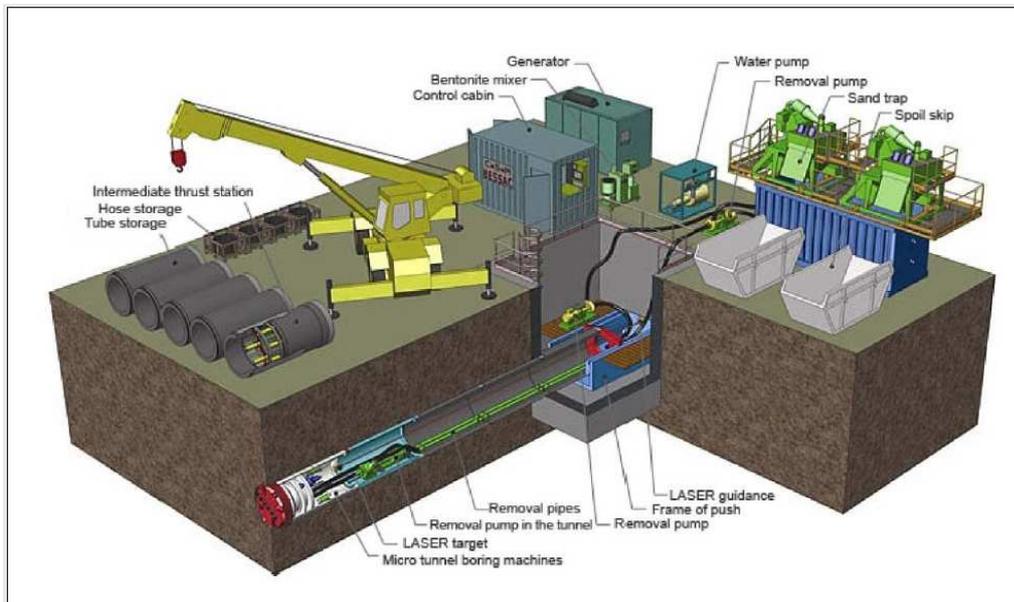


Fig. 3.3.3: Rappresentazione schematica di un cantiere per la costruzione di microtunnel.

| | | | | |
|---|---|---|----------------------|--|
|  | COMPANY: api nòva energia | Project Job Code: M39542 | | |
| | LOCATION: FALCONARA (ITALY) | Saipem Code: M39542-A-000-GR-71503 | | |
| | PROJECT: LNG Project – Falconara M.ma | Rev. 0 | Page 16 of 43 | |
| |  | | Company Code: | |

3.4 METODOLOGIA COSTRUTTIVA DEL SISTEMA HDD PER LA POSA DEL PFOC

Si tratta di un sistema di trivellazione derivato dai metodi di perforazione direzionale per pozzi petroliferi. In una prima fase viene realizzato un foro pilota di piccolo diametro lungo il profilo di progetto prestabilito, generalmente curvo, utilizzando una lancia a getti - o in alternativa un motore a fanghi - collegata in testa a delle aste di perforazione.

La testata di perforazione effettua sia l'azione di taglio meccanico del terreno che le deviazioni necessarie per seguire la direzione di progetto (cfr. Fig. 3.4.1).

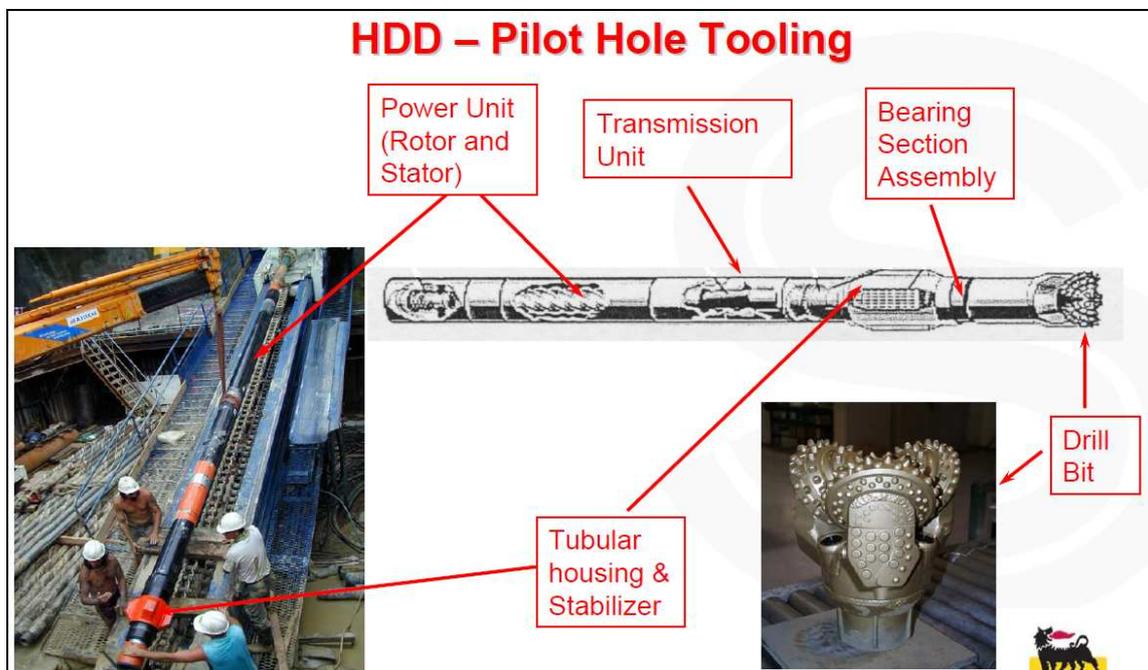


Fig. 3.4.1: Testata di perforazione per una HDD.

La seconda fase di alesaggio ha lo scopo di “allargare” il foro pilota fino al diametro idoneo per l'alloggiamento della tubazione. Il numero degli alesaggi e le dimensioni degli appositi alesatori utilizzati, dipendono da diversi fattori (natura dei terreni, diametro della condotta, sforzi di tiro ammissibili).

Infine il tiro-posa della tubazione viene effettuato tramite il tiro delle aste di perforazione, in coda alle quali è collegata la tubazione stessa.

Il sistema si presta a raggiungere notevoli profondità permettendo, così, di mantenere adeguate distanze di sicurezza da strutture preesistenti, come ad esempio argini. E' caratterizzato da una sostanziale rapidità di esecuzione. I suoi limiti sono riconducibili alla litologia dei terreni e alla morfologia dei luoghi.

Le forze di spinta e di tiro occorrenti in tutte le fasi vengono fornite da una macchina di perforazione (Drill) a funzionamento oleodinamico (Fig. 3.4.2), di potenza adeguata per vincere le forze resistenti all'avanzamento della trivellazione.

| | | | | |
|--|---|---|----------------------|--|
|   | COMPANY: api nòva energia | Project Job Code: M39542 | | |
| | LOCATION: FALCONARA (ITALY) | Saipem Code: M39542-A-000-GR-71503 | | |
| | PROJECT: LNG Project – Falconara M.ma | Rev. 0 | Page 17 of 43 | |
| |  | | Company Code: | |

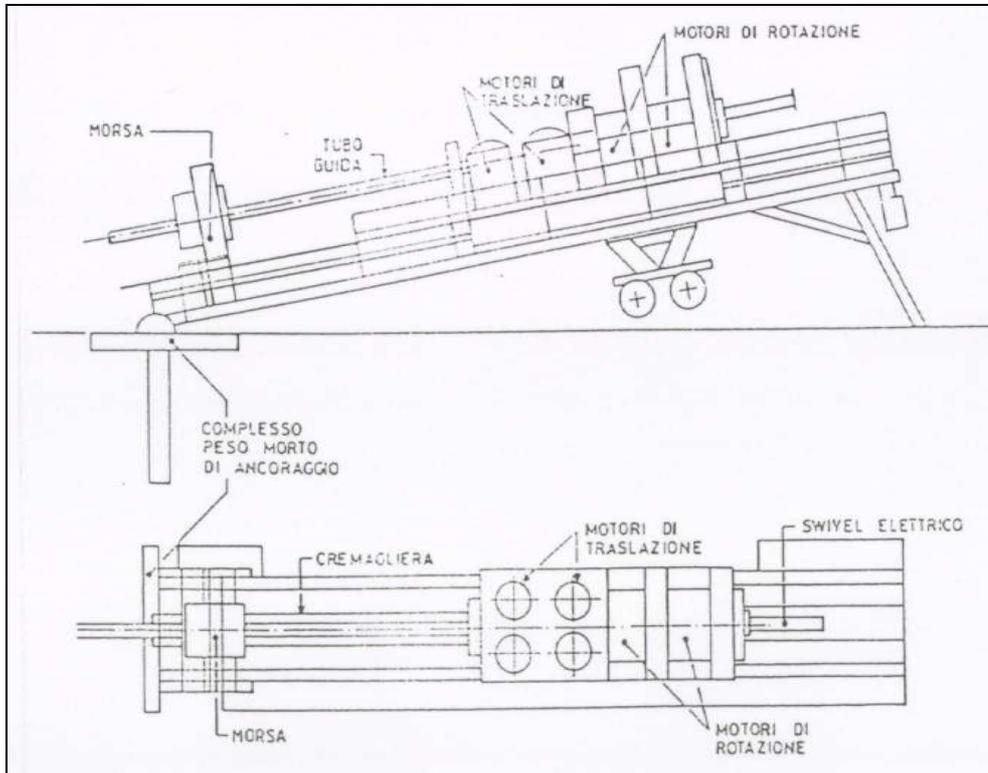


Fig. 3.4.2: Rappresentazione schematica di un Drill Rig

Le figure seguenti rappresentano schematicamente:

Fig. 3.4.3; Fasi di costruzione di una HDD.

Fig. 3.4.4; Esecuzione del foro pilota per una HDD di collegamento off-shore on-shore.

Fig. 3.4.5; Fase di alesaggio del foro pilota per una HDD di collegamento off-shore on-shore.

Fig. 3.4.6; Fase di "pulizia del foro" per una HDD di collegamento off-shore on-shore.

Fig. 3.4.7; Fase di "tiro-posa" della tubazione, come nel caso specifico in esame.

| | | | | |
|---|---|---|----------------------|--|
|  | COMPANY: api nòva energia | Project Job Code: M39542 | | |
| | LOCATION: FALCONARA (ITALY) | Saipem Code: M39542-A-000-GR-71503 | | |
| | PROJECT: LNG Project – Falconara M.ma | Rev. 0 | Page 18 of 43 | |
| |  | | Company Code: | |

HDD Process

The execution phase for a pipeline installation by means of HDD are in general:

- **Step 1.** Drilling of a small diameter pilot hole along a designed curve profile.
- **Step 2.** Pre-reaming of the hole up to a diameter suitable for the installation of the pipeline. On completion of the reaming the hole is normally swabbed with a suitable size barrel swab. Injection of bentonite to maintain the hole against collapse.
- **Step 3.** Pipeline pulling in to the hole (pull-back).

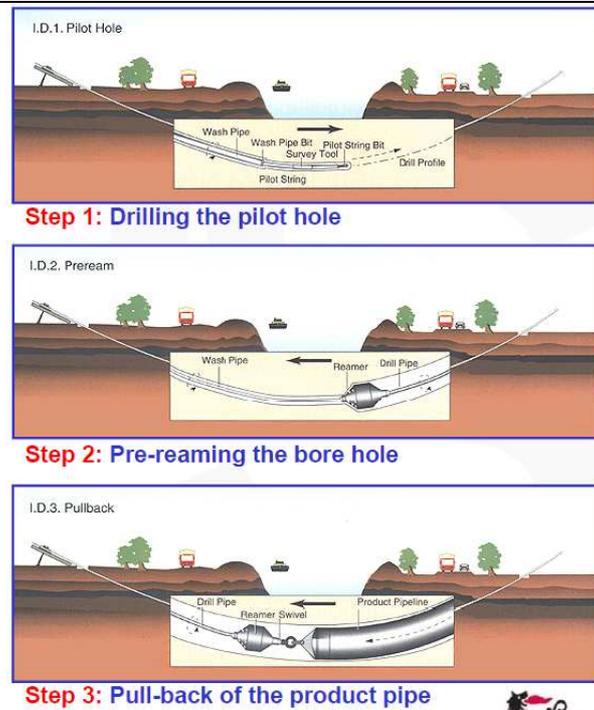


Fig. 3.4.3: Fasi di costruzione di una HDD.

HDD - Step 1: Drilling The Pilot Hole

- Normally, for landfall construction, pilot hole is drilled from shore based HDD equipment to a designated “exit” point offshore;
- A Jet or Cut-head assembly is used at the “front” of the drill pipe;
- Compressed air is blown through the drill bit.

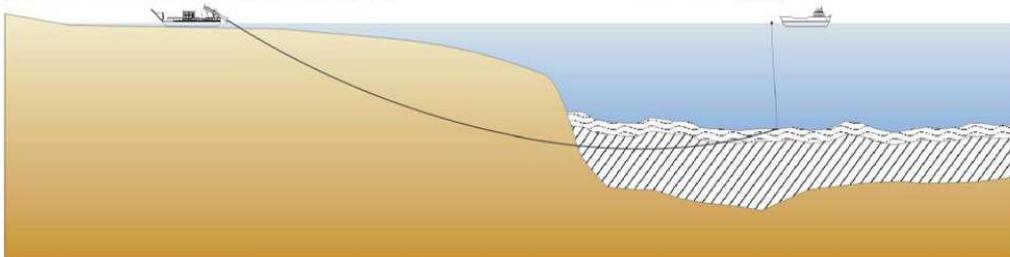


Fig. 3.4.4: Esecuzione del foro pilota per una HDD di collegamento off-shore on-shore.

| | | | |
|---|---|---|----------------------|
|  | COMPANY: api nòva energia | Project Job Code: M39542 | |
| | LOCATION: FALCONARA (ITALY) | Saipem Code: M39542-A-000-GR-71503 | |
| | PROJECT: LNG Project – Falconara M.ma | Rev. 0 | Page 19 of 43 |
| |  | | Company Code: |

HDD – Step 2: Pre-Reaming of Borehole

Pre-reaming is carried out to enlarge the pilot hole prior to pipe installation:

- Reamer is normally connected to the pilot hole at the exit point seawards. Then it is pulled back rotating and jetting from the exit to the drilling rig. Pull-back pipe is added behind the reamer.
- Reamers generally consist of a circular array of cutters and drilling fluid jets.
- Depending on the product pipe diameter several reaming operations may be necessary for progressively enlarging the hole.
- Hole diameter is 50% larger than size of product pipe.

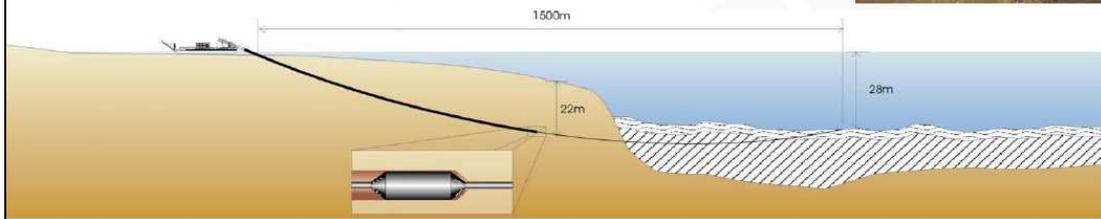


Fig. 3.4.5 Fase di alesaggio del foro pilota per una HDD di collegamento off-shore on-shore

HDD – Step 3: Hole Swabbing / Cleaning

- On completion of the reaming the bore hole will be swabbed with a suitable size barrel swab
- The swab is advanced from the entry surface to the sub-sea exit location and then back to the entry surface location
- High pressure sea water is discharged at the leading end of the swab as it is advanced into the bore hole hydraulically clearing the bore hole of debris
- The swab will verify hole gauge to a suitable size.

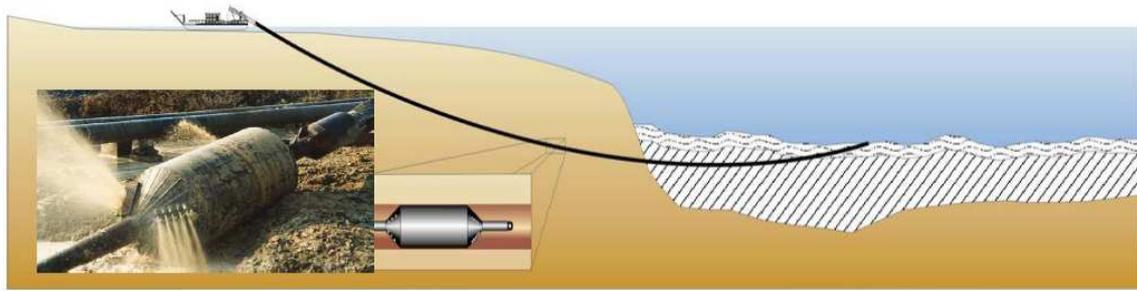


Fig. 3.4.6 Fase di “pulizia del foro” per una HDD di collegamento off-shore on-shore

| | | | | |
|---|---|---|----------------------|--|
|  | COMPANY: api nòva energia | Project Job Code: M39542 | | |
| | LOCATION: FALCONARA (ITALY) | Saipem Code: M39542-A-000-GR-71503 | | |
| | PROJECT: LNG Project – Falconara M.ma | Rev. 0 | Page 20 of 43 | |
| |  | | Company Code: | |

HDD – Step 4: Pull Back of the Product Pipe

- Reamer/swab is retrieved by lay-barge and connected to pipeline pulling head
- Pipes are welded onboard lay-barge. Then the pipeline is pulled into the hole (pull-back)
- When the pipe pulling head reaches the entry point landwards, pulling head is anchored.
- Normal pipe laying can start.
- The drill pipe is connected onto the pre-laid offshore pipeline string and then pulled through the hole using the drilling rig.

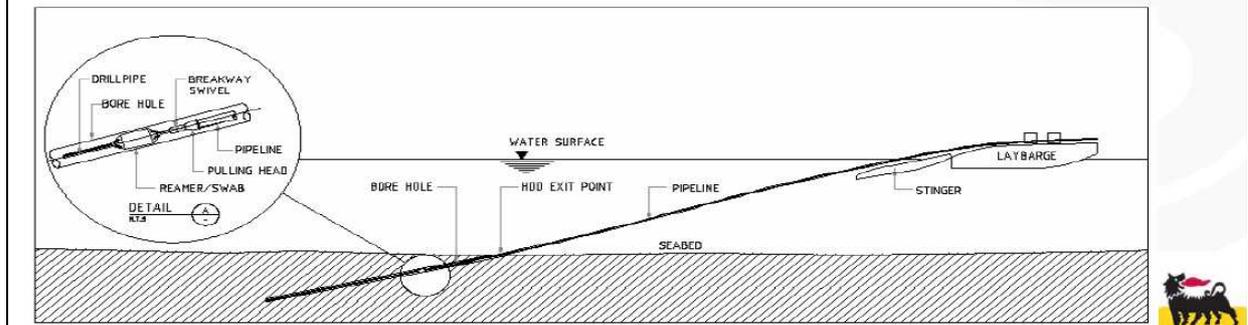


Fig. 3.4.7: Fase di “tiro-posa” della condotta

In relazione a quanto sopraddetto, di seguito vengono analizzati i criteri generali di fattibilità che riguardano le perforazioni con HDD.

3.5 CRITERI GENERALI PER LA FATTIBILITÀ TECNICA DI UNA HDD

La fattibilità di un attraversamento mediante trivellazione orizzontale controllata dipende essenzialmente da quattro ordini di fattori:

- disponibilità di aree adeguate;
- geometria dell'attraversamento;
- compatibilità con la rete idrodinamica del sottosuolo;
- natura litostratigrafica dei terreni.

Disponibilità delle aree di cantiere

La principale valutazione da effettuare in relazione alla disponibilità di adeguate aree di cantiere riguarda lo spazio necessario per la preparazione della colonna pre-saldata sulla “pista di varo”.

Infatti, per evitare possibili fenomeni di blocco della tubazione durante le pause di tiro-posa per saldatura, collaudo e rivestimento dei giunti, è desiderabile, anche se non sempre strettamente necessario, poter approntare la colonna in un'unica sezione di tiro pre-saldata.

Pertanto, la lunghezza dell'attraversamento e la possibilità di effettuare interruzioni del tiro-posa stanno alla base della valutazione della minima estensione longitudinale dell'area di cantiere.

La pista di varo può necessitare di una configurazione geometrica complessa, con la realizzazione di un eventuale rilevato, in relazione alle caratteristiche strutturali della tubazione da posare. Durante la fase di tiro-posa, infatti, la tubazione deve sempre configurarsi con un profilo geometrico compatibile con le tensioni ammissibili del materiale di cui è costituita.

| | | | |
|---|---|---|----------------------|
|  | COMPANY: api nòva energia | Project Job Code: M39542 | |
| | LOCATION: FALCONARA (ITALY) | Saipem Code: M39542-A-000-GR-71503 | |
| | PROJECT: LNG Project – Falconara M.ma | Rev. 0 | Page 21 of 43 |
| |  | | Company Code: |

Deve essere inoltre disponibile un'adeguata area di cantiere in prossimità della postazione di spinta, per l'installazione di tutte le apparecchiature e lo stoccaggio dei materiali.

Geometria della trivellazione

Le caratteristiche strutturali e geometriche della tubazione definiscono i limiti ammissibili per la geometria della trivellazione, in particolare per quanto riguarda il raggio di curvatura minimo e gli angoli in entrata ed uscita rispetto all'orizzontale.

L'esame della fattibilità di un attraversamento richiede pertanto la valutazione della effettiva possibilità di applicare una determinata geometria della tubazione alla morfologia del sito da trivellare.

Gli angoli di ingresso ed uscita variano preferibilmente (in funzione della rigidità della tubazione e del tipo di rig) tra i 5° ed i 18° sull'orizzontale, anche se attrezzature particolari possono attualmente raggiungere inclinazioni sull'orizzontale di 45°.

Il raggio di curvatura della trivellazione deve essere determinato in modo da non superare quello ammissibile per la tubazione e da facilitare le operazioni di tiro-posa.

Infine, la definizione del profilo di progetto non può non tenere in conto le limitazioni dovute alla presenza di strutture ed infrastrutture in adiacenza o sull'asse di perforazione. In tali casi, debbono essere tenute distanze di sicurezza dettate sia da valutazioni relative alla stabilità che da esigenze di tipo ambientale ed operativo.

Compatibilità idrogeologica

Per quanto riguarda la compatibilità idrogeologica, in generale, si può affermare che le maggiori criticità connesse alla metodologia dell'HDD dipendono dalla possibilità di creare canali preferenziali per il deflusso delle acque. Tale condizione è particolarmente critica, ad esempio, nel caso di attraversamenti di corsi d'acqua arginati che, in funzione del dislivello piezometrico, possono subire fenomeni di sifonamento ed il conseguente danneggiamento delle strutture arginali.

Natura del terreno

La conoscenza delle caratteristiche geotecniche e stratigrafiche del terreno da attraversare è essenziale per esprimere il giudizio di fattibilità, nel caso della HDD come in ogni altro progetto di attraversamento ed in particolare per gli attraversamenti di tipo trenchless.

Per la definizione dell'influenza che la natura del terreno riveste nel processo decisionale, è importante una conoscenza del comportamento delle diverse litologie in fase di trivellazione. In generale, il foro trivellato può comportarsi in due modi diversi, dipendentemente dalla natura del terreno attraversato:

- in terreni prevalentemente coesivi prevale generalmente il comportamento "a foro aperto": il terreno viene tagliato meccanicamente ed il foro resta aperto per un tempo variabile, ma comunque sufficiente a permettere le operazioni di tiro-posa senza richiudersi. In questo caso, si verifica all'interno del foro un flusso costante di miscela di perforazione, dagli alesatori alla superficie, che mantiene in sospensione il materiale di scavo e lo avvia all'esterno;
- in terreni incoerenti, prevale invece il comportamento "a foro fluido", nel quale il foro in quanto tale non esiste e l'azione di taglio, prevalentemente idraulica, è esercitata dai getti di fango che si miscelano ai materiali incontrati costituendo un volume uniforme di terreno allo stato fluido, assimilabile ad un "tubo di flusso". In questo caso, il flusso di fanghi dagli alesatori alla superficie non è mantenuto, in quanto tutti i fanghi immessi si miscelano al terreno di scavo. Durante il tiro-posa la tubazione viene pertanto tirata facendola di fatto galleggiare all'interno del tubo di flusso.

Le due schematizzazioni sopra riportate corrispondono, naturalmente, a comportamenti estremi; nello stesso tipo di terreno essi saranno presenti in funzione del diametro del foro da eseguire. Inoltre, in conseguenza delle caratteristiche litostratigrafiche dei terreni alluvionali generalmente riscontrati negli attraversamenti fluviali, in genere è molto probabile che in uno stesso attraversamento coesistano entrambi i tipi di comportamento.

| | | | |
|---|---|---|----------------------|
|  | COMPANY: api nòva energia | Project Job Code: M39542 | |
| | LOCATION: FALCONARA (ITALY) | Saipem Code: M39542-A-000-GR-71503 | |
| | PROJECT: LNG Project – Falconara M.ma | Rev. 0 | Page 22 of 43 |
| |  | | Company Code: |

La struttura del foro aperto, che è la più favorevole per la posa della tubazione, si verifica con maggiore probabilità all'aumentare dello stato di consistenza nelle argille e dell'addensamento nelle sabbie. In quest'ultimo caso, il foro può rimanere aperto anche grazie ai deboli fenomeni di cementazione che frequentemente si riscontrano in sabbie molto addensate.

Le perforazioni mediante HDD sono generalmente realizzabili in un vasto campo di litotipi, esteso dalle argille molli fino alle rocce tenere. E' evidente l'ampiezza di tali limiti, pur restando requisiti essenziali per la riuscita della perforazione l'esperienza dell'impresa esecutrice e l'eventuale adattamento delle attrezzature di scavo alle situazioni litologiche locali.

Le limitazioni alla fattibilità dell'attraversamento collegate alla natura litostratigrafica dei terreni sono riconducibili essenzialmente a due situazioni particolarmente gravose: perforazione di litotipi rocciosi e di terreni aventi un'elevata percentuale di materiale grossolano.

In presenza di roccia, è possibile effettuare la trivellazione ma è necessario osservare che, in relazione alla durezza del materiale ed al diametro della tubazione da installare, possono nascere difficoltà legate alla disponibilità di utensili ed aste di perforazione appropriati agli sforzi previsti.

La presenza di materiale grossolano (ghiaia, ciottoli, detrito grossolano, roccia intensamente fratturata) costituisce uno dei limiti più marcati di questo tipo di trivellazione, soprattutto quando la percentuale di elementi con dimensioni della ghiaia o superiori sia maggiore del 60% in peso del totale; oltre tale limite, infatti, la granulometria dei terreni costituisce un ostacolo sia per le operazioni di alesatura che per il mantenimento del foro.

Anche in presenza di percentuali inferiori, tuttavia, l'utilizzo della HDD può essere problematico, perché tutti i materiali di scavo (*cuttings*) che non restano in sospensione tendono a depositarsi sul fondo del foro e, durante la fase di tiro-posa, davanti alla sezione di tiro. Per questo motivo in presenza di ghiaia e ciottoli può essere opportuno allargare il foro ad un diametro almeno doppio rispetto a quello della tubazione da posare; così facendo, durante il tiro-posa la tubazione può scorrere al di sopra del materiale depositato, senza trascinarlo ed evitando quindi il blocco della colonna.

Concludendo queste considerazioni preme comunque ribadire che, analogamente a quanto accade per la tipologia microtunneling, le schematizzazioni sopra riportate hanno valore puramente indicativo, essendo necessario affrontare ogni attraversamento come un caso a se stante, valutando correttamente tutte le situazioni locali che possono costituire pregiudizio per la buona riuscita del lavoro.

Si segnala, ad esempio, come le combinazioni tra i diversi tipi di terreno possano costituire elemento decisivo per l'espressione del giudizio di fattibilità, soprattutto con riferimento alle zone di contatto o transizione tra litotipi diversi ed alla influenza che la natura dei terreni ha sulla scelta degli utensili di perforazione; è evidente che marcate disomogeneità nella resistenza al taglio e nella natura del terreno, con alternanze tra materiali lapidei e terrosi aventi rapporti tra gli strati e/o giaciture sfavorevoli, possono costituire, in tal senso, un sensibile motivo di impedimento alla applicazione del metodo.

Un altro elemento da valutare, di difficile schematizzazione se riferito al caso generale, è quello del rischio di rottura del terreno per effetto dei fanghi di perforazione: le pressioni di tali fanghi, utilizzate per assicurare la necessaria azione di taglio nel terreno e/o il trasporto dei *cuttings* verso la superficie, possono provocare fenomeni di *blow-out*, soprattutto in corrispondenza dei tratti di perforazione a modesta profondità, qualora particolari condizioni locali (ad esempio nel caso di un pre-esistente stato di fessurazione diffusa del terreno) favoriscano lo sviluppo di rotture al di sopra della tubazione oppure quando, per motivi operativi, si renda necessario un incremento temporaneo delle pressioni di lavoro.

3.6 FATTIBILITÀ TECNICA E CARATTERISTICHE DEL MICROTUNNEL E DELLA HDD IN PROGETTO

Come già evidenziato in precedenza, la soluzione di progetto selezionata per l'esecuzione dell'attraversamento dell'approdo costiero alla Raffineria api è quella mediante microtunnel con tubi in c.a. per la condotta 32" e mediante HDD per la posa del cavo PFOC.

| | | | | |
|--|---|---|----------------------|--|
|   | COMPANY: api nòva energia | Project Job Code: M39542 | | |
| | LOCATION: FALCONARA (ITALY) | Saipem Code: M39542-A-000-GR-71503 | | |
| | PROJECT: LNG Project – Falconara M.ma | Rev. 0 | Page 23 of 43 | |
| |  | | Company Code: | |

Il ricorso all'HDD si è reso necessario per l'impossibilità, per motivi di sicurezza, di inserire in uno stesso manufatto il cavo di potenza e la condotta di metano. Inoltre, in questo modo, si possono contenere le dimensioni del diametro del microtunnel (1800 mm) e diminuire sostanzialmente la dimensione degli scavi all'uscita del microtunnel durante le operazioni di pre e post-trenching.

Gli aspetti geolitologici ed idrogeologici sono stati ricavati sulla base dei dati disponibili e riportati nella *Sezione 2* e nei Rif. /9/ e /10/.

L'analisi delle caratteristiche geotecniche e idrogeologiche dei terreni non hanno evidenziato criticità particolari che possano compromettere la fattibilità dell'opera dal punto di vista geologico, idrogeologico e della stabilità dei terreni.

In particolare, dal piano campagna verso il basso, i terreni di trivellazione sono sostanzialmente costituiti da:

- un livello superficiale di riporti antropici (nel tratto all'interno della Raffineria api);
- sabbie a granulometria media e grossolana;
- un livello di limo argilloso posizionato tra le quote -7,70 e -11,50 m slm;
- ghiaie e sabbie (sottostanti ai limi argillosi).

Il livello di limi argillosi, a bassa permeabilità, costituisce la barriera idrodinamica in direzione verticale per il confinamento delle acque di falda all'interno dell'area della raffineria.

Sulla base di tali caratteristiche, le due trenchless sono state configurate con lo scopo sia di garantire la stabilità dei terreni sia di evitare ogni possibile impatto sull'assetto idrogeologico dell'area, assicurando il mantenimento della piena funzionalità del sistema di barriera idraulico attualmente in esercizio presso la Raffineria.

Infine, la definizione dei profili di progetto ha evitato interferenze con la scogliera litoranea esistente.

Gli elaborati grafici allegati, Rif. /4/, /5/ e /3/, riportano le caratteristiche geometriche di progetto ed i profili longitudinali delle due trivellazioni.

Di seguito si descrivono le principali caratteristiche di progetto delle due trenchless.

3.6.1 Fattibilità tecnica del microtunnel in progetto

Fattibilità geolitologica

Specificatamente per quanto riguarda il microtunnel, dal punto di vista litologico, si tratta di terreni che si prestano molto bene per essere trivellati. Pertanto il posizionamento dell'asse di trivellazione all'interno delle fasce litologiche dipende esclusivamente dalla necessità di assegnare coperture alla trivellazione adeguate per evitare fenomeni di rottura dei terreni che possano dare luogo a venute dei fanghi di perforazione in superficie e quindi nell'ambiente marino.

Riguardo a tale aspetto, il microtunnel è stato posizionato con coperture ritenute del tutto di garanzia, Rif /4/.

Configurazione geometrica del microtunnel e stabilità dei terreni

La configurazione geometrica del microtunnel è la seguente, Rif. /4/ e /3/:

- lunghezza complessiva del microtunnel: circa 662 m (proiezione rettilinea);
- diametro interno minimo: 1800 mm;
- pendenza longitudinale: 0,13%;
- Copertura del microtunnel:
 - circa 11,85 m presso la postazione di trivellazione, Fig. 3.6.1;
 - circa 8 metri in corrispondenza della scogliera presente sulla linea di costa;

| | | | |
|---|---|---|----------------------|
|  | COMPANY: api nòva energia | Project Job Code: M39542 | |
| | LOCATION: FALCONARA (ITALY) | Saipem Code: M39542-A-000-GR-71503 | |
| | PROJECT: LNG Project – Falconara M.ma | Rev. 0 | Page 24 of 43 |
| |  | | Company Code: |

- variabile nel tratto offshore da 8 metri a 1,50 m (in corrispondenza della postazione di recupero a mare, Fig. 3.6.2).

Nel tratto off-shore caratterizzato da coperture del microtunnel inferiori a 3,50 metri la stabilità dei terreni verrà garantita con un controllo puntuale delle pressioni dei fanghi di perforazione, mentre nell'ultimo tratto di perforazione nei pressi della postazione di recupero a mare questa verrà garantita con l'utilizzo di miscele a base di polimeri biodegradabili in sostituzione della miscela bentonitica.

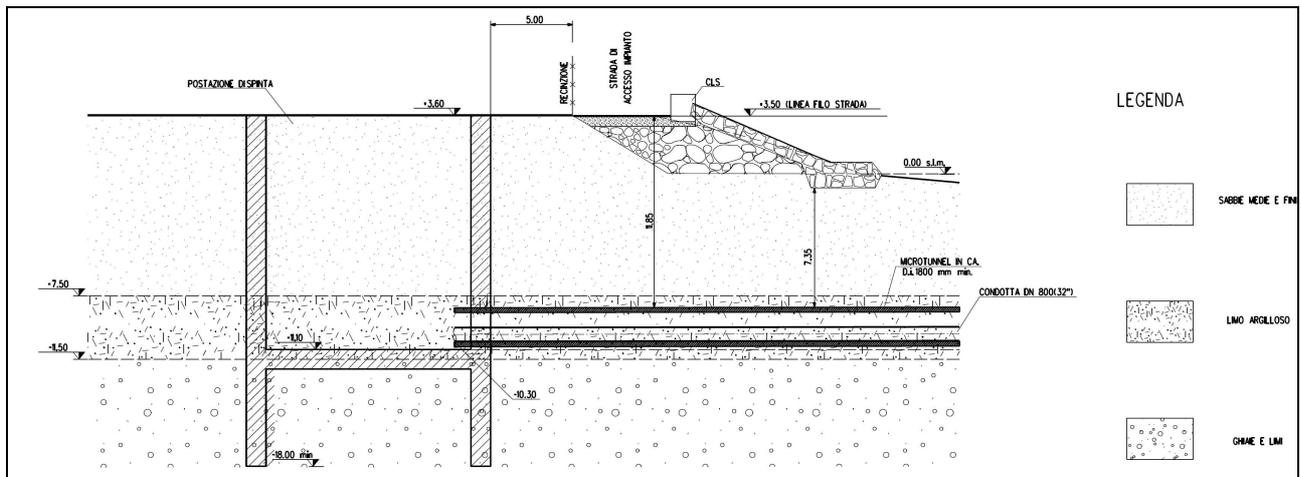


Fig. 3.6.1: Profilo longitudinale in asse microtunnel in corrispondenza della postazione di trivellazione.

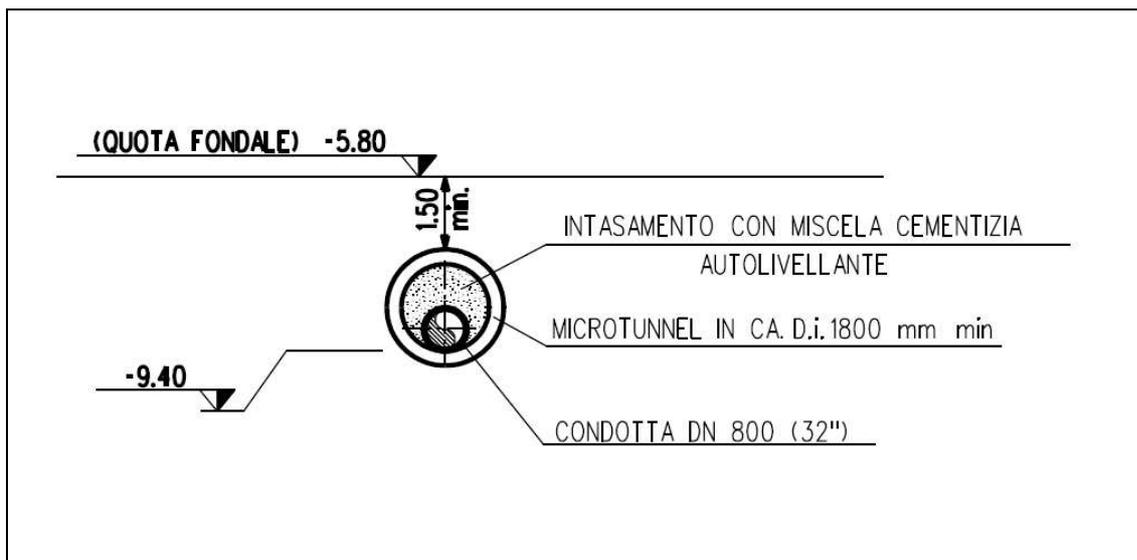


Fig. 3.6.2: Sezione trasversale del microtunnel in corrispondenza della postazione di recupero a mare.

| | | | |
|---|---|---|----------------------|
|  | COMPANY: api nòva energia | Project Job Code: M39542 | |
| | LOCATION: FALCONARA (ITALY) | Saipem Code: M39542-A-000-GR-71503 | |
| | PROJECT: LNG Project – Falconara M.ma | Rev. 0 | Page 25 of 43 |
| |  | | Company Code: |

Impatto sull'assetto idrogeologico

Con riferimento al contenimento delle acque di falda all'interno del perimetro dell'area della raffineria, si ritiene che la soluzione adottata per il sistema "microtunnelling" sia idonea a garantire che non ci sia nessun impatto sull'assetto idrogeologico dei terreni, ed in particolare sulla funzionalità del sistema di barriera idraulica della Raffineria, sia nella direzione verticale che in quella orizzontale delle linee di deflusso.

Infatti, le tipologie costruttive utilizzate per la realizzazione della postazione (descritte in dettaglio nella sezione 5) sono ritenute idonee a garantire che in tutte le fasi costruttive non si verifichi l'instaurarsi di un dislivello piezometrico con un conseguente effetto di migrazione delle acque di falda. In particolare, durante le fasi di scavo e getto dei diaframmi continui in c.a. sul perimetro della postazione, il foro di scavo è riempito con fanghi bentonitici che, in aggiunta alla stabilità del foro, assicurano l'impermeabilizzazione dello scavo stesso. Nelle fasi seguenti, essendo il pozzo perfettamente a tenuta idraulica, non possono instaurarsi fenomeni di migrazione/deflusso delle acque di falda tra il pozzo stesso e l'ambiente esterno. Ciò permette di prevenire ogni potenziale alterazione della impermeabilizzazione nello strato di limo argilloso per effetto della costruzione della postazione di trivellazione.

Infine, si evidenzia che durante tutte le fasi di avanzamento della trivellazione l'insieme "postazione di spinta/microtunnel" si comporta anch'esso come un sistema idraulicamente isolato, che impedisce il potenziale instaurarsi di un deflusso preferenziale lungo il profilo del microtunnel (sia all'esterno che al suo interno).

3.6.2 Fattibilità tecnica della HDD in progetto

Fattibilità geo-litologica

In generale, dal punto di vista litologico, i terreni sabbiosi, limosi e argillosi si prestano molto bene per essere trivellati con una HDD. Per questo motivo, il posizionamento dell'asse di trivellazione della HDD è stato definito all'interno delle fasce litologiche che escludono la presenza di livelli ghiaiosi che potrebbero presentare problemi di fattibilità durante l'avanzamento.

In corrispondenza della postazione del Rig, è presente uno strato di materiale di riporto grossolano che potrebbe rappresentare un problema ai fini dell'avanzamento della trivellazione (cfr. Fig.3.6.3). Per tale motivo, si prevede l'utilizzo di un tubo casing in acciaio attraverso il quale avviare le operazioni di trivellazione della HDD.

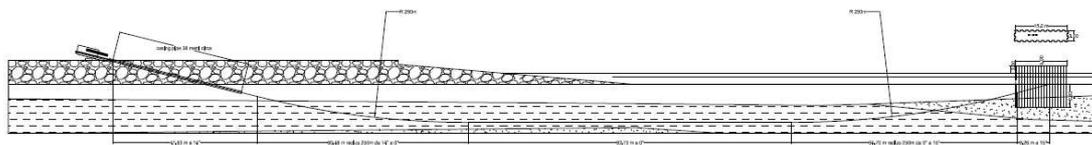


Fig. 3.6.3: Sezione longitudinale in asse HDD con schematizzazione dei livelli litostratigrafici

Configurazione geometrica della HDD

La configurazione geometrica della HDD è la seguente, Rif. /3/:

- lunghezza: circa 260 m a configurazione curvilinea;
- il diametro minimo del tubo casing in HDPE sarà di diametro adeguato, approssimativamente pari a 250 mm, per l'inserimento del PFOC al suo interno;
- angoli di ingresso e di uscita: circa 15°;
- raggio di curvatura: 250 m;
- utilizzo di un tubo casing in acciaio in corrispondenza dell'inizio perforazione.

La HDD è stata progettata con coperture ritenute di garanzia rispetto ad eventuali fenomeni di rottura dei terreni e conseguente blow-out con venuta a giorno di fanghi di perforazione.

| | | | |
|---|---|---|----------------------|
|  | COMPANY: api nòva energia | Project Job Code: M39542 | |
| | LOCATION: FALCONARA (ITALY) | Saipem Code: M39542-A-000-GR-71503 | |
| | PROJECT: LNG Project – Falconara M.ma | Rev. 0 | Page 26 of 43 |
| |  | | Company Code: |

In particolare la copertura sarà:

- circa 14 metri in corrispondenza della scogliera presente sulla linea di costa;
- circa 10 metri nel tratto offshore in corrispondenza del tratto centrale della trivellazione.

Impatto sull'assetto idrogeologico

Rispetto al contenimento delle acque di falda all'interno del perimetro dell'area di raffineria, si ritiene che la soluzione adottata per la HDD sia idonea a garantire che non ci sia nessun impatto sull'assetto idrogeologico dei terreni.

Nello specifico, infatti, i potenziali impatti dei lavori sull'assetto idrogeologico sono da ricercare nella eventuale immissione di fanghi di perforazione nell'ambiente marino. Con lo scopo di evitare questa eventualità, nel punto di recupero a mare della trivellazione si prevede, così come da prassi consolidata e da esperienza maturata su precedenti realizzazioni, la realizzazione di sistema di contenimento costituito da un palancolato metallico del tutto simile a quello rappresentato in Fig. 3.6.4. Le sue dimensioni, Rif. /3/, sono ritenute del tutto idonee per contenere e recuperare i fanghi di perforazione.

Il volume di fanghi da trattare in accordo alla normativa vigente assommano a circa 50 m³.



Fig. 3.6.4: Postazione di recupero con palancole per il contenimento e il recupero dei fanghi di perforazione

| | | | | |
|--|---|---|----------------------|--|
|   | COMPANY: api nòva energia | Project Job Code: M39542 | | |
| | LOCATION: FALCONARA (ITALY) | Saipem Code: M39542-A-000-GR-71503 | | |
| | PROJECT: LNG Project – Falconara M.ma | Rev. 0 | Page 27 of 43 | |
| |  | | Company Code: | |

4 CARATTERISTICHE E REQUISITI TECNICI DEL MICROTUNNEL E DELLA HDD IN PROGETTO

In relazione alle caratteristiche delle aree di attraversamento già delineate e ai requisiti descritti nel precedente paragrafo, di seguito sono elencate le caratteristiche di progetto ed i requisiti tecnici ritenuti necessari nella realizzazione del microtunnel e della HDD con lo scopo di garantire la stabilità dei terreni e la sicurezza dell'opera in progetto.

I requisiti tecnici per ognuno dei due sistemi costruttivi sono richiesti in relazione alla presenza della falda freatica e alla stabilità geotecnica dei terreni durante le fasi di avanzamento.

4.1 AREE DI CANTIERE

Il cantiere di costruzione del microtunnel e della HDD sarà ubicato all'interno dell'area della Raffineria api, vedi Rif. /2/.

Le attività di costruzione saranno eseguite quasi interamente all'interno di quest'area ad eccezione di quelle ubicate in area offshore, di seguito elencate:

Microtunnel

- realizzazione degli scavi per la buca di recupero della fresa nel punto di uscita del microtunnel a mare e recupero della fresa stessa;
- scavi di pre-trenching dall'uscita del microtunnel verso il largo;
- operazioni di installazione della condotta (da mare verso terra) con nave posatubi;

HDD

- realizzazione della postazione di recupero della HDD (lato mare con palancolato);
- operazioni di installazione del tubo porta-cavo e del PFOC (da mare verso terra);
- rimozione della postazione di recupero della HDD.

4.2 CARATTERISTICHE E REQUISITI DELLA POSTAZIONE DI SPINTA A TERRA PER IL MICROTUNNEL

La realizzazione del pozzo di trivellazione, vedi Rif. /5/, dovrà rispettare le dimensioni sufficienti per effettuare tutte le lavorazioni occorrenti per la realizzazione del microtunnel e per il montaggio della condotta.

Metodologia costruttiva della postazione di trivellazione

Per la realizzazione delle strutture di contenimento della postazione di trivellazione sono state adottate le seguenti tipologie costruttive:

- diaframmi continui in c.a. sul perimetro del pozzo con lo scopo di contenere la spinta delle terre e creare una barriera impermeabile tra l'ambiente esterno e quello interno. I diaframmi verranno realizzati con pannelli primari e pannelli secondari utilizzando una idrofresa, in grado di realizzare l'impermeabilizzazione dei giunti verticali tra due pannelli contigui;
- telai metallici di contrasto da posizionare orizzontalmente con lo scopo di diminuire le sollecitazioni flessionali sul diaframma in c.a.;
- trattamento con jet-grouting del terreno sottostante il piano di calpestio del pozzo da effettuare dal piano campagna (prima dello scavo dell'interno del pozzo) con il duplice scopo di contrastare le sottospinte idrauliche ed inibire il processo di filtrazione dell'acqua all'interno del pozzo, dal basso verso l'alto.

| | | | |
|---|---|---|----------------------|
|  | COMPANY: api nòva energia | Project Job Code: M39542 | |
| | LOCATION: FALCONARA (ITALY) | Saipem Code: M39542-A-000-GR-71503 | |
| | PROJECT: LNG Project – Falconara M.ma | Rev. 0 | Page 28 of 43 |
| |  | | Company Code: |

Fasi di costruzione

Dal punto di vista della operatività, la costruzione del pozzo prevede le seguenti fasi operative:

- realizzazione del diaframma continuo lungo il perimetro del pozzo;
- perforazioni e iniezioni con le tecniche del jet-grouting all'interno dell'area perimetrata del diaframma in c.a.; il trattamento del terreno con miscele cementizie sarà effettuato esclusivamente al di sotto del piano di calpestio finito del pozzo, mentre al di sopra di tale piano, la perforazione sarà effettuata "a vuoto";
- scavo parziale del terreno all'interno del pozzo fino ad una profondità di circa 4 m e predisposizione in orizzontale del telaio metallico di contrasto;
- successivo scavo e predisposizione del secondo telaio e così via fino a fondo pozzo;
- realizzazione del piano di calpestio in c.a. di fondo pozzo;
- alloggiamento nel pozzo delle strutture di trivellazione ed inizio della trivellazione.

Caratteristiche dimensionali e requisiti funzionali della postazione

In base a quanto evidenziato in precedenza, la postazione di trivellazione dovrà avere le dimensioni minime descritte nel Rif. /5/ ed elencate di seguito:

- dimensione interna longitudinale: 12,5 m;
- dimensione interna trasversale: 6,50 m;
- profondità del piano di calpestio sul fondo: 14,70 m.

Le dimensioni planimetriche del pozzo sono le minime necessarie non tanto ai fini della costruzione del microtunnel, quanto per garantire accettabili condizioni operative e di sicurezza durante le fasi di costruzione. Inoltre, sono anche necessarie per poter disporre di spazi minimi per l'assemblaggio, le saldature e i collegamenti della condotta 32".

Dovranno essere realizzate strutture di contenimento verticali e del piano di calpestio con tipologie adeguate a resistere a tutte le sollecitazioni esterne (spinta delle terre, spinta idrostatica, pressione della stazione di spinta principale e sovraccarichi al piano campagna). In particolare, nella realizzazione del pozzo, dovendo essere realizzato sottofalda, dovranno essere adottate tipologie strutturali che garantiscano la tenuta idraulica del pozzo e la sua durabilità nel tempo.

Il pozzo dovrà essere equipaggiato per garantire la sicurezza degli operatori, sia durante le fasi di realizzazione dell'opera che successivamente durante l'esercizio dell'impianto.

4.3 CARATTERISTICHE DELLA POSTAZIONE DI RECUPERO IN MARE

La postazione per il recupero in mare della fresa dovrà essere realizzata con dimensioni sufficienti per effettuare le operazioni di sganciamento, sollevamento e rimozione della fresa (cfr. Fig.4.4.1 e Rif. /4/). Tali operazioni potranno essere effettuate da un idoneo mezzo marino, provvisto di un sistema per lo scavo della trincea e della postazione di recupero. Per la realizzazione dello scavo, in funzione della natura dei terreni presenti, potranno essere utilizzati sistemi di dragaggio o di aspirazione.

Il pre-scavo della trincea a mare sarà realizzato prima dell'ultimazione della trivellazione e dovrà presentare caratteristiche dimensionali idonee per il recupero subacqueo della fresa.

| | | | | |
|---|---|---|----------------------|--|
|  | COMPANY: api nòva energia | Project Job Code: M39542 | | |
| | LOCATION: FALCONARA (ITALY) | Saipem Code: M39542-A-000-GR-71503 | | |
| | PROJECT: LNG Project – Falconara M.ma | Rev. 0 | Page 29 of 43 | |
| |  | | Company Code: | |

In considerazione dei dati geotecnici preliminari disponibili si ritiene di poter eseguire lo scavo assecondando la pendenza naturale del terreno: nel caso in cui i dati geotecnici definitivi dovessero rilevare caratteristiche del fondo marino tali da far prevedere eventuali rischi di cedimento del terreno, si procederà a delimitare solo lateralmente tramite palancolato metallico l'area dedicata allo scavo per il recupero della fresa.

L'altezza di tale palancolato metallico, finalizzato unicamente a prevenire eventuali rischi di cedimento del terreno, sarà di qualche metro superiore al livello del sedime marino.

La postazione di recupero sarà eseguita all'interno della trincea pre-scavata, a circa 3,5 metri dal fondo marino, in corrispondenza di un battente di acqua di circa 6,5 metri. Una volta raggiunta la progressiva finale con la posa del microtunnel, si procederà con la messa in luce dell'intera testa fresante e di 2-3 conci in c.a.. I primi elementi tubolari saranno opportunamente giuntati con speciali sistemi per evitare che, quando fuoriusciti dalla trivellazione, possano aprirsi.



Fig. 4.4.1: Operazioni sottomarine per il recupero della testa fresante (Estratto da "Trenchless installation methods of Sea Outfalls")

4.4 REQUISITI TECNICI E CARATTERISTICHE DEL MICROTUNNEL

Tubi di rivestimento in c.a.

I tubi di rivestimento che saranno impiegati, sono anelli prefabbricati in conglomerato cementizio armato. In considerazione degli elevati standard di qualità richiesti alle tubazioni, i manufatti in calcestruzzo armato saranno prodotti in stabilimento di prefabbricazione con materiali di qualità e caratteristiche controllate e certificate e presenteranno resistenze garantite per le massime sollecitazioni prevedibili. Il tubo di rivestimento sarà, inoltre, a tenuta idraulica, corredato di giunti anch'essi a tenuta idraulica, capaci di resistere ad una pressione $\geq 5-7$ atm.

I manufatti, infine, saranno dotati di valvole di iniezione necessarie per eseguire nel terreno di trivellazione iniezioni fluidificanti con miscele bentonitiche o polimeriche durante le fasi di avanzamento ed iniezioni a base di miscele di cemento e bentonite per l'intasamento dell'intercapedine "terreno-tubo di protezione" nelle fasi finali di costruzione del minitunnel.

I tubi di rivestimento avranno un diametro interno di almeno 1800 mm. Lo spessore minimo degli elementi tubolari sarà 200 mm.

This document is property of **Saipem SpA** who will safeguard its rights according to law civil and penal provisions.

| | | | | |
|---|---|---|----------------------|--|
|  | COMPANY: api nòva energia | Project Job Code: M39542 | | |
| | LOCATION: FALCONARA (ITALY) | Saipem Code: M39542-A-000-GR-71503 | | |
| | PROJECT: LNG Project – Falconara M.ma | Rev. 0 | Page 30 of 43 | |
| |  | | Company Code: | |

Giunti di tenuta idraulica

Le giunzioni tra i tubi di rivestimento (Fig. 4.4.2) saranno di tipologia idonea per consentire la deviazione angolare del tunnel e la tenuta idraulica: l'incastro ed il centraggio tra due tubi successivi saranno garantiti mediante opportuna sagomatura dei bordi oppure con collari in acciaio annegati nel getto, la tenuta idraulica del giunto sarà assicurata da anelli in gomma.

Essendo richiesta l'ispezionabilità del tunnel durante tutte le fasi costruttive, si porranno in opera giunti di tenuta idraulica tra i conci di caratteristiche sperimentate e certificate nelle condizioni di esercizio più gravose.

Nella estremità del tunnel lato mare, negli ultimi 50 m, gli elementi tubolari saranno collegati saldamente dall'interno del tunnel al fine di ridurre al minimo le irregolarità di centramento e di supportare gli sforzi nella fase di inondazione del tunnel. Gli ultimi elementi tubolari all'estremità saranno eventualmente zavorrati procedendo con appesantimenti sul fondale marino con lo scopo di evitarne il galleggiamento.



Fig. 4.4.2: Conci tubolari in c.a. prefabbricati. Il giunto di tenuta idraulica è già installato.

Caratteristiche della testa fresante (fig.4.4.3)

La fresa selezionata sarà a sezione integrale ed a bilanciamento di pressione idrostatica, adattata in stabilimento per il suo recupero subacqueo. In particolare la testa fresante sarà predisposta con ganci per il suo sollevamento durante le operazioni di recupero. A titolo indicativo, una fresa potenzialmente adatta per il lavoro in questione è la fresa AVND2000AB della Herrenknecht, è composta da tre segmenti di lunghezza complessiva di 9,30 metri e ha un peso approssimativo di 40 t.

| | | | | |
|---|---|---|----------------------|--|
|  | COMPANY: api nòva energia | Project Job Code: M39542 | | |
| | LOCATION: FALCONARA (ITALY) | Saipem Code: M39542-A-000-GR-71503 | | |
| | PROJECT: LNG Project – Falconara M.ma | Rev. 0 | Page 31 of 43 | |
| |  | | Company Code: | |

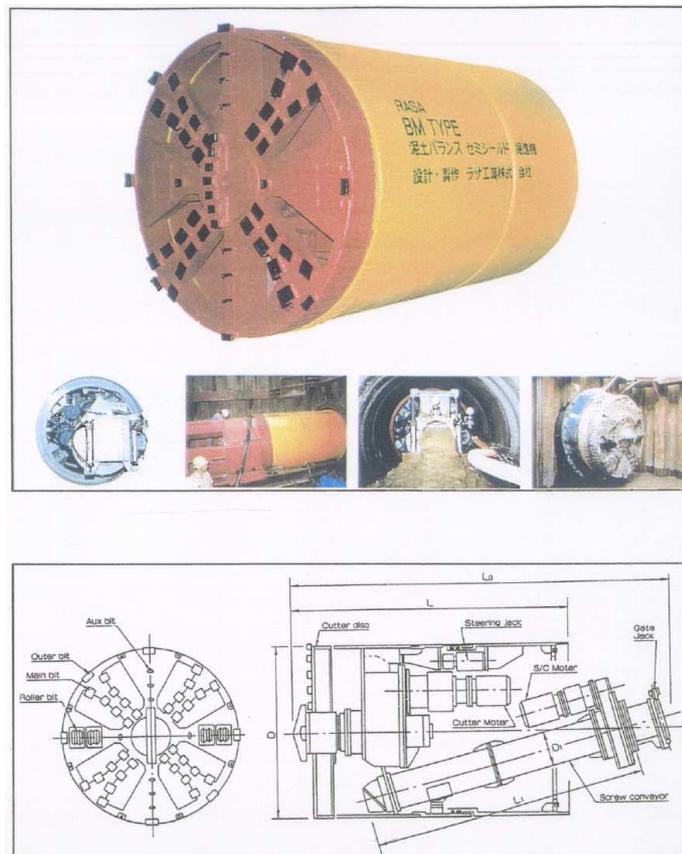


Fig. 4.4.3: Fresa a bilanciamento di pressione idrostatica

Caratteristiche dei materiali

La composizione del calcestruzzo degli elementi tubolari, le miscele dei fanghi di perforazione utilizzati durante l'avanzamento del microtunnel, la miscela cementizia per l'intasamento finale dell'intercapedine tra tubi in c.a. e condotta DN 800 (32"), saranno idonee per essere utilizzate in ambiente marino.

Stazione di spinta principale e stazioni di spinta intermedie

La potenza della stazione di spinta principale (fig. 4.4.4) sarà adeguata alle previste resistenze all'avanzamento, al numero delle eventuali stazioni intermedie ed alle modalità e caratteristiche esecutive che verranno adottate in fase di avanzamento della trivellazione. L'unità di spinta principale verrà messa a contrasto con il muro reggispinta realizzato all'interno della postazione di partenza della trivellazione.

| | | | | |
|---|---|---|----------------------|--|
|  | COMPANY: api nòva energia | Project Job Code: M39542 | | |
| | LOCATION: FALCONARA (ITALY) | Saipem Code: M39542-A-000-GR-71503 | | |
| | PROJECT: LNG Project – Falconara M.ma | Rev. 0 | Page 32 of 43 | |
| |  | | Company Code: | |



Fig. 4.4.4: Predisposizione di una testa fresante nella postazione di trivellazione onshore

Sistema di controllo dell'avanzamento della trivellazione

Sarà approntato un sistema per il controllo (durante l'avanzamento) della direzionalità del tunnel (strumentazione ottica e laser), delle potenze impiegate, della velocità di rotazione dello scudo e delle pressioni dei fanghi di perforazione.

In considerazione della precisione di esecuzione richiesta, ed essendo necessario il controllo in tempo reale sulla direzionalità del tunnel, il sistema sarà dotato di adeguati strumenti computerizzati per l'elaborazione

| | | | | |
|---|---|---|----------------------|--|
|  | COMPANY: api nòva energia | Project Job Code: M39542 | | |
| | LOCATION: FALCONARA (ITALY) | Saipem Code: M39542-A-000-GR-71503 | | |
| | PROJECT: LNG Project – Falconara M.ma | Rev. 0 | Page 33 of 43 | |
| |  | | Company Code: | |

dei dati rilevati con sistemi di puntamento ottico e laser. L'operatore addetto alla verifica opererà con continuità sulla consolle di comando, posizionata all'esterno della postazione di trivellazione, e tramite il sistema di puntamento laser controllerà l'andamento planimetrico ed altimetrico del tunnel realizzato. Le tolleranze di costruzione presso l'arrivo sono dell'ordine di 30-50 mm.

Sistema di evacuazione del materiale di scavo (slurry)

L'evacuazione dal fronte scavo del terreno frantumato verrà effettuata in sospensione per mezzo del circuito idraulico di alimentazione e recupero del fluido di perforazione (slurry). Il sistema sarà quindi provvisto di un'unità di dissabbiatura o di una vasca di decantazione per la separazione del terreno di scavo dal fluido di perforazione, situata in prossimità del pozzo di spinta, con successiva gestione delle terre di scavo in conformità a quanto previsto dalla normativa vigente.

Impianto di produzione dei fanghi di perforazione

Verrà predisposto in cantiere un impianto per la produzione dei fanghi di perforazione necessari per il sostegno del fronte di scavo, per la lubrificazione della superficie di contatto tra tubo di protezione e terreno e per il trasporto in sospensione del terreno scavato.

L'impianto di produzione sarà dotato di un'unità di miscelazione ad alta turbolenza per la preparazione della miscela, un dosatore a funzionamento automatico, silos di stoccaggio, vasca di dissabbiatura e/o decantazione, circuito idraulico dello slurry e di pompe di ricircolo di potenza adeguata.

Iniezioni di fluidificazione in corso di avanzamento

Le iniezioni di fluidificazione per abbattere le resistenze all'avanzamento saranno effettuate con cadenza, quantità e caratteristiche reologiche della miscela in modo da evitare plasticizzazioni anomale del terreno di trivellazione.

Iniezioni di intasamento "tubo di rivestimento – terreno"

Al termine delle operazioni di scavo, è richiesta l'esecuzione di iniezioni di miscele cementizie dagli ugelli predisposti lungo le pareti dei tubi di rivestimento. Le iniezioni saranno effettuate per ogni singola valvola fino al rifiuto, con numero, modalità e pressioni d'iniezione adeguate per creare, nell'intorno del tubo, una zona di terreno completamente intasata e a bassa permeabilità.

Sigillatura dei giunti tra i tubi di rivestimento

La sigillatura dei giunti tra i tubi di rivestimento sarà eseguita dall'interno del tunnel, successivamente alle operazioni di avanzamento, con malta di cemento ad alta resistenza in modo da ottenere una superficie interna del tunnel perfettamente liscia e priva di risalti, con lo scopo di realizzare un'ulteriore garanzia di tenuta dei giunti nei confronti di possibili fenomeni di filtrazione, in aggiunta a quella strutturale del giunto.

Varo della condotta DN 800 (32") nel microtunnel

La condotta da varare nel tratto in microtunnel sarà gunitata in accordo alle specifiche di progetto. Al fine di ridurre gli attriti di strisciamento con la superficie interna dei tubi in c.a., si potrà eventualmente prevedere

| | | | | |
|--|---|---|----------------------|--|
|   | COMPANY: api nòva energia | Project Job Code: M39542 | | |
| | LOCATION: FALCONARA (ITALY) | Saipem Code: M39542-A-000-GR-71503 | | |
| | PROJECT: LNG Project – Falconara M.ma | Rev. 0 | Page 34 of 43 | |
| |  | | Company Code: | |

l'installazione sul manto gunitato, ad interasse costante (ogni 4-5 m), di collari ad alta resistenza all'usura in malta poliuretana bicomponente. L'organo di tiro, vedi Rif./7/, sarà posizionato a terra presso la postazione di trivellazione. La potenza di tiro e l'ancoraggio dell'organo saranno opportunamente dimensionati. La fune/i di tiro sarà a trefoli in acciaio armonico ad altissima resistenza. Il diametro della fune/i e la testata di tiro da applicare sulla condotta saranno dimensionati con apposito studio.

Intasamento dell'interno dell'intercapedine condotta-microtunnel

Il riempimento dell'intercapedine tra condotta DN 800(32") e tubo di rivestimento in c.a. sarà effettuato con speciali miscele cementizie autolivellanti. Preliminarmente a tali operazioni, in corrispondenza dell'estremità del microtunnel lato mare, si procederà con l'ausilio di sommozzatori all'installazione di un apposito dispositivo (packer) per sigillare l'intercapedine condotta-tubo in c.a. ed impedire la fuoriuscita in mare della miscela di intasamento. Durante le operazioni di intasamento, l'acqua marina verrà spazzata dall'interno del tunnel verso il pozzo a terra; sarà pertanto necessario predisporre quanto necessario per il suo recupero ed il successivo trattamento.

4.5 REQUISITI TECNICI E CARATTERISTICHE DELLA HDD

I requisiti minimi definiti per la realizzazione dell'approdo costiero del PFOC con HDD sono i seguenti:

- configurazione geometrica e coperture minime come descritto in Rif. /3/;
- postazione di recupero a mare dimensionata per garantire il contenimento dei fanghi di perforazione (in particolare il coronamento del palancolato sarà posizionato ad una quota minima di +2 m s.l.m.).

| | | | | |
|---|---|---|----------------------|--|
|  | COMPANY: api nòva energia | Project Job Code: M39542 | | |
| | LOCATION: FALCONARA (ITALY) | Saipem Code: M39542-A-000-GR-71503 | | |
| | PROJECT: LNG Project – Falconara M.ma | Rev. 0 | Page 35 of 43 | |
| |  | | Company Code: | |

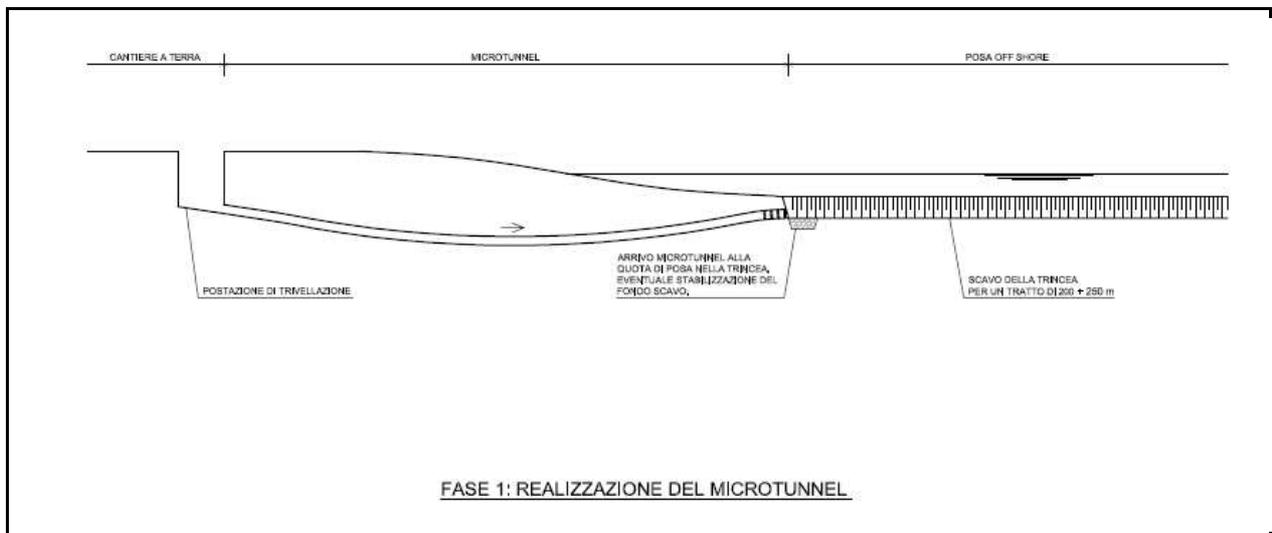
5 SEQUENZA DELLE FASI DI COSTRUZIONE

Di seguito sono descritte le principali fasi costruttive per la realizzazione delle opere.

5.1 MICROTUNNEL E INSTALLAZIONE DELLA CONDOTTA

Realizzazione del microtunnel (*Fase 1*)

- Preparazione dell'area cantiere ed opere provvisorie (*delimitazione delle aree, stoccaggio dei materiali ed attrezzature*), vedi Rif. /2/.
- Realizzazione della postazione di spinta on shore (*opere di contenimento verticali, scavi, piano di calpestio, opere di impermeabilizzazione*), vedi Rif. /5/.
- Installazione delle apparecchiature nella postazione di spinta (*rotaie guida e sistema per l'allontanamento del terreno di scavo, stazione di spinta principale, testata di perforazione e strumentazione di controllo direzionale*).
- Realizzazione della postazione offshore per il recupero della fresa (*scavo con dragaggio o con pompe aspiranti della trincea, predisposizione della buca per il recupero della fresa*).
- Scavo con dragaggio della zona di transizione offshore, circa 220 m, vedi Rif. /7/, con deposizione del materiale a lato della trincea, per un totale di circa 5500 m³ movimentato.
- Produzione dei fanghi di perforazione (*installazione dell'impianto di produzione e dei silos di stoccaggio oltre al circuito idraulico per la circolazione ed il recupero dei fanghi e/o delle miscele*).
- Approvvigionamento dei tubi di protezione in c.a. (*produzione in stabilimento di prefabbricazione, stoccaggio in cantiere*).
- Operazioni di trivellazione del tunnel (*scavo e rimozione del terreno, posa in avanzamento dei tubi di protezione ed eventuali iniezioni lubrificanti, installazione di stazioni di spinta intermedie, controlli di direzionalità dello scavo*).
- Disarmo del microtunnel a fine perforazione (*recupero dei circuiti e delle attrezzature di trivellazione dall'interno del tunnel, sigillatura dei giunti tra gli elementi tubolari in c.a., collegamenti di irrigidimento per gli anelli di estremità lato offshore*).



| | | | | |
|---|---|---|----------------------|--|
|  | COMPANY: api nòva energia | Project Job Code: M39542 | | |
| | LOCATION: FALCONARA (ITALY) | Saipem Code: M39542-A-000-GR-71503 | | |
| | PROJECT: LNG Project – Falconara M.ma | Rev. 0 | Page 36 of 43 | |
| |  | | Company Code: | |

Preparazione per il tiro del metanodotto (*Fase 2*)

- Posizionamento di un verricello, o argano di tiro, sulla costa a ridosso dell'LTE (punto di arrivo della condotta a terra), ancorato a mezzo di punti fissi, vedi Rif. /7/.
- Predisposizione all'interno del tunnel dei tubi per il circuito idraulico di intasamento.
- Predisposizione all'interno del tunnel del cavo messaggero (*di collegamento per l'aggancio del cavo di tiro*)
- Allagamento del microtunnel e della postazione di spinta con acqua marina.
- Recupero della fresa (*ancoraggio della chiatta di recupero, aggancio della testa con mezzi subacquei, recupero del materiale con la gru predisposta sulla chiatta*).
- Predisposizione della Bell-mouth (Fig. 5.1.1) con l'ausilio di sommozzatori.

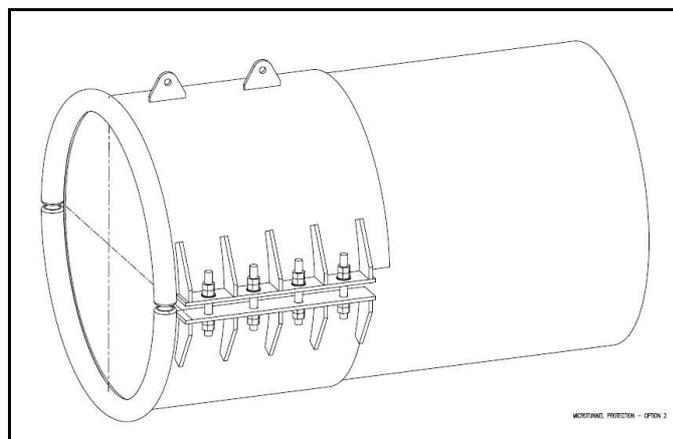
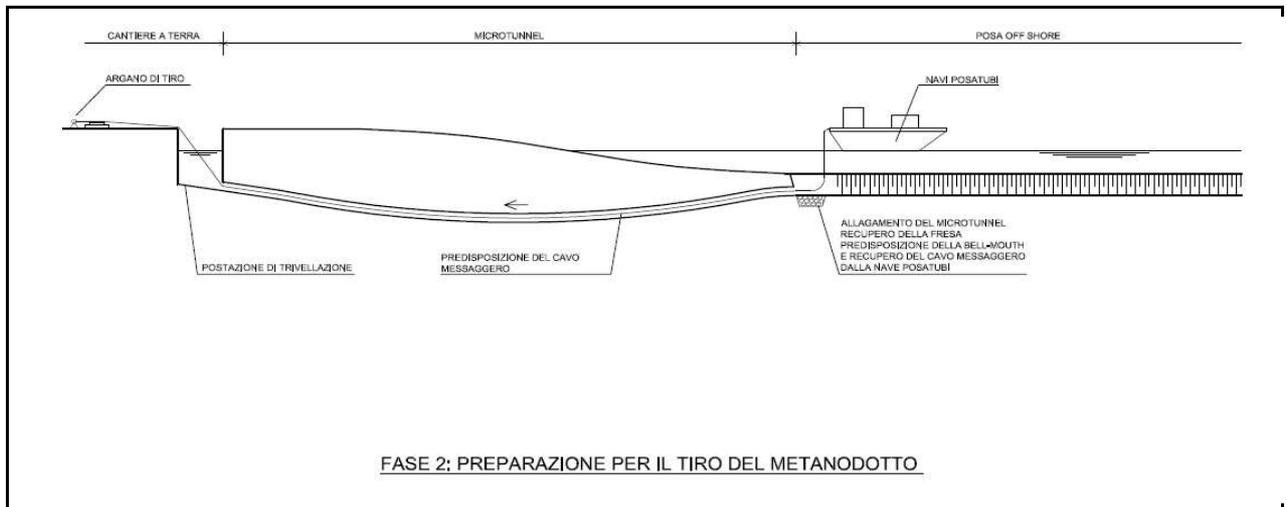
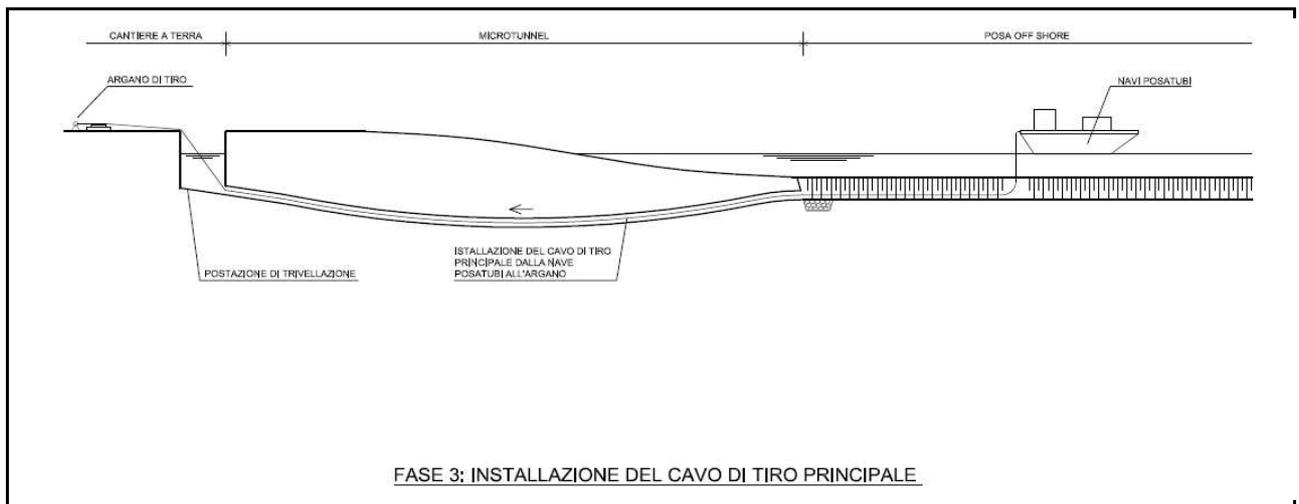


Fig. 5.1.1: Rappresentazione della Bell-mouth all'imbocco del tunnel lato mare

| | | | | |
|--|---|---|----------------------|--|
|   | COMPANY: api nòva energia | Project Job Code: M39542 | | |
| | LOCATION: FALCONARA (ITALY) | Saipem Code: M39542-A-000-GR-71503 | | |
| | PROJECT: LNG Project – Falconara M.ma | Rev. 0 | Page 37 of 43 | |
| |  | | Company Code: | |

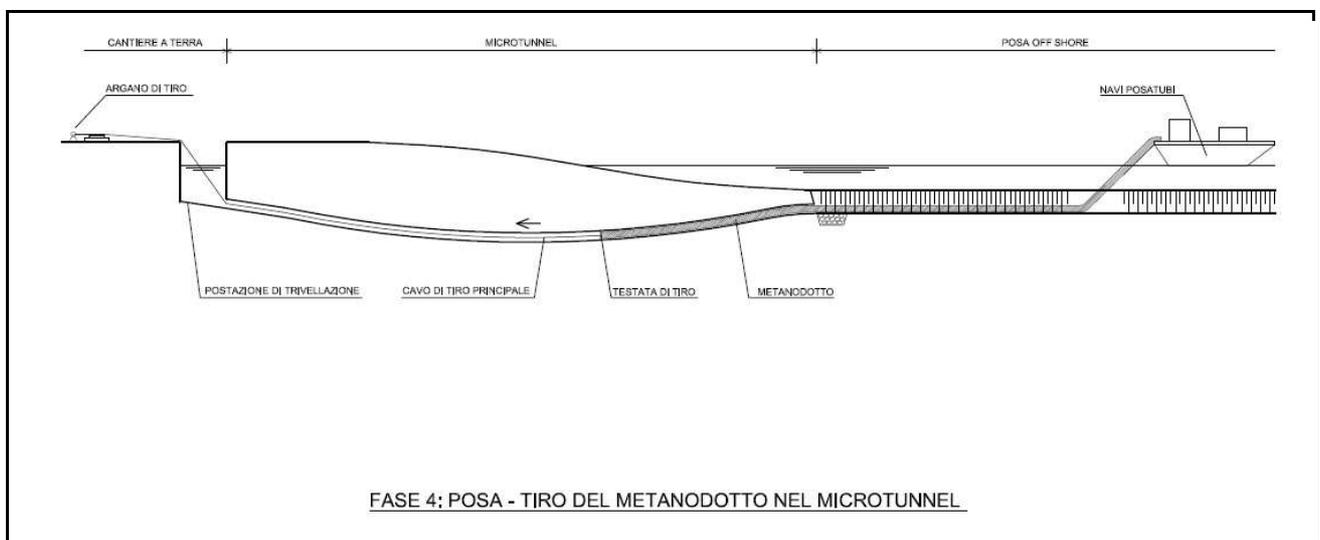
Installazione del cavo di tiro (Fase 3)

- Collegamento del cavo messaggero con il cavo di tiro proveniente dalla nave posatubi.
- Tiro dalla nave posatubi del cavo con predisposizione sull'argano.



Tiro-posa del metanodotto nel microtunnel (Fase 4)

- Collegamento del cavo di tiro con la testata di tiro saldata in testa al metanodotto 32" (presso la nave posatubi).
- Posizionamento della nave posa-tubi nel tratto prossimo alla costa, Rif. /8/ (verrà utilizzata una nave adeguata per lavorazioni in bassi fondali).
- Operazioni di tiro della condotta da terra con inserimento nel microtunnel (tiro con l'argano del metanodotto gunitato, operazioni di saldatura, controlli e varo nell'ambito delle modalità costruttive adottate a bordo della nave posatubi offshore).



| | | | | |
|---|---|---|----------------------|--|
|  | COMPANY: api nòva energia | Project Job Code: M39542 | | |
| | LOCATION: FALCONARA (ITALY) | Saipem Code: M39542-A-000-GR-71503 | | |
| | PROJECT: LNG Project – Falconara M.ma | Rev. 0 | Page 38 of 43 | |
| |  | | Company Code: | |

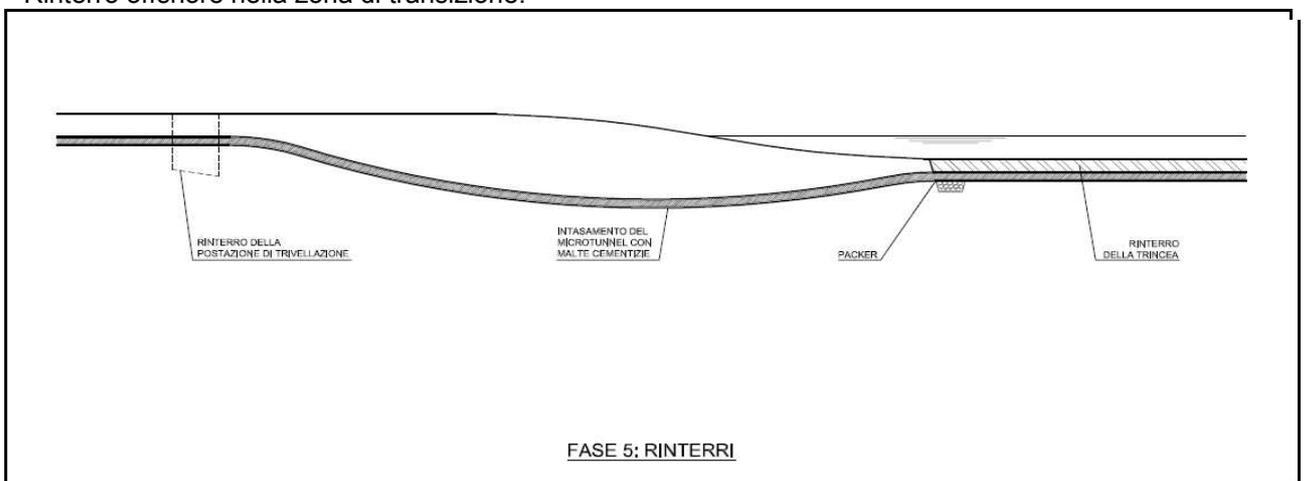
Fasi finali (Fase 5)

- Collaudo idraulico della condotta posata nel tunnel contestualmente al collaudo della linea offshore.
- Operazioni di intasamento del microtunnel (*predisposizione con l'ausilio di sommozzatori del packer, intasamento da terra con miscele cementizie del microtunnel*) (Fig.5.1.2).



Fig. 5.1.2: Intasamento del microtunnel con miscele cementizie dalla postazione di recupero (Attraversamento F. Po – Metanodotto Potenziamento Importazione da C.S.I.)

- Ripristino e recupero ambientale dell'area cantiere onshore (*smobilitazione cantiere e rinterro delle postazioni di trivellazione, ripristino morfologico delle aree*).
- Rinterro offshore nella zona di transizione.



| | | | | |
|--|---|---|----------------------|--|
|   | COMPANY: api nòva energia | Project Job Code: M39542 | | |
| | LOCATION: FALCONARA (ITALY) | Saipem Code: M39542-A-000-GR-71503 | | |
| | PROJECT: LNG Project – Falconara M.ma | Rev. 0 | Page 39 of 43 | |
| |  | | Company Code: | |

5.2 HDD ED INSTALLAZIONE DEL PFOC

Realizzazione HDD (Fase 1)

- Preparazione dell'area cantiere ed opere provvisorie (*delimitazione delle aree, opere provvisorie, stoccaggio dei materiali ed attrezzature*), vedi Rif. /2/.
- Prefabbricazione della colonna di varo del tubo porta-cavo in HDPE nell'area cantiere (*preparazione delle stringhe del tubo portacavi pre-saldate a terra; sfilamento, accoppiamento e saldatura dei tubi in HDPE; installazione di un cavo messaggero all'interno del porta-cavo; installazione della testa di tiro*).
- Installazione delle apparecchiature di scavo lato rig onshore (*Rig di perforazione, cabina di comando, sistema di controllo direzionale, generatore, approvvigionamento tubo pilota, tubo guida*).
- Realizzazione della postazione di recupero off-shore (*infissione delle palancole, scavo all'interno del pozzo per il recupero della HDD alla quota di progetto*).
- Esecuzione del foro pilota (*installazione dell'asta pilota e del tubo-guida, verifiche sulla conformità geometrica con il profilo di progetto*).
- Tiro-posa del tubo porta-cavo HDPE (*varo della stringa di tubo porta-cavo HDPE; posizionamento in galleggiamento della stringa in allineamento con il foro pilota; tiro da mare verso terra della stringa con inserimento nel foro pilota*).
Il tubo porta-cavo in HDPE sarà fornito di chiusure temporanee alle due estremità (per mantenere libera la sezione passante da eventuale materiale esterno) e di una testata di tiro da collegare alle aste di trivellazione della HDD.
- Rimozioni (*recupero dei fanghi di perforazione confinati nella postazione di recupero off-shore; rimozione del palancolato metallico*).

Installazione del cavo PFOC nel porta-cavo in HDPE (Fase 2)

- posizionamento della nave posacavi in prossimità della linea di costa;
- recupero a mare con mezzi subacquei del cavo messaggero;
- predisposizione di un argano a terra per il tiro del PFOC
- tiro del PFOC all'interno del portacavo (da mare verso terra)
- recupero a terra della testa del PFOC.

Ripristino e recupero ambientale dell'area cantiere onshore (*smobilitazione cantiere e rinterro delle postazioni di trivellazione, ripristino morfologico delle aree*).

| | | | | |
|---|---|---|----------------------|--|
|  | COMPANY: api nòva energia | Project Job Code: M39542 | | |
| | LOCATION: FALCONARA (ITALY) | Saipem Code: M39542-A-000-GR-71503 | | |
| | PROJECT: LNG Project – Falconara M.ma | Rev. 0 | Page 40 of 43 | |
| |  | | Company Code: | |

6 STIMA DELLE QUANTITÀ DEI MATERIALI SCAVATI E DEI FANGHI DI PERFORAZIONE PER LE OPERE TRENCHLESS

Sulla base di quanto descritto al paragrafo 5.1 per la realizzazione della postazione di spinta ed al paragrafo 5.2 per la realizzazione dell'HDD, si stimano le seguenti quantità relativamente al materiale scavato ed alla quantità di miscela bentonitica utilizzata nell'esecuzione dell'HDD.

| Volume del materiale in esubero per la realizzazione delle opere Trenchless | |
|--|-------------|
| Materiale di scavo per la realizzazione del diaframma in c.a. presso la postazione di spinta del microtunnel (m ³) | 850 |
| Materiale di scavo per la realizzazione all'interno dell'area perimetrale della postazione di spinta del microtunnel (m ³) | 1200 |
| Materiale di scavo per la realizzazione del microtunnel e HDD (m ³) | 3000 |
| Quantitativo totale di materiale di scavo da movimentare (m³) | 5050 |
| Fanghi di perforazione in esubero a fine delle operazioni di realizzazione del diaframma in c.a. presso la postazione di trivellazione del microtunnel (m ³) | 10 |
| Fanghi di perforazione in esubero a fine delle operazioni di avanzamento del microtunnel (m ³) | 30 |
| Fanghi di perforazione in esubero da recuperare nel pozzo con palancole a mare a fine della trivellazione HDD (m ³) | 50 |
| Quantitativo totale di fanghi di perforazione da conferire a discarica a fine delle lavorazioni (m³) | 90 |

| | | | | |
|---|---|---|----------------------|--|
|  | COMPANY: api nòva energia | Project Job Code: M39542 | | |
| | LOCATION: FALCONARA (ITALY) | Saipem Code: M39542-A-000-GR-71503 | | |
| | PROJECT: LNG Project – Falconara M.ma | Rev. 0 | Page 41 of 43 | |
| |  | | Company Code: | |

7 CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Il presente lavoro è stato svolto col fine di descrivere le caratteristiche delle ottimizzazioni del progetto del terminale off-shore di rigassificazione di LNG di Falconara Marittima (AN), già oggetto di decreto favorevole di compatibilità ambientale DVA-DEC-2010-0000375 del 22 Luglio 2010 emesso dal Ministero dell’Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare (MATTM), di determinazione favorevole DVA-2011-0001111 del 10 Gennaio 2011 di esclusione della procedura di valutazione d’impatto ambientale degli adeguamenti apportati al progetto a seguito delle prescrizioni contenute nel Nulla Osta di Fattibilità rilasciato dal Comitato Tecnico Regionale delle Marche, e di decreto di autorizzazione alla costruzione e all’esercizio del 28 Dicembre 2011.

In particolare, le ottimizzazioni di progetto si riferiscono alle modalità realizzative dell’approdo a terra della condotta e del cavo di potenza e controllo (PFOC) per le quali si prevedono:

- l'alloggiamento della condotta, nel tratto di approdo a terra, all'interno di un Microtunnel;
- l'installazione del PFOC mediante una HDD.

Fattibilità tecnica delle opere trenchless

Le soluzioni progettuali proposte per l’esecuzione dell’attraversamento dell’approdo costiero sono costituite da un microtunnel con tubi in c.a. per la condotta 32” e da una HDD per la posa del cavo PFOC.

Il ricorso a questa due distinte tecnologie costituisce la soluzione più efficace in termini di sicurezza durante le fasi di installazione, eliminando contestualmente ogni possibile difficoltà legata alle operazioni di pre e post-trenching all’uscita del microtunnel.

Gli aspetti geolitologici ed idrogeologici sono stati ricavati sulla base dei dati geotecnici desunti dai sondaggi a carotaggio continuo eseguiti nell’area api di Falconara e dai dati idrogeologici disponibili.

L’analisi delle caratteristiche geotecniche e idrogeologiche dei terreni non hanno evidenziato criticità particolari che possano compromettere la fattibilità tecnica delle due opere trenchless dal punto di vista geologico, idrogeologico e della stabilità dei terreni.

Caratteristiche di progetto del Microtunnel

Le caratteristiche di progetto dell’approdo del metanodotto 32” con la tecnica microtunnel, sono riportate nei Rif. /4/, /5/ e /2/.

Dal punto di vista litologico, l’opera interessa terreni che si prestano molto bene per essere trivellati. Il posizionamento dell’asse di trivellazione all’interno delle fasce litologiche dipende esclusivamente dalla necessità di assegnare coperture alla trivellazione adeguate per evitare fenomeni di rottura dei terreni che possano dare luogo a venute di fanghi di perforazione in superficie e quindi nell’ambiente marino.

Riguardo a tale aspetto, il microtunnel è stato posizionato con coperture ritenute del tutto di garanzia, inoltre nel tratto offshore caratterizzato da coperture del microtunnel inferiori a 3,50 metri, la stabilità dei terreni verrà garantita con un controllo puntuale delle pressioni dei fanghi di perforazione ed eventualmente, nell’ultimo tratto di perforazione infine si prevede l’utilizzo di miscele polimeriche biodegradabili, in sostituzione della miscela bentonitica, come misura precauzionale aggiuntiva.

Rispetto al contenimento delle acque di falda all’interno del perimetro dell’area di raffineria, si ritiene che la soluzione adottata per il sistema “microtunnelling” sia idoneo a garantire che non ci sia nessun impatto sull’assetto idrogeologico dei terreni e, in particolare, sulla funzionalità delle barriere “impermeabili” sia nella direzione verticale che in quella orizzontale delle linee di deflusso.

| | | | | |
|--|---|---|----------------------|--|
|   | COMPANY: api nòva energia | Project Job Code: M39542 | | |
| | LOCATION: FALCONARA (ITALY) | Saipem Code: M39542-A-000-GR-71503 | | |
| | PROJECT: LNG Project – Falconara M.ma | Rev. 0 | Page 42 of 43 | |
| |  | | Company Code: | |

Caratteristiche di progetto della HDD

Le caratteristiche di progetto dell'approdo del PFOC con la tecnica HDD, sono riportate nei Rif./3/ e /2/.

Il posizionamento dell'asse di trivellazione della HDD è stato definito all'interno delle fasce litologiche che escludono la presenza di livelli ghiaiosi, favorendo in tal modo l'esecuzione dell'opera.

In corrispondenza della postazione del Rig in raffineria, è presente uno strato di materiale di riporto grossolano che potrebbe rappresentare un problema ai fini dell'avanzamento della trivellazione. Per tale motivo, si prevede l'utilizzo di un tubo casing in acciaio attraverso il quale avviare le operazioni di trivellazione della HDD.

Dal punto di vista della configurazione geometrica, la HDD è stata posizionata con coperture ritenute del tutto idonee per evitare fenomeni di rottura dei terreni che possano dare luogo a venute dei fanghi di perforazione in superficie e quindi nell'ambiente marino.

Inoltre, allo scopo di evitare un'eventuale immissione di fanghi di perforazione nell'ambiente marino anche nel punto di recupero a mare della trivellazione, si prevede la realizzazione di un sistema di contenimento costituito da un palancoolato metallico di dimensioni idonee per contenere e recuperare i fanghi di perforazione.

Rispetto al contenimento delle acque di falda all'interno del perimetro dell'area della raffineria, si ritiene che la soluzione adottata per la HDD sia idonea per garantire che non ci sia nessun impatto sull'assetto idrogeologico dei terreni.

Considerazioni finali

La modifica di costruzione dell'approdo (condotta e cavo PFOC), rispettivamente con la tecnica MT e HDD, comporterà delle differenti modalità di costruzione e posa rispetto al progetto precedente, in particolare per quanto riguarda le tecniche di scavo e ripristino sia a mare sia a terra.

Tali modifiche, da ritenersi di modesta rilevanza per tipologia ed entità nel contesto progettuale complessivo, sono state apportate mantenendo del tutto inalterate le caratteristiche e gli obiettivi strategici del progetto originario.

Si evidenzia che la realizzazione dell'approdo con le tecniche Trenchless (microtunnel e HDD), necessitando di movimenti terra ridotti e lasciando pressoché inalterato il contesto ambientale costiero, risulta meno impattante di una tecnica di approdo con scavo a cielo aperto.

In particolare, per quanto riguarda la riduzione degli impatti, l'introduzione delle tecniche Trenchless relativamente alla realizzazione degli approdi a terra, comporterà:

- la diminuzione dell'entità degli scavi a mare per l'alloggiamento delle strutture in progetto;
- la diminuzione dell'entità dell'intorbidimento dell'acqua marina a fronte degli scavi da effettuare;
- una più agevole gestione delle attività e dei materiali di scavo;
- l'eliminazione degli scavi sulla linea di costa; in particolare, la scogliera presente non verrà in alcun modo interessata da lavori di movimento terra;
- la minimizzazione di rischio attinente l'assetto idrogeologico dell'area, in particolare per quanto riguarda la barriera idraulica di confinamento dell'area dell'impianto api, costituita dal livello argilloso (nella direzione di flusso idrodinamico verticale) e dalla barriera costituita da pozzi (in direzione di flusso orizzontale, lungo il tracciato in progetto).

| | | | | |
|--|---|---|----------------------|--|
|   | COMPANY: api nòva energia | Project Job Code: M39542 | | |
| | LOCATION: FALCONARA (ITALY) | Saipem Code: M39542-A-000-GR-71503 | | |
| | PROJECT: LNG Project – Falconara M.ma | Rev. 0 | Page 43 of 43 | |
| |  | | Company Code: | |

ALLEGATI

- M39542-A-050-LD-71110 Rev.0 delle opere trenchless Planimetria dell'area cantiere durante la realizzazione
- M39542-A-050-LD-71111 Rev.0 HDPE Horizontal Directional Drilling (HDD) per il portacavo in
- M39542-A-050-LD-71112 Rev.0 Profilo longitudinale del Microtunnel
- M39542-A-050-LD-71113 Rev.0 Dimensionamento preliminare della Postazione di spinta
- M39542-A-050-GD-71602 Rev.0 gas e del cavo Tracciato di progetto a mare della linea 32" di trasporto
- M39542-A-050-LD-70502 Rev.3 32" Planimetria area di approdo e configurazione di tiro linea
- M39542-A-050-LD-70502 Rev.2 della costa per tipica nave posatubi Planimetria generale piano di ancoraggio in prossimità
- Silteco – Progetto LNG Falconara – Valutazione previsionale di impatto acustico in ambiente esterno - Fase di cantiere per l'approdo a terra della condotta tramite microtunnelling