



**PROGETTO IGI POSEIDON
GASDOTTO OFFSHORE
ELABORATI DI PROGETTO**

pagina : 1 di 100
novembre 2009
rev.0

ELABORATI DI PROGETTO

**PROGETTO IGI POSEIDON
GASDOTTO OFFSHORE**

INDICE

PREMESSA	5
INTRODUZIONE	6
SOMMARIO	9
1 BASI DI PROGETTO	11
1.1 INTRODUZIONE	11
1.2 DEFINIZIONI	11
1.3 CODICI E STANDARD	12
1.3.1 <i>Progettazione metanodotto sottomarino</i>	12
1.3.2 <i>Materiali</i>	12
1.3.3 <i>Qualità</i>	12
1.4 PARAMETRI GENERALI DI PROGETTAZIONE	13
1.4.1 <i>Descrizione generale del sistema</i>	13
1.4.2 <i>Limiti di batteria</i>	13
1.4.3 <i>Volumi di gas</i>	13
1.4.4 <i>Pressione del gas</i>	14
1.4.5 <i>Composizione del gas</i>	14
1.5 DATI OCEANOGRAFICI	15
1.5.1 <i>Temperatura</i>	15
1.5.2 <i>Onde e venti</i>	15
1.5.3 <i>Correnti</i>	16
1.6 DATI DI PROGETTO PER IL METANODOTTO	16
1.6.1 <i>Caratteristiche della tubazione</i>	16
1.6.2 <i>Buckle arrestors</i>	17
1.6.3 <i>Tipo di rivestimento</i>	17
1.6.4 <i>Stabilizzazione</i>	17
1.6.5 <i>Protezione catodica</i>	17
1.7 LOCALIZZAZIONE DEL METANODOTTO	18
2 TRACCIATO DEL METANODOTTO SOTTOMARINO	19
2.1 INTRODUZIONE	19
2.2 IDENTIFICAZIONE DEL TRACCIATO	22
2.2.1 <i>Generale</i>	22
2.2.2 <i>Campagna di acquisizione dati</i>	23
2.3 PUNTO DI APPRODO DI OTRANTO.....	26
2.3.1 <i>Shore approach</i>	26
2.3.2 <i>Collegamento con il gasdotto onshore</i>	29
2.4 PUNTO DI APPRODO IN GRECIA	29
2.5 SEZIONE SOTTOMARINA	29
2.5.1 <i>Interazioni con terzi</i>	30
2.5.2 <i>Piattaforma continentale greca</i>	32
2.5.3 <i>Scarpata continentale greca</i>	33
2.5.4 <i>Fondale ionico</i>	34
2.5.5 <i>Scarpata continentale italiana</i>	36
2.5.6 <i>Piattaforma continentale italiana</i>	37
3 CARATTERISTICHE TECNICHE DEL METANODOTTO SOTTOMARINO	39
3.1 ANALISI IDRAULICA E DIMENSIONAMENTO DEL METANODOTTO.....	39

3.2	SCELTA DEI MATERIALI.....	41
3.2.1	<i>Grado dell'acciaio</i>	41
3.2.2	<i>Rivestimento</i>	41
3.3	BUCKLE ARRESTORS.....	42
3.4	PROTEZIONE CATODICA.....	42
3.5	GIUNTI ISOLANTI.....	43
3.6	STABILIZZAZIONE DEL METANODOTTO	44
4	COSTRUZIONE DEL METANODOTTO	46
4.1	GENERALITA'	46
4.2	SEQUENZA DI INSTALLAZIONE	47
4.3	SEZIONE OFFSHORE.....	48
4.3.1	<i>Posa del metanodotto</i>	48
4.3.2	<i>Aree di cantiere per la posa del metanodotto offshore</i>	53
4.3.3	<i>Abbandono e recupero della tubazione</i>	54
4.3.4	<i>Collegamento di superficie (Tie-in)</i>	54
4.3.5	<i>Campate libere ed interventi sul fondo</i>	56
4.3.6	<i>Attraversamenti</i>	56
4.3.7	<i>Gestione di emergenze in fase di costruzione della sezione offshore</i>	60
4.3.8	<i>Durata delle operazioni di posa del metanodotto sottomarino</i>	61
4.4	SHORE APPROACH DI OTRANTO.....	62
4.4.1	<i>Considerazioni generali sul metodo di costruzione</i>	62
4.4.2	<i>Preparazione dell'area di cantiere</i>	65
4.4.3	<i>Cantiere, mezzi ed apparecchiature</i>	67
4.4.4	<i>Preparazione del foro di uscita a mare</i>	76
4.4.5	<i>Trivellazione</i>	78
4.4.6	<i>Posa del metanodotto</i>	86
4.4.7	<i>Ripristino</i>	88
4.4.8	<i>Gestione di emergenze in fase di costruzione dello shore approach</i>	89
4.4.9	<i>Durata delle operazioni allo spiaggiamento</i>	89
4.4.10	<i>Pre-commissioning</i>	90
5	ESERCIZIO E MANUTENZIONE DEL METANODOTTO	96
5.1	ESERCIZIO DEL METANODOTTO	96
5.1.1	<i>Esercizio normale del metanodotto</i>	96
5.1.2	<i>Avviamento e fermata del metanodotto</i>	96
5.1.3	<i>Procedura nel caso di perdita</i>	97
5.1.4	<i>De-pressurizzazione del metanodotto</i>	98
5.2	CONTROLLI E MANUTENZIONE.....	98
5.3	GESTIONE DI EMERGENZE IN FASE DI ESERCIZIO	100

ELENCO ALLEGATI

ALLEGATO A	TRACCIATO COMPLESSIVO (1:300.000)
ALLEGATO B	TRACCIATO IN ACQUE ITALIANE (1: 25.000)
ALLEGATO C	PUNTO DI APPRODO DI OTRANTO (1: 1000)
ALLEGATO D	RISULTATI DEI RILIEVI RMS (ORIZZONTALE 1:10.000, VERTICALE 1: 1000)
ALLEGATO E	MEZZI PER LA POSA IN ACQUE PROFONDE
ALLEGATO F	MEZZI PER LA POSA IN ACQUE INTERMEDIE
ALLEGATO G	SCHEMA PER L'ABBANDONO ED IL RECUPERO DELLA TUBAZIONE
ALLEGATO H	SCHEMA PER L'ESECUZIONE DEL TIE-IN
ALLEGATO I	PROFILO DI TRIVELLAZIONE HDD
ALLEGATO J	AREA DI CANTIERE A TERRA (1:1.500)
ALLEGATO K	AREA DI TRANSIZIONE A MARE
ALLEGATO L	AREA DI CANTIERE A MARE
ALLEGATO M	BENTONITE (SPECIFICHE COMMERCIALI)
ALLEGATO N	DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO

PREMESSA

I presenti Elaborati di Progetto, rev. 0, novembre 2009, emesso da IGI Poseidon, rivedono, completano e sostituiscono il precedente “Progetto Preliminare, rev. 1, novembre 2007”, emesso da Edison e DEPA (società di stato greca operante nel settore del gas naturale) nel novembre del 2007.

La documentazione riguarda gli aspetti tecnici relativi alla progettazione ed alla realizzazione, all’interno del progetto Poseidon, del metanodotto sottomarino per l’importazione di gas naturale dalla Grecia all’Italia attraverso il Canale d’Otranto.

La nuova emissione degli Elaborati di Progetto riflette i risultati degli studi e delle analisi svolte a completamento ed approfondimento di quelle effettuate in precedenza. Tali nuovi studi hanno portato ad alcune variazioni nel progetto:

- Punto di approdo di Otranto: il punto di approdo di Otranto verrà realizzato mediante trivellazione orizzontale controllata (HDD, horizontal directional drilling). Al fine di evitare le interazioni con un possibile porto turistico, è stata individuata una nuova traiettoria per l’esecuzione dell’HDD che passa al di sotto dei cavi ad est del porto di Otranto. La nuova traiettoria, rispetto a quella precedentemente identificata, implica maggiore copertura alla linea di costa ed un foro di uscita in acque più profonde. L’esecuzione dell’HDD verrà effettuata con l’obiettivo di evitare lo sversamento incontrollato dei fanghi e minimizzarne la dispersione utilizzando una specifica sequenza operativa ed adeguati mezzi di contenimento.
- Tracciato offshore: il tracciato del metanodotto è stato ottimizzato sulla base di specifici studi di rischio geologico e considerazioni ingegneristiche sulla posa. Nel tratto terminale del tracciato in acque italiane inoltre, la rotta è stata modificata per consentire adeguato raccordo con il punto di uscita del tratto realizzato in HDD.

INTRODUZIONE

Il presente documento contiene gli Elaborati di Progetto relativi alla realizzazione, all'interno del progetto Poseidon, del metanodotto sottomarino per l'importazione di gas naturale dalla Grecia all'Italia attraverso il Canale d'Otranto.

Il progetto Poseidon è stato sviluppato congiuntamente da Edison S.p.A e DEPA S.A. (società di stato greca operativa nel settore del gas) nell'ambito del progetto Interconnessione Italia – Grecia (IGI), relativo alla realizzazione di un metanodotto per l'importazione in Italia, attraverso la Grecia, del gas naturale proveniente dalle aree del Mar Caspio e del Medio Oriente.

Tale progetto è stato oggetto di uno specifico Protocollo di Intenti, fra il Ministro per lo sviluppo greco e il Ministro delle Attività Produttive (ora Ministero per lo Sviluppo Economico) italiano, siglato ad Atene il 24 Giugno 2005 e successivamente trasformato in Accordo Intergovernativo a Lecce, il 4 Novembre 2005.

In data 13 marzo 2006 il gasdotto Poseidon è stato inserito dal Ministero dello Sviluppo Economico nella Rete nazionale dei Gasdotti di cui all'articolo 9 del D.lgs. n.164/ 2000.

Il 26 luglio 2007 il Ministro dello Sviluppo economico italiano, il Ministro per lo sviluppo greco ed il Ministro dell'energia e delle risorse naturale turco hanno siglato un Accordo Intergovernativo per lo sviluppo di un sistema di gasdotti per l'importazione di gas dalle aree del Caspio e del Medio Oriente attraverso la Turchia e la Grecia, estendendo quindi il quadro istituzionale a supporto del progetto.

Nel dicembre 2007 è stato siglato un Protocollo di Intenti tra Italia ed Azerbaijan a supporto delle negoziazioni sull'approvvigionamento del gas.

Nell'aprile 2009 è stato siglato un accordo preliminare tra Grecia e Bulgaria per lo sviluppo del progetto IGB (Interconnector Grecia – Bulgaria).

Il progetto IGI nella sua completezza è costituito da:

- sezione a terra (“on-shore”) in Grecia, dalla zona nord-orientale (Komotini) alla costa occidentale prospiciente il Mare Adriatico, della lunghezza complessiva di circa 600 km comprensiva delle relative stazioni di compressione e misura.
- sezione “off-shore” (Progetto Poseidon) attraverso il canale di Otranto, che prevede in dettaglio la realizzazione delle seguenti infrastrutture:
 - stazione di compressione e misura sulla costa ovest della Grecia e relativo tratto di metanodotto di collegamento a terra tra la stazione e il punto di approdo del metanodotto sottomarino;
 - metanodotto sottomarino della lunghezza di circa 205 km dal punto di approdo sulla costa greca fino ad Otranto attraverso il Canale d’Otranto (oggetto dei presenti Elaborati di Progetto);
 - stazione di misura sita nel comune di Otranto e relativo metanodotto di collegamento a terra (circa 2 km) tra essa ed il punto di approdo del metanodotto sottomarino sito nel medesimo comune.

L’infrastruttura consentirà una importazione iniziale di gas in Italia di circa 8 miliardi di Nm³/anno e potranno essere effettuati futuri potenziamenti fino a 12 miliardi di Nm³/anno.

La realizzazione del progetto, inserita in un contesto energetico caratterizzato dalla crescita del mercato prevista per i prossimi anni e dalla conseguente necessità di ricorrere ad importazioni addizionali di gas in Italia, assume un’ importanza strategica nell’ambito del potenziamento delle infrastrutture energetiche del sistema Italia e, più in generale, del sistema EU.

Contribuirà infatti non solo a sostenere la crescita di domanda, ma risponderà anche alla necessità di diversificazione dei mercati di origine del gas al fine di garantire la sicurezza e la stabilità delle forniture.

Il presente documento è stato preparato da IGI Poseidon sulla base della propria esperienza e dei risultati delle analisi tecniche effettuate dalle società JPKenny, MMT AB, IntecSea (Intec Engineering) e PLE (Eon Engineering dal 14.05.2004) fino al momento della stesura dello stesso.

La bibliografia dettagliata è riportata nell'Allegato N.

SOMMARIO

Il presente documento contiene gli Elaborati di Progetto relativi alla realizzazione, all'interno del progetto Poseidon, del metanodotto sottomarino per l'importazione di gas naturale dalla Grecia all'Italia attraverso il Canale d'Otranto.

Il Capitolo 1 riporta le Basi di Progetto, ossia i dati ed i parametri necessari per la definizione e la progettazione del metanodotto sottomarino. Oltre alla descrizione del sistema ed alle specifiche sulle prestazioni richieste sono riportati anche dati tecnici relativi alle condizioni ambientali ed alle proprietà dei materiali utilizzati. I dati saranno eventualmente rivisti sulla base di ulteriori approfondimenti durante la fase di progettazione definitiva.

Il Capitolo 2 descrive il tracciato del metanodotto sottomarino così come identificato sulla base dell'analisi dei risultati della campagna di rilievi geofisici e geotecnici e delle ulteriori attività di ottimizzazione in preparazione ai rilievi di dettaglio (detailed marine survey, DMS). Al fine della descrizione il tracciato è stato suddiviso in zone differenti per caratteristiche geomorfologiche. Viene descritto anche il punto di approdo in Italia.

Il Capitolo 3 riporta le caratteristiche tecniche del metanodotto sottomarino. Vengono analizzati tutti gli aspetti fondamentali della progettazione: il dimensionamento, la scelta dei materiali, la stabilizzazione e la protezione anticorrosione.

Nel Capitolo 4 vengono descritte le modalità di costruzione del metanodotto sottomarino. Si descrivono le tecniche di posa in acque basse e profonde e particolare attenzione è posta sugli aspetti costruttivi per il punto di approdo di Otranto. Il capitolo contiene anche le informazioni relative al collaudo idraulico del metanodotto.

Il Capitolo 5 tratta la filosofia per l'esercizio, il controllo e la manutenzione del sistema.

1 BASI DI PROGETTO

1.1 INTRODUZIONE

Le basi di progetto rappresentano i dati essenziali necessari per la progettazione.

I dati riportati sono stati rivisti e completati durante lo Studio di Fattibilità tecnica del progetto e le ulteriori analisi effettuate fino alla stesura del presente documento e saranno utilizzati per le successiva fase di progettazione.

1.2 DEFINIZIONI

Nel presente paragrafo sono riportate in modo sintetico le definizioni dei principali termini tecnici utilizzati per descrivere il progetto.

- Landfall: area a terra necessaria nella costruzione del metanodotto offshore. L'area del landfall di Otranto è compresa tra la linea di costa ed il punto di ingresso della traiettoria dell'HDD (horizontal directional drilling).
- HDD (horizontal directional drilling): metodo di costruzione per effettuare attraversamenti sotterranei che implica la realizzazione, mediante tecniche di trivellazione controllata, di un condotto attraverso il quale verrà posata la tubazione.
- Punto di approdo: il punto che identifica il termine della sezione a mare del metanodotto offshore.
- Shore approach: la sezione di metanodotto offshore in prossimità della costa che, in funzione della vicinanza alla stessa, richiede particolari metodi di costruzione e posa. Per l'approdo di Otranto tale sezione inizia a circa 400 metri dalla linea di costa (profondità del fondale -33m).

1.3 CODICI E STANDARD

I codici e gli standard per il progetto sono stati scelti in accordo con i requisiti normativi, utilizzando i codici di condotta, le note guida ed i codici e gli standard sotto riportati.

L'elenco delle norme è da intendersi come indicativo e non esaustivo; verranno comunque applicate le leggi, le normative e gli standard italiani vigenti in materia. In particolare verranno soddisfatti, ove applicabili, i requisiti del D.M. 17 aprile 2008, Regola tecnica per la progettazione, costruzione, collaudo, esercizio e sorveglianza delle opere e degli impianti di trasporto del gas naturale con densità non superiore a 0,8.

1.3.1 Progettazione metanodotto sottomarino

DNV OS F101	Offshore Standard - Submarine Pipeline Systems
DNV RP B401	Recommended Practice - Cathodic Protection Design
DNV RP F105	Recommended Practice - Free Spanning Pipelines
DNV CN 30.5	Environmental Conditions and Environmental Loads
DNV RP E305	Recommended Practice – On-bottom Stability Design of Submarine Pipelines

1.3.2 Materiali

SPEC 5L	Specification for Line Pipe
STD 1104	Standard for Welding Pipelines and Related Facilities

1.3.3 Qualità

ISO 9001	Quality Management Systems – Requirements
----------	---

1.4 PARAMETRI GENERALI DI PROGETTAZIONE

1.4.1 Descrizione generale del sistema

Il metanodotto sottomarino si inserisce all'interno del progetto Poseidon. Il sistema permetterà l'importazione in Italia di gas naturale proveniente dalla Grecia.

Il progetto Poseidon prevede la realizzazione delle seguente infrastrutture:

- stazione di compressione e misura sulla costa ovest della Grecia, nella regione della Thesprotia, e relativo tratto di metanodotto di collegamento a terra tra la stazione e il punto di approdo del metanodotto sottomarino;
- metanodotto sottomarino dalla costa greca fino alla Puglia attraverso il Canale d'Otranto;
- stazione di misura sita nel comune di Otranto e relativo metanodotto di collegamento a terra (circa 2 km) tra essa ed il punto di approdo del metanodotto sottomarino sito nel medesimo comune.

La lunghezza della sezione offshore è di circa 205 km; la massima profondità prevista è di circa 1370 m.

1.4.2 Limiti di batteria

I limiti di batteria per il metanodotto sottomarino, oggetto dei presenti Elaborati di Progetto, sono i giunti isolanti tra metanodotto sottomarino e metanodotto a terra, collocati ad entrambi i punti di approdo in Grecia ed in Italia.

1.4.3 Volumi di gas

Attraverso il metanodotto sottomarino, una volta completate tutte le infrastrutture previste nell'intero progetto IGI, verrà importato in Italia un volume iniziale di gas pari a 8 miliardi di

Nm³ annui (portata di progetto). La realizzazione dell' intero Progetto IGI potrà implicare lo sviluppo di futuri potenziamenti, caratterizzati da volumi incrementali di gas importabile fino a 12 miliardi di Nm³ annui.

1.4.4 Pressione del gas

La pressione di riconsegna del gas in Italia, a monte della cabina di misura di Otranto, è di 75 barg.

1.4.5 Composizione del gas

La composizione del gas utilizzata per l'analisi idraulica e la progettazione del metanodotto sottomarino è riportata nella tabella 1.1. Tale composizione è rappresentativa del gas proveniente dalla Turchia.

Composizione	% mol
Metano	82.00
etano	7.58
propano	2.53
n-butano	1.58
i-butano	0
pentano e sup.	0.63
azoto	3.47
CO ₂	1.89
O ₂	0.32

Tabella 1.1: caratteristiche del gas

1.5.3 Correnti

Nella tabella 1.3 vengono riportati i dati sulle correnti, con riferimento a misurazioni effettuate nel 1995 nella zona est dello Stretto di Otranto.

Profondità misurazione	40m	300m	1030m
Velocità media (cm/s)	20	4.7	5.0
Velocità massima (cm/s)	44.7	16.8	20.9

Tabella 1.3: correnti

1.6 DATI DI PROGETTO PER IL METANODOTTO

1.6.1 Caratteristiche della tubazione

Nella tabella 1.4 vengono riportate le caratteristiche principali della condotta sottomarina.

Grandezza	valore
Materiale	X-70
Metodo di costruzione	SAW
Fattore di costruzione	0.85
Modulo elastico	207.000 MPa
Densità	7.850 kg/m ³
Coefficiente di espansione termica	11,6 x 10 ⁻⁶ /°C.
Conduttività termica	49 W/m °K

Tabella 1.4: caratteristiche della tubazione

Il metanodotto avrà diametro pari a 32" (DN 800 mm).

Lo spessore preliminare delle tubazioni è il seguente:

- 20, 6 mm (tratto in profondità < 150 m)
- 32,9 mm (tratto in profondità > 150 m)

1.6.2 Buckle arrestors

Si prevedono “buckle arrestors” ad anello per le sezioni in acque profonde per evitare fenomeni di propagazione di danni localizzati che potrebbero generarsi in fase di posa o di esercizio del metanodotto.

La tipologia dei buckle arrestors che verranno utilizzati sarà identificata in funzione del metodo di posa nelle successive fasi di progettazione di dettaglio del metanodotto.

1.6.3 Tipo di rivestimento

Il metanodotto sarà rivestito esternamente per fornire protezione alla corrosione e ai danneggiamenti durante la posa.

1.6.4 Stabilizzazione

Si prevede un rivestimento in cemento per stabilizzare il metanodotto in acque poco profonde, dove l'effetto delle correnti diventa più sensibile al venire meno della pressione idrostatica della colonna d'acqua posta sopra il metanodotto stesso.

1.6.5 Protezione catodica

La protezione catodica della sezione sottomarina verrà realizzata mediante l'installazione di anodi sacrificali. Per la sezione a terra sarà previsto un sistema di protezione a corrente impressa.

1.7 LOCALIZZAZIONE DEL METANODOTTO

Il tracciato congiungerà il punto di approdo in Grecia, localizzato nella regione della Thesprotia, sulla costa ovest della Grecia, con Otranto in Italia attraverso il Canale di Otranto.

Il metanodotto passerà tra l'isola di Corfù e di Paxos, attraverserà la scarpata continentale greca, si muoverà quindi verso nord ovest in direzione dell'Italia, passando a sud-ovest di un'area di scarico munizioni della NATO e continuerà risalendo poi la scarpata continentale Italiana.

Il tracciato, che prevede l'attraversamento di alcuni cavi sottomarini (nelle acque italiane è previsto l'attraversamento di due cavi), avrà una lunghezza di circa 205 km; la massima profondità raggiunta sarà di circa 1370 m.

2 TRACCIATO DEL METANODOTTO SOTTOMARINO

2.1 INTRODUZIONE

Il tracciato del metanodotto Poseidon collega la costa della Thesprotia ad Otranto (Italia) con passaggio a sud dell'isola greca di Corfù e a sud-ovest dell'area di scarico munizioni della NATO. La lunghezza è di circa 205 Km e la profondità massima è di circa 1370m.

Il tracciato complessivo dalla costa greca all'Italia è riportato nella figura 2.1 e, in formato maggiore, nell'Allegato A (scala 1:300.000).

L'Allegato B dettaglia (scala 1:25.000) il tracciato nelle acque territoriali italiane, riportando la rotta, la batimetria e le caratteristiche tecniche del metanodotto, per la sezione da Otranto fino a circa 50 km dalla costa.

Le coordinate del tracciato sono riportate nella tabella 2.1 (per l'identificazione dei punti identificativi si faccia riferimento all'Allegato A).

In questa fase, le coordinate del punto di approdo in Grecia non sono definitive in quanto esistono alcune alternative, tutte situate nella regione della Thesprotia.

Nella figura 2.2 è riportata la batimetria del tracciato.

E' opportuno osservare che il tracciato definitivo del metanodotto sarà consolidato nelle successive fasi del progetto sulla base dei dati raccolti mediante il survey di dettaglio.

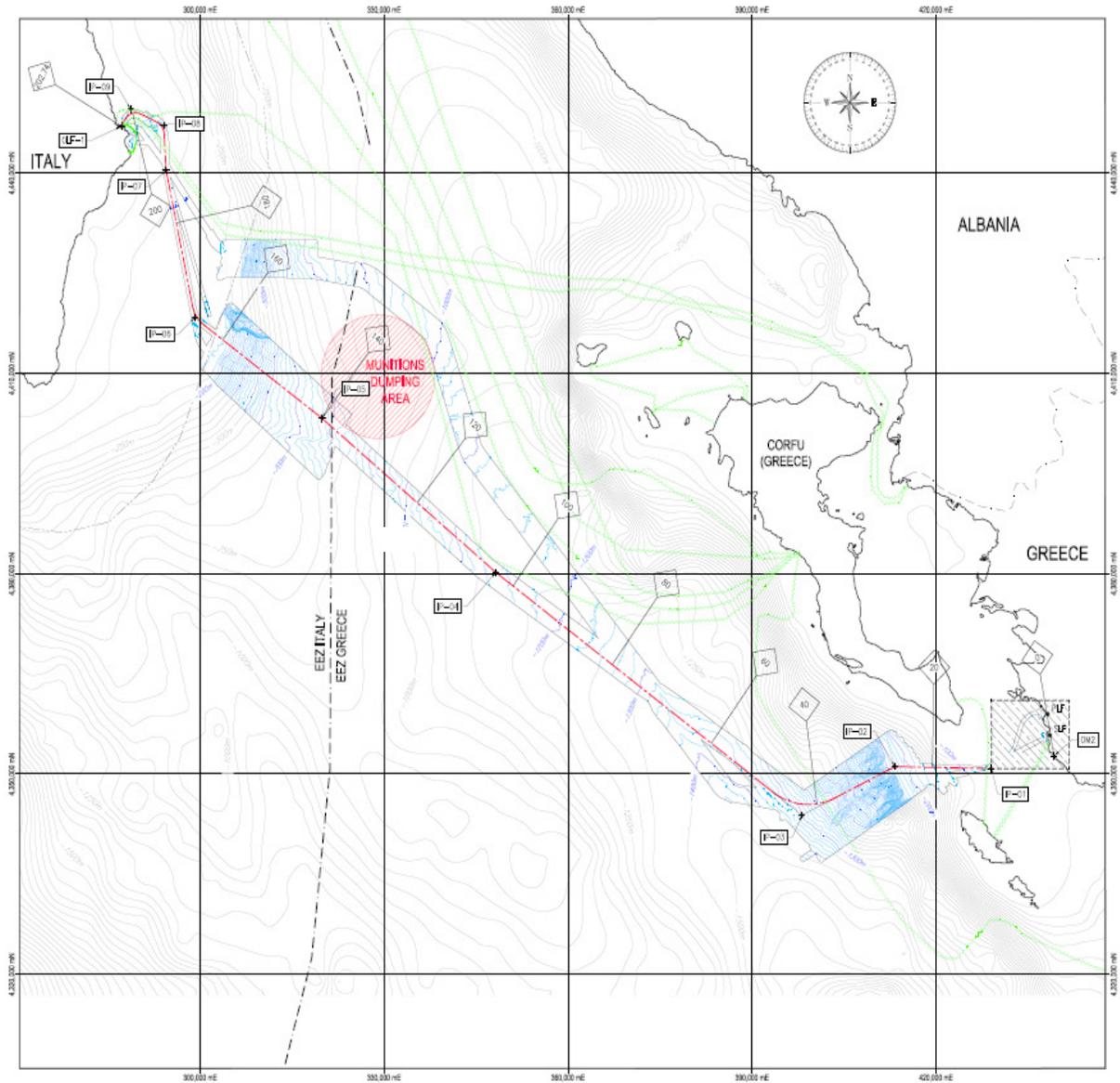


Figura 2.1: tracciato del metanodotto

Punto	Numero	UTM, zona 34 N		Raggio (m)
		Est (m)	Nord (m)	
IP	0	da confermare	da confermare	0
IP	1	428998.03	4350798.22	3,500
TP	1A	429344.70	4350862.11	0
TP	1B	428645.58	4350804.74	0
IP	2	413227.32	4351089.98	5,000
TP	2A	414416.87	4351067.97	0
TP	2B	412155.34	4350573.85	0
IP	3	398109.65	4343811.23	10,000
TP	3A	403500.12	4346406.59	0
TP	3B	393273.96	4347333.90	0
IP	4	348192.09	4380174.81	10,000
TP	4A	348407.93	4380017.57	0
TP	4B	347984.95	4380343.34	0
IP	5	319867.00	4403220.00	10,000
TP	5A	320079.53	4403047.08	0
TP	5B	319645.32	4403381.02	0
IP	6	299096.00	4418307.00	5,000
TP	6A	300650.77	4417177.69	0
TP	6B	298697.75	4420186.91	0
IP	7	294413.93	4440408.18	3,500
TP	7A	294469.18	4440147.40	0
TP	7B	294398.82	4440674.32	0
IP	8	294033.83	4447101.04	2,000
TP	8A	294102.39	4445893.83	0
TP	8B	292932.99	4447601.26	0
IP	9	288623.80	4449559.35	2,000
TP	9A	290281.20	4448806.23	0
TP	9B	287718.59	4447979.87	0
OLF-1	10	287153.00	4446993.00	0

Tabella 2.1: coordinate del tracciato

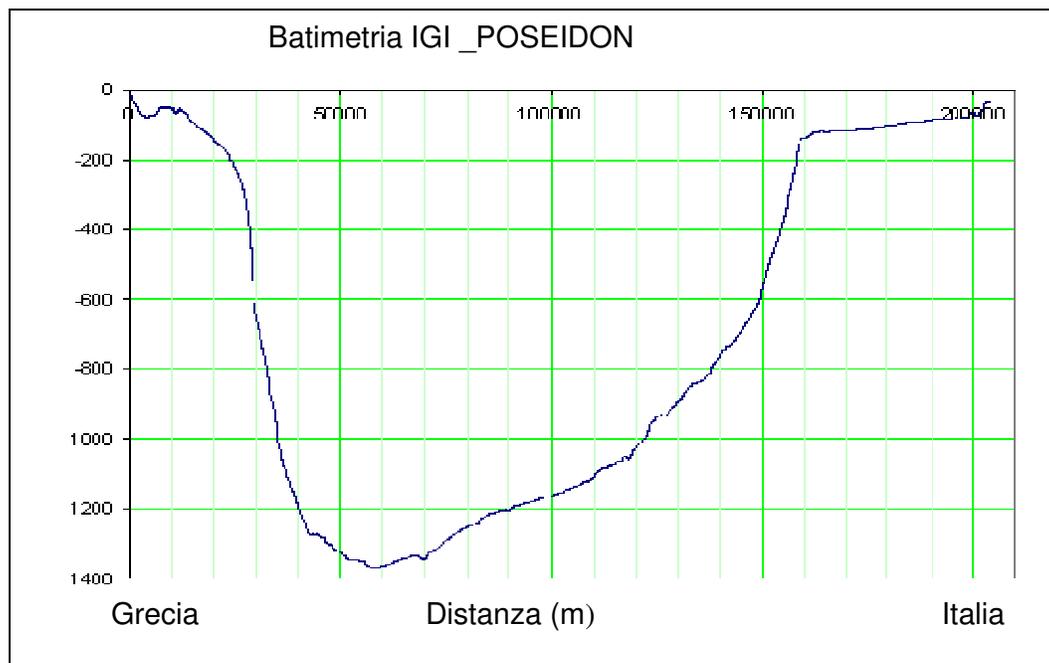


Fig. 2.2: batimetria preliminare del tracciato

2.2 IDENTIFICAZIONE DEL TRACCIATO

2.2.1 Generale

Il tracciato sottomarino è stato preliminarmente identificato sulla base di analisi effettuate su carte di pubblico dominio ed in seguito sui risultati di una specifica campagna di acquisizione di dati di tipo geofisico e geotecnico.

Le differenti analisi hanno portato alla determinazione di un corridoio di posa del metanodotto considerato fattibile dal punto di vista tecnico.

Il tracciato è stato identificato in modo da:

- avere le sezioni di shore approach rettilinee e con adeguato angolo di incidenza relativo alla linea di costa al fine di garantire una corretta installazione del metanodotto presso la costa;
- garantire l'adeguata distanza tra il punto di uscita dell'HDD (ove applicabile) e la prima curvatura del metanodotto per evitare stress alla tubazione;
- prevedere l'attraversamento dei cavi ove possibile in acque poco profonde, al fine di ridurre la durata e la complessità della costruzione degli attraversamenti;
- avere un adeguato angolo di incidenza per gli attraversamenti (superiore a 30°);
- minimizzare la lunghezza complessiva del tracciato;
- garantire raggi di curvatura adeguati per l'installazione;
- garantire adeguata distanza da eventuali ostacoli e infrastrutture esistenti;
- tenere in considerazione le condizioni e la natura del fondale;
- evitare/minimizzare l'attraversamento di zone irregolari e scoscese che possano portare a fenomeni di spanning o richiedere interventi al fondale.

2.2.2 Campagna di acquisizione dati

La campagna di rilievi di ricognizione del tracciato (Reconnaissance Marine Survey, RMS) è stata svolta dalla società svedese specializzata Marin Matteknik AB (MMT AB) tra il 31 agosto 2007 ed il 31 ottobre 2007. La campagna è stata suddivisa in due parti: una campagna di tipo geofisico per i rilievi batimetrici e sismici ed una campagna geotecnica per il prelievo di campioni lungo il tracciato.

L'obiettivo della campagna di rilievi è stato la mappatura del fondale marino al fine di scegliere un corridoio di posa e confermarne la fattibilità e sicurezza per procedere con le ulteriori fasi di progettazione ed effettuare la progettazione preliminare.

Più in dettaglio lo scopo del lavoro ha incluso l'acquisizione, l'elaborazione, l'integrazione e l'interpretazione degli appropriati dati di tipo idrografico, geofisico, geologico e geotecnico necessari a:

- determinare la topografia del fondale con adeguata accuratezza e precisione;
- fornire valutazioni sui parametri geologici e geotecnici del fondali e degli strati superficiali al di sotto dello stesso;
- identificare e mappare ogni caratteristica geologica, ambientale, esterna che potrebbe impattare sulla costruzione e sull'esercizio del metanodotto.

Per la campagna geofisica e per quella geotecnica è stata utilizzata la motonave Franklin, imbarcazione attrezzata per ricerche oceanografiche ed idrografiche.

Il mezzo, dotato di sistema di posizionamento dinamico (DPS) ospita a bordo le apparecchiature necessarie per l'elaborazione e l'interpretazione in tempo reale dei dati acquisiti.



Figura 2.3: immagine della m/n Franklin

I rilievi batimetrici sono stati effettuati utilizzando il Multibeam Simrad EM 170. Il sistema ha 400 beams, che lavorano simultaneamente. La frequenza è tra i 75 e i 100 kHz e il sistema è montato sotto lo scafo del mezzo.

Per rilevare il tipo e le dimensioni di eventuali ostacoli e le caratteristiche della superficie del fondale è stato utilizzato un side scan sonar digitale. Il sistema è stato utilizzato anche per identificare e classificare i differenti tipi di fondale. L'apparecchiatura utilizzata è l'Edgetech Full Spectrum a doppia frequenza (75/410 kHz).

I rilievi sono stati eseguiti utilizzando anche due sub bottom profiler per fornire dati della geologia del suolo al di sotto del fondale. L'apparecchio EdgeTech Full Spectrum DW 106 (chirp) con una frequenza di 1-6 kHz è stato installato insieme al side scan sonar in un sistema ad immersione (tow fish) integrato (EdgeTech 2400-DSS Integrated Deep Sonar System).

Il chirp ha fornito immagini ad alta definizione ma la sua penetrazione in sedimenti poco consolidati è risultata limitata. Come sistema complementare al chirp è stato quindi utilizzato un altro sub bottom profiler, il Geo-Spark 800 che, lavorando a frequenze inferiori, ha permesso l'identificazione degli strati con sedimenti poco consolidati e gli strati rocciosi più profondi sotto il fondale.

Per le indagini geotecniche è stato utilizzato un carotiere (piston corer) di 6 metri di lunghezza ed un diametro interno di 106 mm.

Nell'Allegato D sono riportati in forma cartografica i risultati dei rilievi per la sezione di tracciato relativa alle Acque Territoriali Italiane e ad esso si fa riferimento per i dettagli sulle caratteristiche geofisiche del fondale interessato dal tracciato del metanodotto.

Ciascuna carta è suddivisa in quattro quadri, riportanti, in scala orizzontale 1:10.000 e verticale 1:1000:

- Batimetria: riporta la batimetria di dettaglio (con profili ad intervallo di 1 m, 5 m o 10 m in funzione della profondità delle acque) con indicazione dei punti di campionamento geotecnico;

- Geologia superficiale e caratteristiche del fondale: sono riportate le interpretazioni dei dati relativi al tipo di suolo sovrapposte alle immagini ottenute con il side scan sonar;
- Profilo geologico: viene riportato il profilo longitudinale del fondale ed il profilo geologico, ottenuti dalla interpretazione dei dati rilevati dal subbottom profiler e dai dati di sismica superficiale. I risultati geotecnici sono stati utilizzati per verificare l'interpretazione dei dati sugli strati più superficiali;
- Pendenze: viene riportata la pendenza del fondale sulla base di valori medi ogni 10 metri.

2.3 PUNTO DI APPRODO DI OTRANTO

2.3.1 Shore approach

Il punto di approdo di Otranto è stato scelto sulla base di considerazioni tecniche ed ambientali emerse dall'analisi comparativa tra differenti siti potenziali fatta a valle di uno studio della documentazione e delle carte disponibili e di una visita sul luogo per confermare i dati emersi.

Posizionato a circa 150 m dalla costa, il punto di approdo è definito dalle seguenti coordinate:

- 287,143 E
- 4,446,913 N (UTM 34/WGS 84).

Il landfall è localizzato ad est dell'abitato di Otranto, nelle vicinanze della punta Malcantone. Il punto di approdo, in particolare, è localizzato tra la radice della diga foranea del Porto di Otranto ed il cavo TERNA da 400kV che collega Grecia ed Italia, a circa 100 m a sud-ovest rispetto al suo punto di approdo. Il cavo, realizzato nel 2001-2002 a seguito dell'accordo tra Enel e la compagnia elettrica greca DEH è l'infrastruttura più importante

presente nell'area dello spiaggiamento. E' interrato e risulta ben segnalato ed identificabile. Parallelo al cavo TERNA è posato un cavo a fibra ottica.

La profondità del fondale marino aumenta in modo relativamente rapido ed a circa 400 metri dalla costa è intorno ai 20-30m.

La costa nell'area del landfall è pianeggiante per una striscia di ampiezza variabile dai 25 ai 50 metri. Alle spalle di tale striscia il terreno acquista lieve pendenza e si innalza fino ad un' altezza di circa 13-14 metri dove vi sono aree che risultano ampiamente inutilizzate. L'accesso alla zona è garantito da una strada sterrata che inizia nei pressi della zona del porto, il cui accesso è a circa 300 metri ad ovest del punto di approdo.



Figura 2.4: punto di spiaggiamento di Otranto

Lo shore approach di Otranto verrà realizzato mediante trivellazione orizzontale controllata (horizontal directional drilling, HDD).

Tale metodologia è ritenuta fattibile sulla base dei dati attualmente disponibili. Durante l'esecuzione dei rilievi di dettaglio verranno effettuate specifiche analisi a conferma del lavoro di progettazione svolto e per l'ottimizzazione della fase esecutiva.

La traiettoria ed il profilo dell'HDD sono stati determinati con l'obiettivo di evitare interferenze con le prateria di Posidonia, il SIC "Costa d'Otranto – Santa Maria di Leuca e Bosco di Tricase", i cavi elettrico ed a fibre ottiche, le strutture portuali esistenti e il possibile porto turistico che potrebbe essere realizzato ad est dell'esistente porto di Otranto.

La traiettoria dell'HDD, rettilinea, che implica l'attraversamento dei cavi, è definita dalle coordinate riportate nella seguente tabella 2.2.

Nord	Est	Punto
4.446.916,74 mN	287.109,30 mE	Punto di ingresso HDD
4.446.993,00 mN	287.153,00 mE	OLF-1 punto di approdo
4.447.396,91 mN	287.384,48 mE	Punto di uscita HDD

Tabella 2.2: Coordinate per l'HDD

La lunghezza della sezione in HDD è di 553 metri.

E' opportuno sottolineare che le coordinate del punto di ingresso e di uscita andranno confermate a valle dei rilievi di dettaglio e delle seguenti fasi di progettazione di dettaglio.

Nell'allegato C è visibile la traiettoria dell'HDD con relative coordinate dei punti di ingresso ed uscita, così come il perimetro del SIC a terra e l'estensione della prateria di Posidonia. Il punto di uscita dell'HDD è posizionato a circa 50 m dal limite esterno della prateria di Posidonia, identificato mediante una campagna di rilievi dedicata realizzata con side scan sonar a completamento di una campagna di campionamento lungo transetti predefiniti svolta al fine di valutare lo stato della prateria.

2.3.2 Collegamento con il gasdotto onshore

Al punto definito come “Punto di ingresso HDD”, il metanodotto offshore si connette alla sezione a terra del metanodotto Poseidon. Il tracciato di tale sezione di metanodotto, della lunghezza di circa 2,3 km, interessa il comune di Otranto ed è descritto negli specifici Elaborati di Progetto ai quale si rimanda per ulteriori dettagli.

2.4 PUNTO DI APPRODO IN GRECIA

Il punto di approdo sulla costa occidentale greca sarà localizzato nella regione della Thesprotia, nel tratto di costa prospiciente il tratto di mare tra le isole di Corfù e Paxos.

Al momento della redazione della presente documentazione vengono considerate fattibili tecnicamente le seguenti alternative:

- Stamponi
- Sofas
- Omprela
- Stavrolimenas

Tali alternative non implicano variazioni sostanziali al tracciato del metanodotto, andando ad interessare i primi km di tracciato suo tratto prospiciente alla costa greca, nelle acque territoriali greche (dalla costa fino ad IP-01, riferimento Appendice B).

2.5 SEZIONE SOTTOMARINA

Il metanodotto attraversa le acque territoriali italiane per circa 41 Km a partire da un punto caratterizzato da una profondità del fondale di circa 135 m ed interessa essenzialmente la piattaforma continentale italiana (paragrafo 2.5.6).

Nell' Allegato A, come anticipato, è riportato (scala 1: 300.000) il tracciato complessivo dalla costa greca all'Italia; nell'Allegato B è disponibile in scala 1:25.000 il dettaglio del tracciato e della batimetria nelle acque territoriali italiane (è riportato il tracciato del metanodotto a partire da circa 50 Km dalla costa italiana fino al dal punto di spiaggiamento di Otranto).

A tali documenti si fa riferimento per la localizzazione dei punti identificativi utilizzati nei prossimi paragrafi per la descrizione del tracciato.

Nell'Allegato D è consultabile la cartografia, in scala orizzontale 1:10.000 ed in scala verticale 1:1000, riportante i risultati dei rilievi geofisici e geotecnici sul fondale interessato dal metanodotto per il tratto relativo alle Acque territoriali Italiane.

2.5.1 Interazioni con terzi

Il tracciato del metanodotto è stato determinato nell'ottica di minimizzare le interazioni con le infrastrutture esistenti.

Nella tabella 2.3 sono elencate tutte le strutture che sono state identificate e considerate nell'analisi svolta per la determinazione del tracciato scelto per il metanodotto; è possibile osservare il collocamento delle strutture elencate nella figura 2.5 dove è riportato il tracciato identificato durante lo Studio di Fattibilità. Le successive ottimizzazioni del tracciato, effettuate a seguito della campagna di rilievi geofisici e geotecnici non risultano significative ai fini dello scopo della figura 2.5.

N	Posizione	Dettagli disponibili
1	Italia- Grecia	Operativo; 1997; Otranto, Italia – Kerkira (Corfù) , Grecia; 163 Km a 3x 565 Mbit/s; Telecom Italia, OTE
2	Corfù – Bar	Operativo: 1999 Corfù, Grecia - Bar, Montenegro; 350 Km a 1 x 2.5 Gbit/s; OTE, Telecom Italia, CYPTT
3	Corfu – Paxos	N.d.; OTE (da confermare)

4	Adria 1	Operativo: 1997 Kerkira (Corfù), Grecia – Durres, Albania – Dubrovnik, Croazia; OTE
5	Corfu – Lekhainos – EMOS	N.d.; OTE (da confermare)
6	Corfu – Bari 1	N.d.; OTE, Telecom Italia
7	Corfu – Bari 2	N.d.; OTE, Telecom Italia
8	Corfu – Bari 3	N.d.
9	Otranto – Ftelia	Fibre ottiche – parallelo al cavo ad alta tensione (10)
10	Otranto – Epirus	Cavo ad alta tensione, 500-megawatt; TERNA.
11	Paxos – Grecia	N.d.
12	Baia di Otranto – Base militare	N.d.
13	Zona abbandono munizioni	Diametro: 10 MN

Tabella 2.3: Elenco delle strutture considerate per la determinazione del tracciato

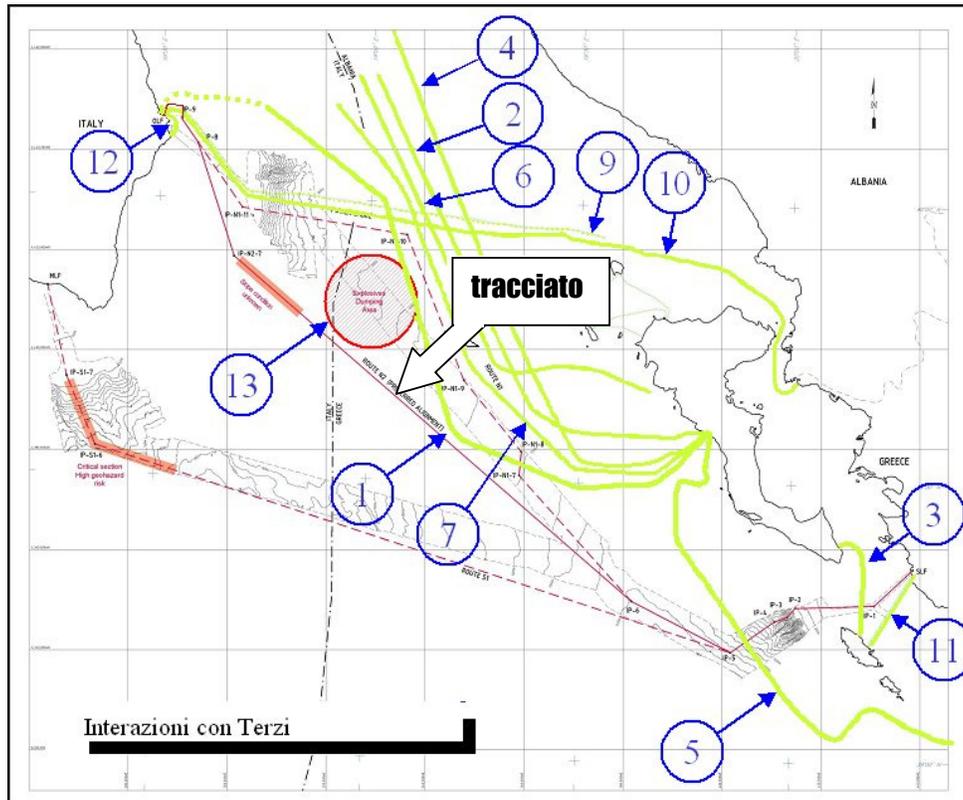


Figura 2.5: strutture considerate per la determinazione del tracciato

Per quanto riguarda le Acque Territoriali Italiane le infrastrutture più importanti interessate dal percorso del metanodotto, come anticipato, sono il cavo ad alta tensione tra Italia e Grecia ed il cavo per telecomunicazioni, a fibre ottiche, posato parallelamente ad esso.

Il punto di approdo del cavo ad Otranto, è collocato circa 100 metri a nord-ovest rispetto a quello del metanodotto (distanza che assicura la possibilità di condurre i lavori di posa del metanodotto senza interferenze con le strutture esistenti).

Il cavo, in acciaio ed interrato ad una profondità compresa tra 0,6 ed 1 metro fino a 150 metri di profondità del fondale marino, può trasmettere circa 500 MW di potenza con una tensione di 400 kV in corrente continua.

Nel tratto a mare, il metanodotto attraverserà ciascuno dei due cavi citati (ad alta tensione ed a fibre ottiche) per tre volte: due volte allo shore approach mediante metodo HDD e una terza volta a circa 10 km dal punto di approdo, ad una profondità di circa 80 metri (riferimento Allegato B, disegno 1010-DRW-00-002-2/4).

Si sottolinea che un ulteriore attraversamento dei cavi è previsto nella parte a terra della traiettoria HDD.

Il profilo di trivellazione dell'HDD è stato identificato con l'obiettivo di evitare interferenze con i cavi. Per quanto riguarda l'attraversamento offshore, il tracciato del metanodotto è stato identificato per assicurare un adeguato angolo di incidenza per l'attraversamento che verrà ulteriormente studiato e ottimizzato nelle successive fasi del progetto.

2.5.2 Piattaforma continentale greca

Questa sezione ha una lunghezza di circa 30 km, dalla costa fino al punto di inizio della scarpata continentale greca, ad una profondità di circa 300 metri (in prossimità di IP-02).

Le pendenze del fondale sono relativamente modeste e non vi sono criticità.

Dal punto di approdo in Grecia, nella regione della Thesprotia, il tracciato si muove lungo la piattaforma continentale greca fino al punto IP-01, a circa 10 km dalla costa. A partire da questo punto, il tracciato piega verso ovest ed attraversa in linea retta la piattaforma continentale passando nel tratto di mare tra le isole di Corfù e Paxos.

In questa sezione il metanodotto attraversa il cavo telefonico sottomarino che collega le isole di Corfù e Paxos in acque poco profonde (circa 70 metri). L'angolo di incidenza è prossimo ai 90°.

2.5.3 Scarpata continentale greca

La sezione, che va dall'area della piattaforma continentale al fondale ionico (IP-03), ha una lunghezza complessiva di circa 15 km ed è caratterizzata dalla presenza di un fondale molto irregolare, con pendenze notevoli. Le pendenze medie variano dai 12 ai 25° e raggiungono un massimo di 40°. Tali pendenze non sono considerate critiche ai fini della installazione del metanodotto.

Il tracciato del metanodotto entra in questa sezione con orientamento verso est per poi assumere, con raggio di curvatura di 5000 metri, orientamento ovest-sud/ovest. Terminata la scarpata il tracciato piega in direzione nord/ovest con raggio di curvatura pari a 10000 metri.

Alla base della scarpata continentale, a circa 1160 m, di profondità il metanodotto attraversa un cavo per telecomunicazioni con un angolo di incidenza prossimo ai 90°.

A circa 45 km dalla costa il metanodotto attraversa il punto caratterizzato dalla maggiore profondità lungo il tracciato: 1370 m.

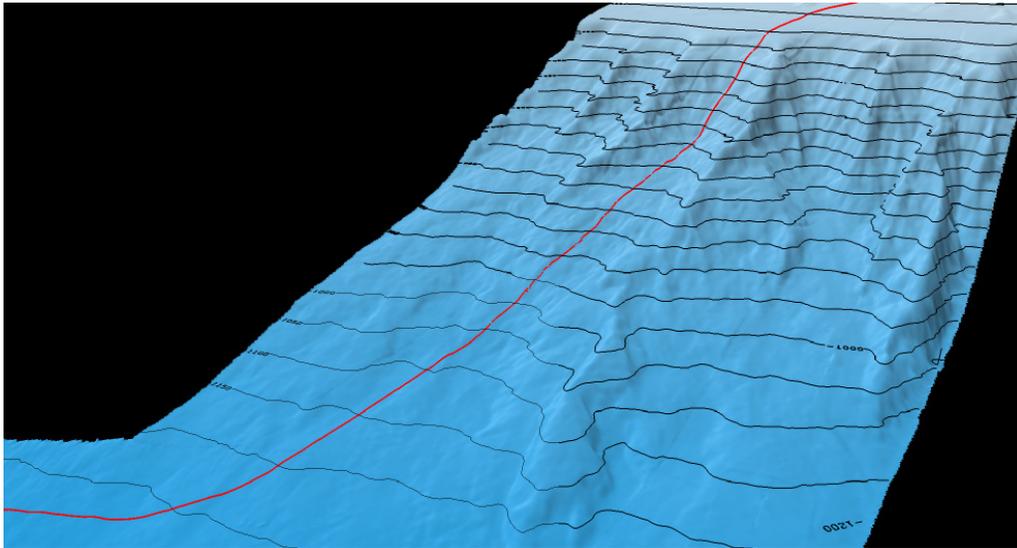


Figura 2.6: scarpata continentale greca: modellazione 3D

2.5.4 Fondale ionico

La sezione del fondale tra le due scarpate continentali, di lunghezza pari a circa 105 km, è caratterizzata da caratteristiche benigne e pendenze modeste.

L'andamento del tracciato è stato determinato sulla base delle caratteristiche del fondale marino e con l'obiettivo di minimizzare/evitare l'attraversamento dei cavi sottomarini in acque profonde ed evitare la zona di abbandono esplosivi presente nel Canale di Otranto.

Il tracciato si colloca ad adeguata distanza dalla zona di abbandono esplosivi passando a sud della stessa.

La zona di abbandono esplosivi, utilizzata per l'abbandono delle munizioni non utilizzate durante le missioni aeree NATO nella campagna del Kosovo nel 1999, è evidenziata nell'Allegato B ("munitions dumping area").

L'area è riportata nella carta nautica pubblicata dall'Ufficio idrografico inglese specificata nella tabella seguente.

Editore	No.	Titolo	Scala	Anno	Aggiornamento
United Kingdom Hydrographic Office	188	Entrance to the Adriatic Sea Including Nisos Kerkira	1:300,000	1992	2004-812

Tabella 2.3: Riferimenti della carta nautica riportata l'area munizioni

Tale area ha un diametro di 10 miglia nautiche ed è identificata dalle seguenti coordinate:

- UTM 34N: 4409 kmN, 329 kmE
- Geodetiche: 39°49'00" N; 19°00'00" E

Durante la fase di rilievi sottomarini effettuati mediante la normale strumentazione tipicamente utilizzata per i rilievi geofisici non sono stati identificati ordigni né rilevate anomalie di segnale meritevoli di ulteriore approfondimento in questa fase del progetto.

E' prevista l'esecuzione di rilievi di dettaglio che prevedono l'utilizzo di side scan sonar ad alta frequenza supportato su AUV od ROV e, qualora necessario, l'uso di magnetometro, al fine di garantire elevata accuratezza e precisione dei dati acquisiti.

Inoltre, in fase esecutiva prima della posa il trattista potrà effettuare un ulteriore pre-lay survey.

Il tracciato, superata la scarpata continentale greca (IP-03), si muove in direzione nord/ovest (raggio di curvatura 10000 m); nei punti IP-04 ed IP-05 sono previste due lievi modifiche dell'orientazione del tracciato (con raggio di curvatura pari a 10000 m, determinato in base a considerazioni sulla profondità del fondale e sulle caratteristiche dei mezzi di posa) al fine di raggiungere in un punto favorevole i piedi della scarpata continentale italiana.

2.5.5 Scarpata continentale italiana

La scarpata continentale italiana è l'area situata tra il fondale ionico e la piattaforma continentale italiana.

Tale area viene attraversata dal tracciato ad ovest dell'area munizioni.

La lunghezza del tratto di metanodotto che interessa questa sezione (collocata tra i punti IP-05 ed IP-06) è di circa 10 km, ad una distanza dal punto di approdo in Italia tra i 50 ed i 60 km.

Le pendenze risultano sensibili e la profondità del fondale passa da -600 m a -140 m.

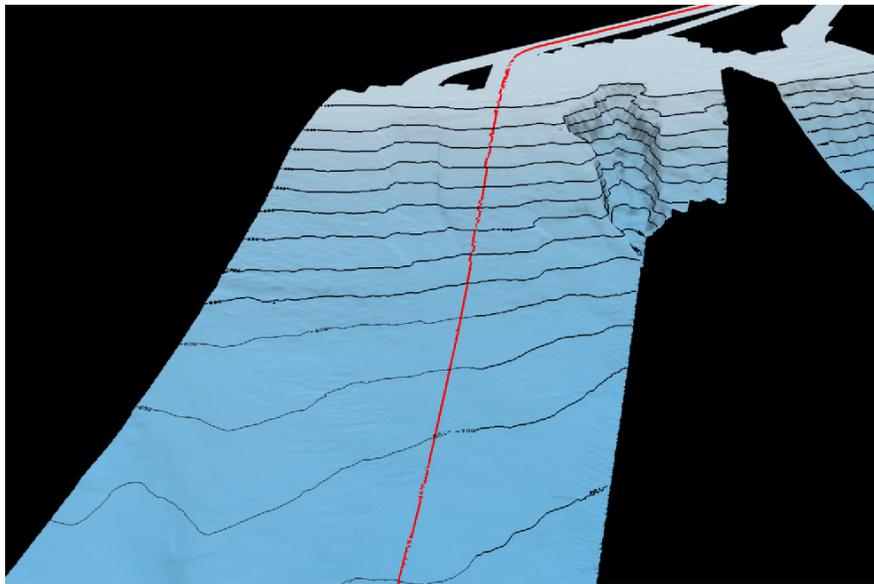


Figura 2.7: scarpata continentale italiana: modellazione 3D

Il tracciato identificato si sviluppa lungo una sezione caratterizzata da un fondale che sulla base dei dati acquisiti durante i rilievi e dalle successive analisi geologiche e ingegneristiche è ritenuto adeguato.

2.5.6 Piattaforma continentale italiana

La piattaforma continentale italiana è compresa tra la linea di costa e l'inizio della scarpata continentale italiana (collocata nel tratto tra IP-05 ed IP-06, in prossimità di IP-06).

La sezione del metanodotto che attraversa questa area, che comprende interamente la parte nelle Acque Territoriali Italiane, ha una lunghezza di circa 43 km.

A partire dalla fine della scarpata continentale i dati dell' RMS mostrano un fondale relativamente piatto e privo di caratteristiche di rilievo.

Nei pressi del punto di approdo i dati dell' RMS mostrano la presenza di affioramenti rocciosi che hanno impatto sulla scelta del tracciato.

Al termine della scarpata continentale italiana, il tracciato si muove per circa 5 km in direzione nord-ovest fino al punto IP-06 (collocato a circa 40 km dal punto di approdo) per poi proseguire (con raggio di curvatura 5000 m) in direzione nord/nord-ovest per circa 23 km (tratto IP-06 - IP-07).

Il metanodotto assume poi direzione più marcatamente verso nord al punto IP-07 (con circa raggio di curvatura di 3500 m) in modo da attraversare nella sezione compresa tra IP-07 ed IP-08 (lunghezza circa 7 km) e con adeguato angolo di incidenza il cavo ad alta tensione che collega Grecia ed Italia ed il cavo per telecomunicazioni ad esso parallelo. Tali cavi, distanti tra loro nel punto di attraversamento circa un chilometro, vengono attraversati ad una profondità d'acqua di circa 80 m; il cavo elettrico viene attraversato a circa 12 km dal punto di approdo.

Al punto IP-08 (circa 8 km dal punto di approdo) il tracciato presenta una ampia curva di 2000 m di raggio che lo porta ad assumere orientamento generale ovest/nord-ovest (tratto IP-108 – IP-09, lunghezza circa 5 km). Una successiva curvatura di raggio pari a 2000 m (IP-09) consentirà al metanodotto di posizionarsi in modo tale da raggiungere lo shore approach con l'angolo di incidenza individuato per la traiettoria dell'HDD e garantire un tratto rettilineo di adeguata lunghezza (circa 700 metri, EXIT POINT e IP-09B, riferimento



PROGETTO IGI POSEIDON
GASDOTTO OFFSHORE
ELABORATI DI PROGETTO

pagina : 38 di 100
novembre 2009
rev.0

Allegato B, disegno 0101-DRW-00-002 1/4) tra il punto di uscita dell'HDD e l'inizio della prima curvatura al fine di eliminare fenomeni di tensione sulle strutture.

3 CARATTERISTICHE TECNICHE DEL METANODOTTO SOTTOMARINO

3.1 ANALISI IDRAULICA E DIMENSIONAMENTO DEL METANODOTTO

Il metanodotto avrà diametro pari a 32" (DN 800 mm) ed una massima pressione di progetto di 150 barg.

Queste caratteristiche sono state definite a valle di dettagliate simulazioni idrauliche svolte sul sistema, al fine di garantire l'importazione dei volumi di gas con una pressione di riconsegna in Italia pari a circa 75 bar_g.

I risultati delle simulazioni idrauliche, sono riportati nella tabella 3.1.

Portata annua (Nm ³ /anno)	Pressione di mandata in Grecia (bar _g)
8	107,5
10	121,0
12	136,3

Tabella 3.1: analisi idraulica: valori di portata e pressione (alla compressione in Grecia)

Per quanto riguarda il dimensionamento meccanico del metanodotto, i dati principali emersi dalle analisi svolte fino ad ora sono riportati nella seguente tabella 3.2.

Grandezza	Valore
Lunghezza (km)	205 ca. (*)
Diametro (")	32
Spessore (mm)	- 20,6 (profondità < 150 m) - 32,9 (profondità > 150 m)

(*): in funzione del punto di approdo in Grecia

Tabella 3.2: dimensionamento meccanico del metanodotto

Lo spessore dei tubi è stato calcolato per garantire resistenza alla pressione interna, esterna ed alle sollecitazioni sia durante l'esercizio che durante la posa.

Le forze esterne che agiscono sui tubi sono diverse in funzione della profondità alla quale il tubo viene posato: in acque poco profonde il dimensionamento del tubo è governato dalla resistenza alla pressione interna, in acque profonde dalle sollecitazioni durante la posa.

Nella figura 3.1 è riportato in forma grafica lo spessore della tubazione per le diverse sezioni di metanodotto lungo il tracciato. Per quanto riguarda il tratto in Acque territoriali Italiane lo spessore adottato è pari a 20,6 mm.

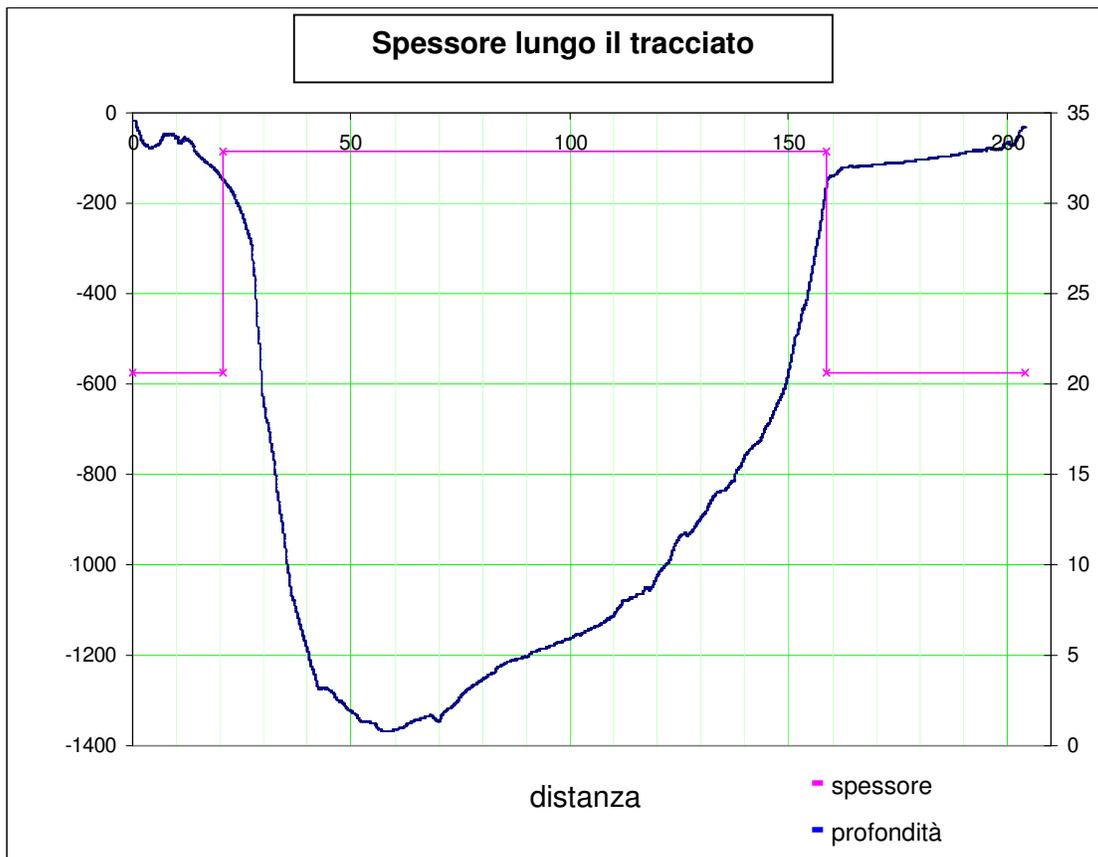


Figura 3.1: spessore della tubazione lungo il tracciato del metanodotto

Poiché il fluido trasportato è gas anidro, non ci può essere azione corrosiva da parte di gas acidi eventualmente presenti come anidride carbonica e H₂S.

Inoltre il rivestimento interno dei tubi costituisce una barriera tra l'acciaio e il gas trasportato riducendo così ogni potenziale pericolo di corrosione.

Nessuno sovra-spessore di corrosione è stato pertanto considerato nella progettazione.

3.2 SCELTA DEI MATERIALI

3.2.1 Grado dell'acciaio

Il materiale con cui verranno realizzate le tubazioni per il metanodotto sarà acciaio X-70 che offre, rispetto ai più economici X-60 e X-65 migliori proprietà di resistenza meccanica. La scelta di questo tipo di acciaio è in linea con quelle effettuate per i più recenti progetti analoghi.

3.2.2 Rivestimento

La superficie esterna dei tubi sarà rivestita da un triplo strato di polipropilene (o similari) che avrà lo scopo di evitare fenomeni di corrosione. Questo tipo di rivestimento, largamente utilizzato in Europa, offre un sistema di protezione passivo alla corrosione molto efficace, ed ha buone capacità meccaniche e di resistenza.

Lo spessore del rivestimento attualmente previsto è di circa 4,5 mm.

La superficie interna dei tubi sarà rivestita mediante resina epossidica (o materiali analoghi per caratteristiche e prestazioni) per aumentare l'efficienza del flusso di gas diminuendo la scabrezza del tubo (tipicamente fino a 0,01 mm).

Per il rivestimento anticorrosione dei giunti si potrà scegliere se applicare polietilene (PE), polipropilene (3LPP) o resina epossidica (FBE: fusion bond epoxy). I tre metodi, dei quali

andranno confrontati prestazioni e costi, si differenziano per quanto riguarda la procedura applicativa ma si basano sul principio di rivestire il giunto mediante un film continuo di materiale anticorrosivo sfruttando le proprietà termico/meccaniche dei materiali usati.

3.3 BUCKLE ARRESTORS

Si prevedono “buckle arrestors” per la sezione in acqua profonda per evitare fenomeni di propagazione di danni localizzati che potrebbero generarsi in fase di posa o di esercizio del metanodotto. La tipologia dei buckle arrestor che verranno utilizzati sarà identificata in funzione del metodo e dei mezzi di posa nelle successive fasi di progettazione di dettaglio del metanodotto.

Preliminarmente la lunghezza di metanodotto lungo la quale dovranno essere previsti buckle arrestors è di circa 125 km, corrispondente alla parte nella quale lo spessore che consente la propagazione è superiore allo spessore del metanodotto, caratterizzata da profondità d’acqua superiori a 380 metri.

Nelle Acque Territoriali Italiane, caratterizzate da profondità inferiori, non si prevede l’installazione di buckle arrestors.

3.4 PROTEZIONE CATODICA

Il progetto del metanodotto prevede, in aggiunta al rivestimento esterno, una ulteriore protezione catodica per proteggere le tubazioni dalla corrosione.

La protezione catodica implica l’installazione lungo la condotta sottomarina di anodi sacrificali realizzati in una apposita lega di alluminio (Al-Zn-In).

Per lo shore approach gli anodi saranno concentrati al lato mare della traiettoria HDD per proteggere la sezione interrata del metanodotto poiché non possono essere installati all’interno del tratto interrato.

L’ingegnerizzazione determinerà l’ottimizzazione del sistema agendo sulle dimensioni e la spaziatura tra i singoli anodi in funzione della sezione di metanodotto considerato.

Nella tabella 3.3 sono riportati i risultati preliminari del dimensionamento degli anodi con riferimento alle Acque territoriali Italiane.

Tubazione 32 “con rivestimento in cemento			
Temperatura (°C)	13		
Condizione	da 150 m di profondità		
Lunghezza anodo (mm)	300	350	350
Spessore anodo (mm)	120	80	40
Peso anodo (kg)	276	202	91
Spaziatura (n. di giunti)	12	12	6
Anodi totali	2	99	106

Tabella 3.3: dimensionamento preliminare degli anodi (Acque territoriali Italiane)

La sezione a terra sarà protetta mediante un sistema di corrente impressa.

Il sistema sarà dimensionato per proteggere il metanodotto per tutta la durata del suo esercizio mediante polarizzazione della tubazione ad un potenziale indicativo di -800mV.

3.5 GIUNTI ISOLANTI

Ad entrambi gli shore approach, all'interfaccia tra metanodotto sottomarino e metanodotto a terra, poiché i metodi di protezione anticorrosione sono differenti (rivestimento e anodi sacrificali per il metanodotto sottomarino; corrente impressa per il metanodotto a terra) è prevista la posa di un giunto isolante. Lo scopo del giunto isolante è di separare elettricamente i due sistemi di protezione ed evitare processi elettrochimici negativi per le tubazioni.

Nel caso dello shore approach di Otranto il giunto isolante sarà installato prima del punto di ingresso dell'HDD. Poiché il metanodotto a terra sarà interrato il giunto isolante sarà anch'esso interrato; tecnicamente non è richiesto un pozzetto di ispezione.

Il giunto può essere costituito da un'apposita guarnizione di materiale non conduttivo montata tra le flange per mezzo di apposite rondelle e bulloni isolati oppure può essere di tipo integrato nel qual caso il giunto isolante viene saldato alle tubazioni.



Figura 3.2: giunti isolanti integrati

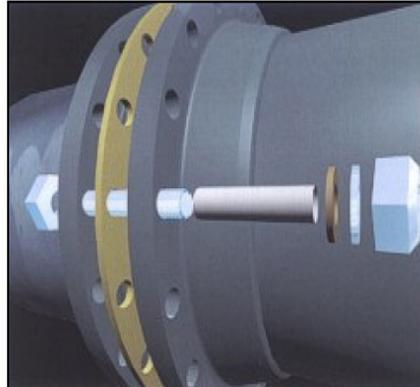


Figura 3.3: guarnizione isolante

3.6 STABILIZZAZIONE DEL METANODOTTO

Nei tratti di metanodotto in acque poco profonde, a partire da una profondità del fondale di -150m, sarà previsto un rivestimento in cemento.

Il rivestimento in cemento è necessario per aumentare la stabilità del metanodotto che, una volta posato è sottoposto a forze di tipo idrodinamico che tendono, se non controbilanciate, a spostarlo dalla sua posizione originaria.

Nella tabella 3.4 sono riportati i risultati preliminari del dimensionamento del rivestimento in cemento con riferimento al lato italiano del metanodotto.

Lo spessore adottato va da 120 mm in prossimità della costa fino a 40 mm nelle sezioni caratterizzata da profondità del fondale prossime a 150 m.

Il cemento considerato per il rivestimento ha una densità di 3040 kg/m³.

Tubazione 32" - rivestimento in cemento			
Spessore (mm)	Lunghezza (km)	Distanza dal punto di approdo (OLF) (km)	Profondità acqua (m)
120	0,36	0,465 – 0,825	33 - 44
80	19,683	0,825 - 20,508	44 - 100
40	22,899	20,508 - 43,407	100 - 150

Tabella 3.4: dimensionamento preliminare del rivestimento in cemento

4 COSTRUZIONE DEL METANODOTTO

4.1 GENERALITÀ

Ai fini dell'installazione del metanodotto, il tracciato può essere concettualmente suddiviso in tre differenti sezioni:

- shore approach,
- sezione offshore in acque basse,
- sezione offshore in acque profonde.

Lo shore approach richiede metodi costruttivi specifici.

Il metodo costruttivo, che prevede che la tubazione sia realizzata a bordo della nave posatubi, varata in mare e posata sul fondale, concettualmente non varia invece per le due sezioni offshore ad acque basse e profonde ma potranno esserci differenze per quanto riguarda il tipo e le capacità dei mezzi utilizzati ed, in funzione di questi aspetti, differenze di carattere logistico sull'estensione relativa delle due sezioni ai fini della posa. Si distinguono infatti:

- mezzi di posa in grado di posare sia in acque profonde che in acque basse;
- mezzi di posa per acque basse non adeguati per la posa in acque profonde.

In questa fase viene considerato uno scenario di costruzione che prevede l'uso di due mezzi di posa differenti: un mezzo per la costruzione allo shore approach e nelle sezioni in acque poco profonde ed intermedie ed un mezzo per la posa nella sezione in acque profonde.

Nel caso le condizioni di mercato al momento dell'assegnazione del contratto di posa portino alla selezione di un contrattista dotato di mezzo di posa adeguato per l'installazione lungo l'intero tracciato, lo scenario di costruzione non mostrerà differenze sostanziali rispetto a quello descritto nella presente documentazione, ritenuto maggiormente conservativo.

4.2 SEQUENZA DI INSTALLAZIONE

Ai fini della descrizione delle fasi di posa, in questa fase si considera la seguente sequenza di installazione:

1) Le operazioni di installazione del metanodotto potranno iniziare dallo shore approach di Otranto. Lo shore approach sarà effettuato con metodo HDD e la tubazione sarà realizzata da un mezzo adeguato per la posa in fondali di profondità bassa - intermedia (mezzo 1). Tali mezzi sono tipicamente utilizzati per la posa in profondità a partire da 20-40 metri fino a circa 600-700 metri e possono essere dotati sia di sistema di ancore tradizionale che di posizionamento dinamico e installano le tubazioni mediante metodo S-lay (rif. Par. 4.3.1).

2) La sezione in acque poco profonde potrà essere installata dallo stesso mezzo di posa utilizzato per la realizzazione dello shore approach di Otranto (mezzo 1); ultimata la realizzazione dello shore approach il mezzo proseguirà la normale posa della tubazione fino ad un adeguato punto del tracciato nel tratto della scarpata continentale italiana, dove la tubazione sarà opportunamente abbandonata sul fondale. La profondità del fondale potrà essere compresa tra i 200 e i 700 metri. Il mezzo di posa potrà poi eventualmente trasferirsi allo shore approach greco.

3) Un secondo mezzo, adeguato per la posa in fondali profondi (mezzo 2), recupererà la tubazione in precedenza abbandonata sul fondale dal mezzo 1 e continuerà la posa verso la Grecia. La posa potrà essere realizzata sia con metodo S-lay che con metodo J-lay fino ad un punto convenuto verso la costa greca dove la tubazione sarà opportunamente abbandonata sul fondale. Il mezzo 2 potrà quindi essere demobilizzato.

4) In parallelo con le attività di posa in acque profonde svolte dal mezzo 2, il mezzo 1 potrà supportare le operazioni di installazione allo shore approach in Grecia, procedere con la

posa fino ad una profondità di alcune decine di metri e quindi abbandonare la tubazione sul fondale.

5) Il mezzo 1 recupererà la tubazione in precedenza abbandonata dal mezzo 2 (fase 3) e continuerà la posa verso la costa greca, fino a raggiungere il punto dove ha in precedenza abbandonato la tubazione (fase 4) abbandonando la tubazione sul fondale per la fase di collegamento in superficie (fase 6).

6) Entrambe le estremità delle tubazioni abbandonate sul fondale verranno quindi portate in superficie per l'esecuzione delle operazioni di collegamento in superficie (tie-in) (rif. Par 4.3.3). Il tie-in finale viene realizzato sul mezzo di posa e quindi la tubazione completata viene calata sul fondale. Il mezzo 1 potrà quindi essere demobilizzato.

E' opportuno sottolineare che la sequenza di installazione sarà finalizzata in fase di ingegneria di dettaglio della costruzione e potrebbe iniziare dal lato greco e prevedere il collegamento di superficie (tie-in) sul lato italiano, con implicazioni progettuali di tipo principalmente logistico.

4.3 SEZIONE OFFSHORE

4.3.1 Posa del metanodotto

La costruzione del metanodotto nella sezione offshore prevede la posa della tubazione sul fondale.

La posa del metanodotto nel canale di Otranto, con riferimento alla sequenza identificata al par. 4.2, avverrà sia con metodo J-lay che con metodo S-lay.

I due metodi si differenziano essenzialmente per la configurazione della “rampa di varo” che determina l’angolo di uscita della tubazione, trattenuta a bordo attraverso un apposito sistema di tensionamento, e la conseguente forma che assume la tubazione durante l’installazione.

Nel metodo J-lay (schematizzato nella figura 4.1) l’angolo di uscita della tubazione dal mezzo di posa è compreso tra 0° e 15° rispetto alla verticale. In questo modo la tubazione avrà una sola zona di curvatura appena sopra il fondale, assumendo una forma che richiama la lettera che dà il nome a questo metodo di posa.

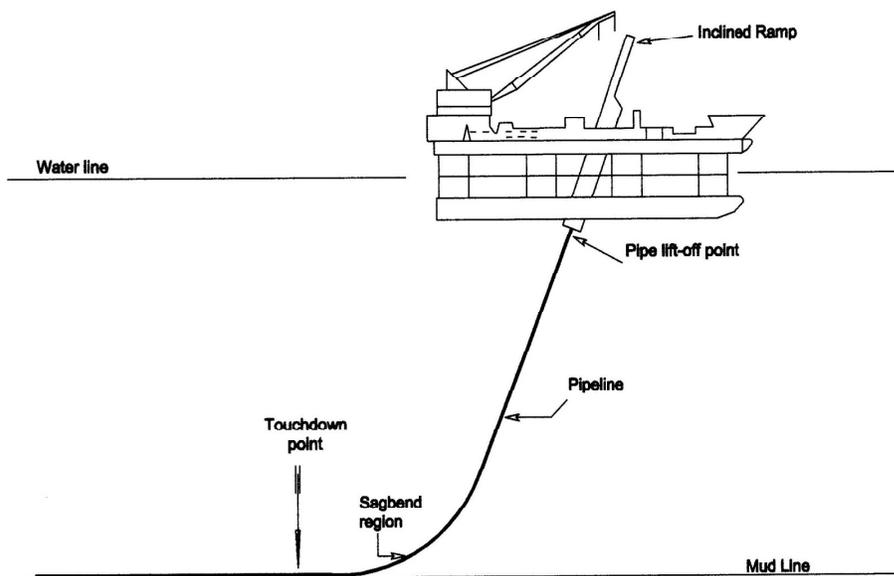


Figura 4.1: metodo di posa J-lay

Il metodo di posa J-lay è adeguato solo per fondali profondi. Tipicamente il mezzo di posa J-lay, sviluppato per la posa in acque profonde, ha operatività fino a 150 – 200 metri.

I mezzi attualmente disponibili sono adeguati per la posa di tubazioni di diametro fino a 32”.

Nel metodo S-lay (rappresentato nella figura 4.2) la tubazione lascia la rampa di varo con allineamento orizzontale. La condotta avrà due punti di curvatura, uno relativo allo stinger (rampa di varo) ed uno al fondale marino, venendo ad assumere una forma ad “S”. I mezzi di posa S-lay sono adeguati per la costruzione anche in acque basse.

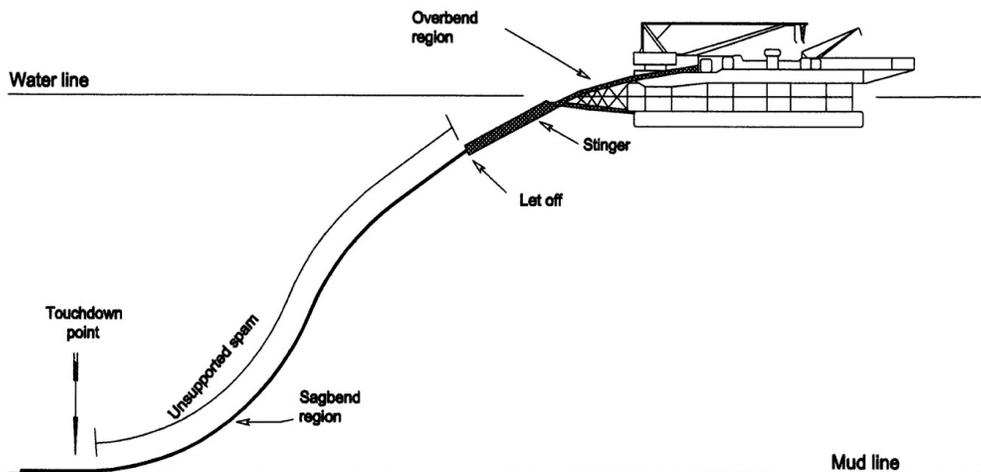


Figura 4.2: metodo di posa S-lay

La procedura per la posa prevede la preparazione di una stringa (tubi saldati in testa) a bordo della nave posatubi ed il successivo varo in mare. L'accoppiamento delle barre sarà effettuato mediante saldatura elettrica automatizzata e tutte le saldature saranno sottoposte a controlli non distruttivi. I giunti di saldatura verranno rivestiti con fasce termo restringenti e, qualora presente, verrà assicurato il ripristino della continuità del calcestruzzo di appesantimento.

La condotta sarà quindi varata facendola scorrere lungo la rampa di varo in modo graduale in relazione alla capacità di saldatura del mezzo di posa, che avanzerà corrispondentemente lungo la direzione di varo.

Nel caso del metanodotto Poseidon, il metodo di posa S-lay verrà utilizzato per le sezioni in acque basse ed intermedie mentre per la posa in acque profonde il metodo di posa dipenderà dalle effettive disponibilità di mezzi del contrattista.

Il mezzo per l'installazione in acque basse ed intermedie, in funzione delle condizioni operative e della profondità dei fondali, potrà essere posizionato tramite sistema di ancoraggio tradizionale oppure mediante sistema di posizionamento dinamico. Per la posa in acque basse e nei pressi della costa, in particolare, si prevede l'utilizzo delle ancore.

La posizione sulla rotta di posa sarà continuamente verificata con un sistema di radio-posizionamento (tipo satellitare) ed il mezzo sarà tenuto in posizione mediante un sistema di ancore (tipicamente 8-12). Attraverso un sistema di controllo centralizzato degli argani il mezzo avanzerà gradualmente in relazione alle lunghezze di condotta varata di volta in volta. Con l'avanzare della posa, le ancore saranno salpate e spostate in un'altra posizione per mezzo di rimorchiatori salpa-ancore. Il campo ancore (la zona occupata dal sistema di ancoraggio) sarà opportunamente segnalata per mezzo di boe poste in corrispondenza di ogni ancora.

Per l'installazione in acque profonde, il mezzo di posa sarà equipaggiato con un sistema di posizionamento dinamico (Dynamic Positioning, DP). Tale sistema permette di mantenere con estrema precisione la posizione del mezzo nelle condizioni operative richieste per la posa; la posizione viene verificata continuamente mediante sistema di radio-posizionamento di tipo satellitare collegato ad un computer di controllo che agisce sul sistema di propulsione e direzionamento del mezzo stesso. Non richiedendo l'uso delle ancore tale sistema risulta sfruttabile in acque con profondità elevata nelle quali l'uso delle stesse sarebbe impossibile.

In accordo con la produzione giornaliera per la posa, l'area di varo si muoverà lungo il tracciato della condotta con una traslazione di circa 2-3 km/giorno.

E' opportuno sottolineare che prima delle operazioni di posa sarà previsto un rilievo delle condizioni del corridoio di posa (pre-lay survey).

Durante la posa la posizione del metanodotto sul fondale verrà continuamente monitorata anche con l'utilizzo di immagini raccolte mediante ROV (remotely operated vehicle) attrezzato con videocamera. Sono previsti tipicamente inoltre controlli su tutti i parametri di posa e di qualità della tubazione e delle saldature al fine di identificare eventuali anomalie.

Durante la posa oltre alla nave posatubi sono previsti mezzi di supporto per il monitoraggio e controllo della stessa e per il trasporto delle tubazioni al mezzo principale.

Nel caso di utilizzo di nave posatubi con ancore si dovranno prevedere anche un minimo di due rimorchiatori.

Nella tabella 4.1 sono riportati i mezzi tipicamente impiegati durante la posa, nell'ipotesi di utilizzare un mezzo di posa con sistema di ancoraggio tradizionale.

Il numero effettivo dei mezzi di supporto coinvolti dipenderà dalla disponibilità e dalle scelte del trattista per l'installazione.

Tipologia Mezzi	Numero di Mezzi
Mezzo di posa (lay-barge)	1
Rimorchiatore salpa-ancore	2
Mezzo di supporto	1
Mezzo per approvvigionamento tubi	1
Mezzo per trasbordi/trasferimenti	1

Tabella 4.1: mezzi tipici per la posa del metanodotto a mare (mezzo di posa con ancore)

Nella seguente tabella 4.2 sono riportati i mezzi tipicamente impiegati durante la posa, nell'ipotesi di utilizzare un mezzo di posa con sistema di posizionamento dinamico.

Il numero effettivo dei mezzi di supporto coinvolti dipenderà dalla disponibilità e dalle scelte del trattista per l'installazione.

Tipologia Mezzi	Numero di Mezzi
Mezzo di posa (lay-barge)	1
Mezzo di supporto	1
Mezzo per approvvigionamento tubi	1
Mezzo per trasbordi/trasferimenti	1

Tabella 4.2: mezzi tipici per la posa del metanodotto a mare (mezzo di posa con DP)

Nell'Allegato E, a titolo esemplificativo sono riportate le caratteristiche tecniche dei mezzi utilizzabili per la posa in acque profonde; nell'Allegato F sono riportate le caratteristiche dei mezzi utilizzabili per la posa in acque basse ed intermedie.

4.3.2 Aree di cantiere per la posa del metanodotto offshore

Per le operazioni di varo della condotta, oltre all'area di ingombro fisico del mezzo posatubi e all'impronta della condotta sul fondale, è identificabile un'area di cantiere a mare essenzialmente costituita da:

- area per ancoraggio della nave posatubi (ove applicabile);
- area di manovra per i rimorchiatori e i mezzi di supporto;

L'area occupata tipicamente dal campo ancore si può estendere fino ad un chilometro (in funzione della profondità del fondale) in senso longitudinale e trasversale a partire dalla nave posatubi ed in funzione delle caratteristiche della stessa.

Nel caso di utilizzo di posatubi dotate di posizionamento dinamico non vi è necessità di linee di ormeggio.

Sarà poi da prevedere un' area da utilizzare per lo stoccaggio delle tubazioni, tipicamente un'area ad uso industriale o con caratteristiche simili, posta in prossimità della costa. I tubi stoccati saranno quindi trasportati fino al punto di attracco prescelto e da qui caricati sui previsti mezzi navali che riforniranno in maniera continuativa i mezzi posatubi. La scelta dell'area di stoccaggio e della banchina sarà effettuata sulla base di considerazioni di

minimizzazioni delle interazioni con i terzi e nell'ottica dell'ottimizzazione della logistica dell'approvvigionamento.

4.3.3 Abbandono e recupero della tubazione

La procedura tipicamente prevista per l'abbandono della tubazione è la seguente:

- installazione di trasponder per la localizzazione del punto di abbandono;
- determinazione esatta della lunghezza di tubazione necessaria al punto di abbandono;
- eventuale saldatura di segmenti intermedi;
- saldatura del pezzo di testa per l'abbandono ed il recupero della tubazione ("A&R (abandonment and recovery) head"), possibilmente completa di valvole;
- collegamento del cavo per l'abbandono al pezzo di testa;
- abbandono/posizionamento della tubazione utilizzando argani dedicati e sulla base di segnali transponder;
- collegamento di una apposita boa di superficie al cavo di abbandono/recupero;
- controllo finale del posizionamento.

La procedura prevista per il recupero prevederà il recupero della boa di superficie alla quale è collegato il cavo per il recupero della tubazione.

Una schematizzazione delle fasi principali delle operazioni di abbandono e recupero è riportata nell'Allegato G.

4.3.4 Collegamento di superficie (Tie-in)

La continuità della linea da approdo ad approdo si otterrà mediante le operazioni di tie-in (connessione in superficie) che hanno lo scopo di collegare tra loro i tratti terminali delle tubazioni varate ed abbandonate sul fondale.

Il collegamento, in accordo alla sequenza preliminare identificata nel paragrafo 4.2, avverrà in prossimità della costa greca utilizzando il mezzo utilizzato per la posa in fondali bassi ed intermedi (mezzo 1) dotato di gru laterali. Nel caso la sequenza operativa di installazione prevedesse l'inizio delle operazioni di posa dal lato greco il collegamento in superficie sarebbe effettuata in prossimità della costa italiana (a largo della sezione di shore approach) utilizzando allo stesso modo il mezzo che effettuerà la posa nelle acque basse ed intermedie.



Figura 4.3: tie-in

Dal mezzo 1, ancorato al fondale, saranno sollevate fuori dall'acqua utilizzando apposite gru laterali le estremità dei due tratti di linea, per i quali sarà stata prevista una lunghezza aggiuntiva necessaria per garantire il sollevamento e la corretta saldatura a bordo del mezzo di posa. La saldatura avverrà sulla piattaforma di lavoro sul lato del mezzo di posa. Sarà rimosso ciascun pezzo di testa e le due linee, allineate, saranno quindi saldate tra loro. Dopo il controllo di saldatura ed il successivo rivestimento del giunto la condotta sarà

adagiata sul fondale spostando lateralmente il mezzo di posa. Da quel momento la linea sarà continua dalla costa italiana fino a quella greca.

Una schematizzazione delle fasi principali delle operazioni di abbandono e recupero è riportata nell'Allegato H; nella figura 4.3 è visibile una fase delle operazioni di tie-in.

4.3.5 Campate libere ed interventi sul fondo

Nella fase precedente la posa verranno effettuati appositi rilievi e studi per analizzare il posizionamento della tubazione sul fondale e valutare l'opportunità di interventi mirati a migliorare la stabilità del metanodotto con particolare attenzione alle sezioni di tracciato che possono implicare la realizzazione di un tratto sospeso di metanodotto.

Qualora non si reputi opportuno o non sia possibile una modifica del tracciato sarà possibile intervenire sul fondale rimuovendo picchi (con appositi mezzi di scavo) o creando ulteriori punti di supporto al tratto sospeso (ad esempio con l'uso di materassi in cemento).

Dopo la posa la tubazione verrà ispezionata nuovamente per valutare l'accuratezza degli interventi effettuati.

4.3.6 Attraversamenti

Il metanodotto lungo il suo tracciato a mare attraverserà cavi in acque profonde ed in acque basse. In particolare, in acque basse italiane è previsto l'attraversamento di un cavo elettrico ad alta tensione e di cavo a fibre ottiche ad esso parallelo (rif. Paragrafo 2.5.1).

Tali cavi verranno attraversati allo shore approach e lungo il tracciato sulla piattaforma continentale italiana. Nei punti di attraversamento i cavi sono interrati.

La tabella 4.3 riporta i dettagli dei punti di attraversamento previsti nelle acque territoriali italiane.

Tipo	Localizzazione	Nord (m)	Est (m)	Profondità (m)	Profondità HDD (m)
Fibre ottiche	Shore approach	4447087,36	287207,08	2,6	24,7
Cavo elettrico	Shore approach	4447130,04	287231,54	5,5	27,6
Cavo elettrico	Shore approach	4447160,84	287249,19	6,3	29,6
Fibre ottiche	Shore approach	4447173,31	287256,34	6,9	29,9
Fibre ottiche	Sezione offshore	4443385,44	294244,85	83,5	-
Cavo elettrico	Sezione offshore	4444431,07	294185,47	85,2	-

Tabella 4.3: lista degli attraversamenti nelle Acque Territoriali Italiane

Allo shore approach i cavi saranno attraversati nel tratto realizzato mediante HDD, la cui traiettoria passerà al di sotto dei cavi. La copertura al di sopra della traiettoria HDD, la cui profondità rispetto al fondale è riportata nella tabella 4.3, è adeguata per garantire l'integrità dell'attraversamento ed evitare interferenze con i cavi.

Nella parte a terra lungo la traiettoria dell'HDD allo shore approach è previsto un ulteriore attraversamento, anch'esso al di sotto dei cavi e con adeguata copertura.

Nella sezione offshore, dove il metanodotto sarà semplicemente posato sul fondale, gli attraversamenti verranno eseguiti proteggendo in modo adeguato i cavi.

Tipicamente la protezione verrà realizzata mediante l'uso di materassi flessibili in cemento o soluzioni analoghe. Lo scopo dei materassi flessibili, disposti parallelamente al cavo nelle immediate vicinanze od al di sopra del punto di attraversamento, è duplice: evitare che i carichi indotti dal metanodotto agiscano direttamente sul cavo stesso e consentire la separazione tra cavo e metanodotto per evitare interferenze tra i due sistemi.

Nel caso necessario, la parte di metanodotto sopraelevata dal fondale al punto di attraversamento sarà opportunamente ricoperta mediante materassi flessibili o roccia. La protezione potrà essere necessaria nel caso i carichi idrodinamici creassero problemi di stabilità o nel caso siano possibili interazioni di terzi con il metanodotto, ad esempio in zone con fondale interessato da attività di pesca.

La progettazione esecutiva e le modalità di esecuzione degli attraversamenti saranno concordate da IGI-Poseidon con i proprietari dei cavi.

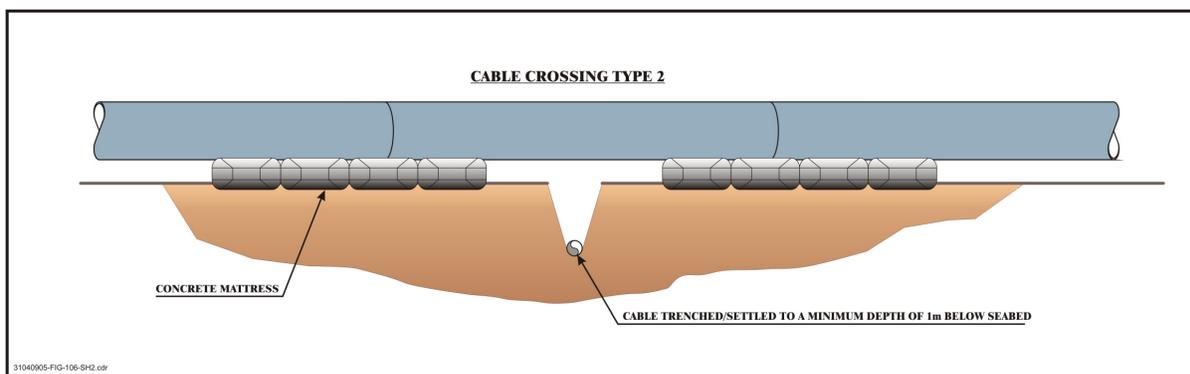


Figura 4.5: tipico attraversamento per cavo interrato

La procedura generale per la realizzazione degli attraversamenti è la seguente:

- esecuzione di rilievi ed indagini prima della posa per determinare con precisione il punto di attraversamento del cavo. In caso di difficoltà nella determinazione un apposito segnale potrà essere inviato lungo il cavo in modo da facilitarne l'identificazione;
- marcatura mediante transponder di tipo acustico (o strumenti analoghi) dei punti di attraversamento;
- rimozione di ogni possibile ostacolo nell'area dell'attraversamento;

- installazione di materassi flessibili di cemento sul fondale, a scopo di supporto e/o di protezione, posizionati adiacenti e paralleli ai cavi nel punto di intersezione. Anche in caso di cavo interrato, per evitare la possibilità di ogni interazione futura tra metanodotto e cavo, uno strato di materassi verrà posizionato sopra l'allineamento del cavo in modo da mantenere separazione tra esso ed il metanodotto;
- installazione della tubazione; la sezione in attraversamento sarà rettilinea e l'angolo di incidenza al cavo sarà preferibilmente maggiore di 30°. Durante l'installazione il punto di contatto della pipeline al suolo verrà monitorato tramite appositi ROV;
- eventuale installazione di sistemi di copertura del metanodotto nella sezione di attraversamento quali materassi flessibili in cemento o roccia;
- rilievo post-posa finale.

Nella figura 4.6 è rappresentata una tipica sezione di tubazione protetta mediante materasso flessibile mentre nella figura 4.7 è possibile osservare una schematizzazione dei materassi di protezione.

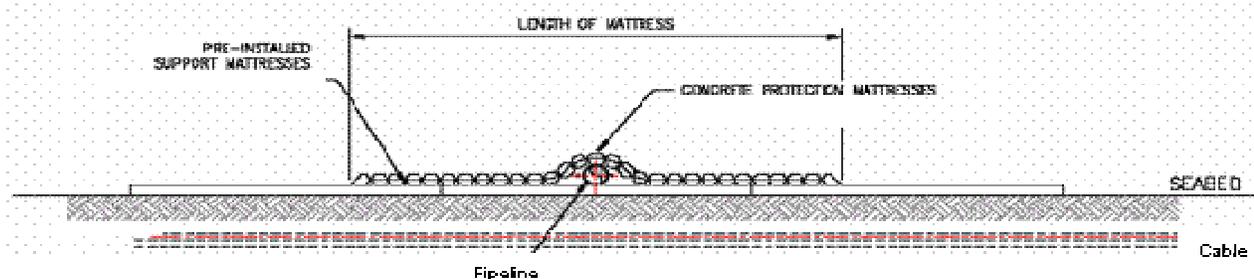


Figura 4.6: sezione di tubazione con materassi flessibili di protezione

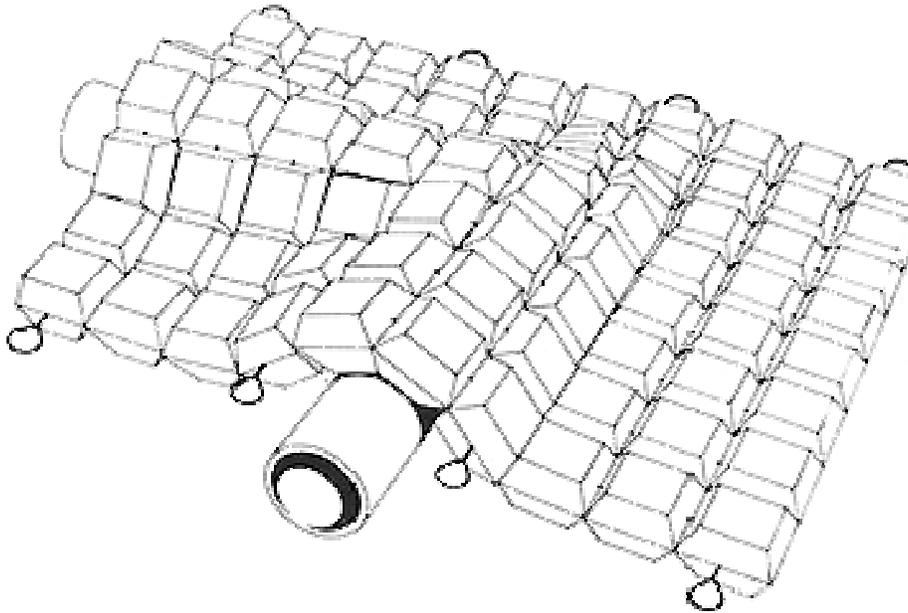


Figura 4.7: tipici materassi di protezione in cemento

4.3.7 Gestione di emergenze in fase di costruzione della sezione offshore

L'ingegnerizzazione dettagliata della costruzione e l'esecuzione di una campagna di rilievi (pre-lay survey) prima della posa minimizzeranno la possibilità del verificarsi di situazioni di emergenza durante la fase di installazione.

L'analisi dei dati per progetti simili indica che situazioni di emergenza sono infrequenti e che possono comunque essere gestite definendo nella fase di progettazione le corrette procedure operative.

Sono possibili due tipologie di eventi incidentali che portano al danneggiamento della condotta:

- danneggiamento della tubazione senza rottura (dry buckle): il danneggiamento viene rilevato per mezzo dei differenti sistemi di monitoraggio delle operazioni di posa previsti sulla nave posatubi e vengono quindi interrotte le operazioni di posa.

Nel caso di fondali bassi (tipicamente fino a 300-350 metri) il tubo viene recuperato a bordo del mezzo di posa utilizzando gli stessi tensionatori per il varo e adeguati verricelli. La procedura di recupero del tubo prevede il sezionamento della parte di tubazione recuperata al fine di procedere con il recupero stesso. Giunti al tratto danneggiato esso è opportunamente rimosso e si procede poi alla saldatura di nuovi tubi all'estremità integra della condotta riprendendo quindi le normali operazioni di posa. Le operazioni vengono eseguite senza dovere impiegare mezzi e materiali differenti da quelli previsti.

- Danneggiamento della tubazione con rottura e riempimento incontrollato della linea con acqua (wet buckle): come nel caso precedente, il monitoraggio dei dati di posa consentirà l'identificazione dell'evento, caratterizzato da un notevole incremento del carico al tensionatore. La tubazione, dotata di pezzo di testa per l'abbandono ed il recupero viene abbandonata sul fondale. In seguito il tratto di tubazione danneggiato viene rimosso e viene assemblato il pezzo di testa utilizzabile per lo spiazzamento dell'acqua dalla tubazione (de-watering). Dopo lo spiazzamento dell'acqua la tubazione sarà recuperata per continuare le normali operazioni di posa. Si sottolinea che sulla base dei dati sul tracciato rilevati durante l'RMS tale evento è considerato altamente improbabile.

Interventi per il malfunzionamento dei mezzi di posa e dei mezzi di supporto impiegati dal contraffittista durante i lavori saranno eseguiti dal contraffittista stesso secondo le proprie modalità e procedure che saranno verificate e controllate prima dell'inizio della costruzione.

4.3.8 Durata delle operazioni di posa del metanodotto sottomarino

Complessivamente la durata della fase di posa nelle Acque Territoriali italiane è di circa 20 giorni, stimata su una velocità di posa media di 2 km/giorno.

4.4 SHORE APPROACH DI OTRANTO

4.4.1 Considerazioni generali sul metodo di costruzione

Lo shore approach di Otranto verrà realizzato mediante trivellazione orizzontale controllata (horizontal directional drilling, HDD).

La tecnica, derivata da quella di perforazione direzionale dei pozzi petroliferi, permette di realizzare fori di profilo curvilineo e viene comunemente impiegata negli attraversamenti al di sotto di corsi d'acqua compatibilmente con le caratteristiche geotecniche del sottosuolo. Concettualmente consiste di due fasi:

- lungo un profilo direzionale prestabilito si effettua la trivellazione pilota di piccolo diametro, seguita da un tubo guida. In ogni momento è possibile conoscere la posizione della testa della trivellazione e correggerne la direzione automaticamente;
- successivamente si procede all'allargamento del foro fino ad un diametro tale per permettere l'alloggiamento, tramite tiro-posa, della condotta.

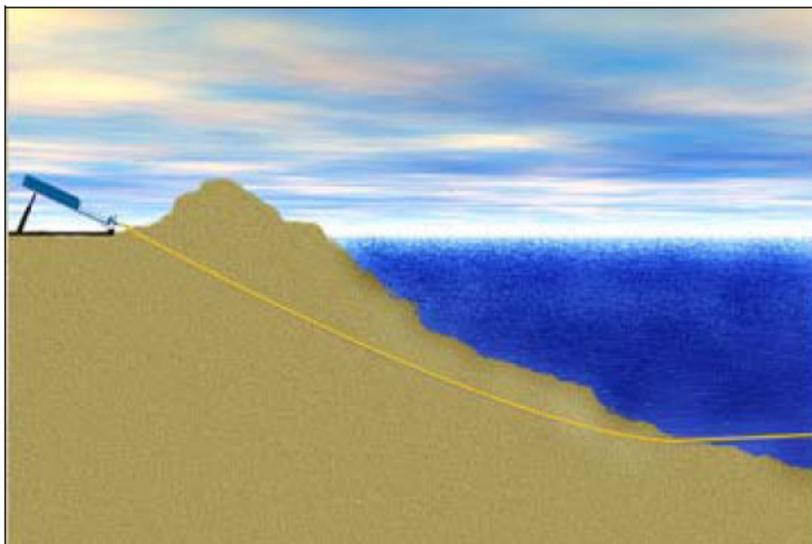


Figura 4.8: HDD (rappresentazione schematica)

Nel caso specifico dello shore approach di Otranto la trivellazione del foro pilota e il successivo alesaggio verranno entrambi effettuati a partire da un cantiere a terra (forward reaming) dove sarà collocata la trivella spingitubo al fine di minimizzare le interazioni con l'ambiente, non essendoci in questo caso la necessità di avere un cantiere fisso offshore (jack-up).

In questa fase del progetto si ritiene fattibile la possibilità di effettuare l'alesaggio di una significativa parte della traiettoria (indicativamente il 95%, fino a 25-30 metri dal foro di uscita, dato che sarà confermato sulla base dei risultati delle analisi geotecniche di dettaglio che verranno appositamente effettuate) prima di realizzare il foro di uscita in modo da massimizzare il ricircolo dei fanghi di perforazione (per maggiori dettagli si fa riferimento al paragrafo 4.4.5). Al fine di controllare ulteriormente l'emissione di fanghi di perforazione al punto di uscita della trivellazione è prevista l'installazione di un' apposita barriera di contenimento (silt screen) per il recupero dei fanghi che fuoriescono dal foro una volta completata la trivellazione dell'intera traiettoria.

Ultimata la fase di realizzazione del foro lungo l'intera traiettoria e il suo successivo alesaggio la posa del metanodotto all'interno del foro verrà effettuata tramite la tecnica "pull back" che consiste nel tirare all'interno del foro realizzato, utilizzando la trivella/spingitubo, la tubazione assemblata sul mezzo di posa ancorato a largo del foro di uscita dell'HDD lungo la traiettoria di posa e connessa mediante un giunto rotante alla stringa di perforazione.

Il metodo HDD, ritenuto fattibile sulla base dei dati preliminari geomorfologici e geofisici dell'area interessata, permette la realizzazione dello shore approach senza l'attraversamento della prateria di posidonia presente nell'area prospiciente il punto di approdo.

La realizzazione dell'HDD mediante forward reaming che prevede l'alesaggio del 95% della traiettoria prima dell'apertura del foro pilota al punto di uscita e l'utilizzo di appositi

mezzi di contenimento dei fanghi al punto di uscita stesso, evita inoltre lo sversamento incontrollato in mare dei fanghi e dei detriti di perforazione minimizzando in modo significativo le quantità rilasciate.

E' opportuno anche sottolineare come il metodo scelto offra la massima copertura al metanodotto nell'area dello shore approach che risulta interrato a profondità maggiori rispetto ad una installazione realizzata mediante scavo di trincea di tipo convenzionale.

Il metanodotto, al fine di garantire stabilità, protezione e minimizzazione degli impatti, verrà interrato a partire da una profondità del fondale di circa -33 metri (al punto di uscita della traiettoria HDD, rif. Paragrafo 2.3). Tale profondità si raggiunge a circa 400 metri dalla costa al di fuori dell'esistente prateria di posidonia, il cui limite è posto a circa 50 metri dal punto di uscita della traiettoria HDD. Il punto di ingresso della traiettoria HDD, di lunghezza pari a 553 metri, è collocato a terra a circa 150 metri dalla linea di costa.

Nell'Allegato I, è visibile il profilo longitudinale della trivellazione HDD mentre nell'Allegato C è visibile la traiettoria con evidenziati il punto di ingresso ("Entrance Point") a terra e di uscita a mare ("Exit Point").

La costruzione/posa del metanodotto allo shore approach mediante metodo HDD può essere suddivisa nelle seguenti fasi, che verranno ulteriormente dettagliate nei paragrafi seguenti:

- preparazione del cantiere a terra;
- preparazione del foro di uscita a mare
- trivellazione;
- posa del metanodotto;
- ripristino.

4.4.2 Preparazione dell'area di cantiere

Il cantiere a terra per la realizzazione dello shore approach mediante HDD avrà un'area di circa 50X50 metri, stimata sulla base delle apparecchiature e dei mezzi che vengono tipicamente utilizzati per realizzazioni di questo tipo e dimensione.

Il punto di ingresso della trivellazione sarà collocato a circa 150 metri dalla costa ed ad una altitudine di circa 15 metri sul livello del mare. La posizione e l'area di cantiere è riportata nell'Allegato J; la disposizione dell'area di lavoro, posizionata ad ovest del SIC "Costa di Otranto – Santa Maria di Leuca", è stata identificata preliminarmente con l'obiettivo di eliminare ogni possibile interazione con il SIC.

La fase di preparazione dell'area di cantiere a terra, che potrà essere affidata a contrattisti locali, prevederà le seguenti attività:

- rilievo dello stato ante-operam finalizzato a garantire il ripristino delle condizioni ambientali antecedenti l'inizio dei lavori;
- preparazione delle vie di accesso al cantiere;
- preparazione dell'area di lavoro.

L'accesso al cantiere sfrutterà la fascia di asservimento per la sezione di metanodotto a terra. Al fine di garantire l'accesso al cantiere dei mezzi gommati, potrà essere necessario compattare il suolo alla via di accesso. Tipicamente l'accesso dovrà essere garantito a mezzi con carico per asse fino a 10 tonnellate e peso totale inferiore alle 50 tonnellate.

La preparazione dell'area di cantiere implicherà lo sbancamento dell'area per uno spessore tale da asportare il terreno vegetale superficiale; sarà quindi effettuato il successivo livellamento. Lo sbancamento avverrà nel rispetto dei vincoli locali adottando le soluzioni tecniche necessarie a garantire un adeguato drenaggio delle acque e la salvaguardia del regime idrogeologico della zona. Verrà realizzato un piazzale di circa 50 x 50 metri (dimensioni tali da consentire la movimentazione, il montaggio e la corretta operabilità delle apparecchiature) con materiali inerti, tipicamente ghiaia per uno spessore di circa 200 mm, compattato e rullato. Il fluido di perforazione utilizzato (bentonite) nella fase di realizzazione dell'HDD (rif. Paragrafo 4.4.5) ha caratteristiche sigillanti tali da non

richiedere misure di isolamento, tuttavia alla base del rilevato del piazzale potrà eventualmente essere interposto un geotessile con funzione drenante. In tal modo verrà evitato anche il contatto diretto tra il terreno naturale e l'imbankamento con il materiale di riporto. Nel caso sia necessario, con particolare riferimento all'area nella quale sarà posizionata la trivella spingitubo, si provvederà alla posa di solette in cemento al fine di migliorare la stabilità e la distribuzione dei carichi. Lungo il perimetro della postazione potrà essere realizzato un fosso per l'intercettazione delle acque meteoriche.

Verranno realizzate le vasche di contenimento/separazione dei fluidi di perforazione, utilizzando il terreno vegetale rimosso per la creazione tipicamente di argini in terra battuta con la formazione di gradoni in contropendenza.

Eventualmente parte del terreno superficiale rimosso per la realizzazione dell'area di cantiere potrà essere stoccato in sito e quindi usato nella fase di ripristino dell'area.

I mezzi ed il personale che verranno utilizzati per la preparazione del cantiere a terra dipenderanno dalla effettiva disponibilità del contrattista. A titolo indicativo potranno essere impiegati i mezzi elencati nella tabella 4.4, tipicamente impiegati in cantieri di simile entità.

Tipologia Mezzi	Numero Max di Mezzi
Scavatrici	2
Pale	1
Autocarri	1
Rulli	1
Autobetoniere	1
Pompaggio cls	1
Autogru	2
Motosaldatrici	1
Gruppi elettrogeni	2
Motocompressori	1
Martelli pneumatici	1

Tabella 4.4: mezzi tipici per la realizzazione del cantiere

Una volta preparata l'area di cantiere gli impianti per l'esecuzione della trivellazione potranno essere portati in cantiere e installati.

4.4.3 Cantiere, mezzi ed apparecchiature

Nella figura 4.10 è riportata un' immagine di un cantiere per progetti di analoghe dimensioni mentre nella figura 4.9 è raffigurata una planimetria tipica del cantiere per la realizzazione dell'HDD nella quale, oltre alle diverse apparecchiature è visibile il bacino per il deposito dei fanghi.

Il numero effettivo di vasche e le loro dimensioni, al fine della separazione dei detriti di perforazione, del lagunaggio e del ricircolo dei fanghi, sarà definito nelle ulteriori fasi del progetto sulla base dei dati geotecnici dettagliati per la determinazione delle caratteristiche del terreno e di studi effettuati dal contraffittista per l'esecuzione dell'HDD con considerazioni specifiche sulla capacità dell'impianto di riciclo dei fanghi. In questa fase, sulla base dei dati disponibili, si ritiene preliminarmente che il bacino fanghi sarà di circa 10 metri X 10 metri X 2 metri.

Nel cantiere saranno previsti lo stoccaggio dei tubi e della bentonite necessaria per la preparazione dei fluidi di trivellazione (si veda il paragrafo 4.4.5) oltre ai locali officina e controllo.

Nell'area di cantiere per diminuire il livello di impatto sonoro durante la perforazione, seppur limitata nel tempo, saranno prese le necessarie misure di attenuazione. A titolo esemplificativo tra le misure di attenuazione si cita l'uso di barriere fonoassorbenti.

Sarà da prevedere in cantiere l'uso ed il rifornimento mediante trasporto su gomma di combustibili, lubrificanti e materiali di consumo.

Per quanto riguarda i servizi il cantiere sarà indipendente per la fornitura di energia.

Il cantiere sarà alimentato per mezzo di generatori diesel.

Trivella e unità di pompaggio fanghi hanno un motore indipendente.

I consumi idrici saranno di entità modesta in quanto relativi alle tipiche esigenze di cantieri di queste dimensioni. Per la produzione dei fanghi di perforazione necessari nella fase di realizzazione dello shore approach (si veda a tale proposito il paragrafo 4.4.5), come caso base si utilizzerà acqua di mare.

Si stima che nel cantiere vi sarà una presenza di circa 15-18 addetti.

Tutte le apparecchiature presenti nel cantiere e necessarie per la realizzazione dello shore approach sono tipicamente trasportate in container; l'apparecchiatura di dimensioni maggiori solitamente è l'unità di riciclo dei fanghi che può avere una altezza di circa 6 metri (possono però essere utilizzate in parallelo unità di dimensioni inferiori).

Le apparecchiature principali relative la realizzazione dell'HHD tipicamente presenti in cantiere sono riportate nella tabella 4.5.

Apparecchiature	Numero indicativo
Trivella spingitubo	1
Autogru	1
Pompe fanghi	2
Unità di miscelazione fanghi	2
Unità di riciclo fanghi	2

Tabella 4.5: apparecchiature principali presenti nel cantiere di perforazione

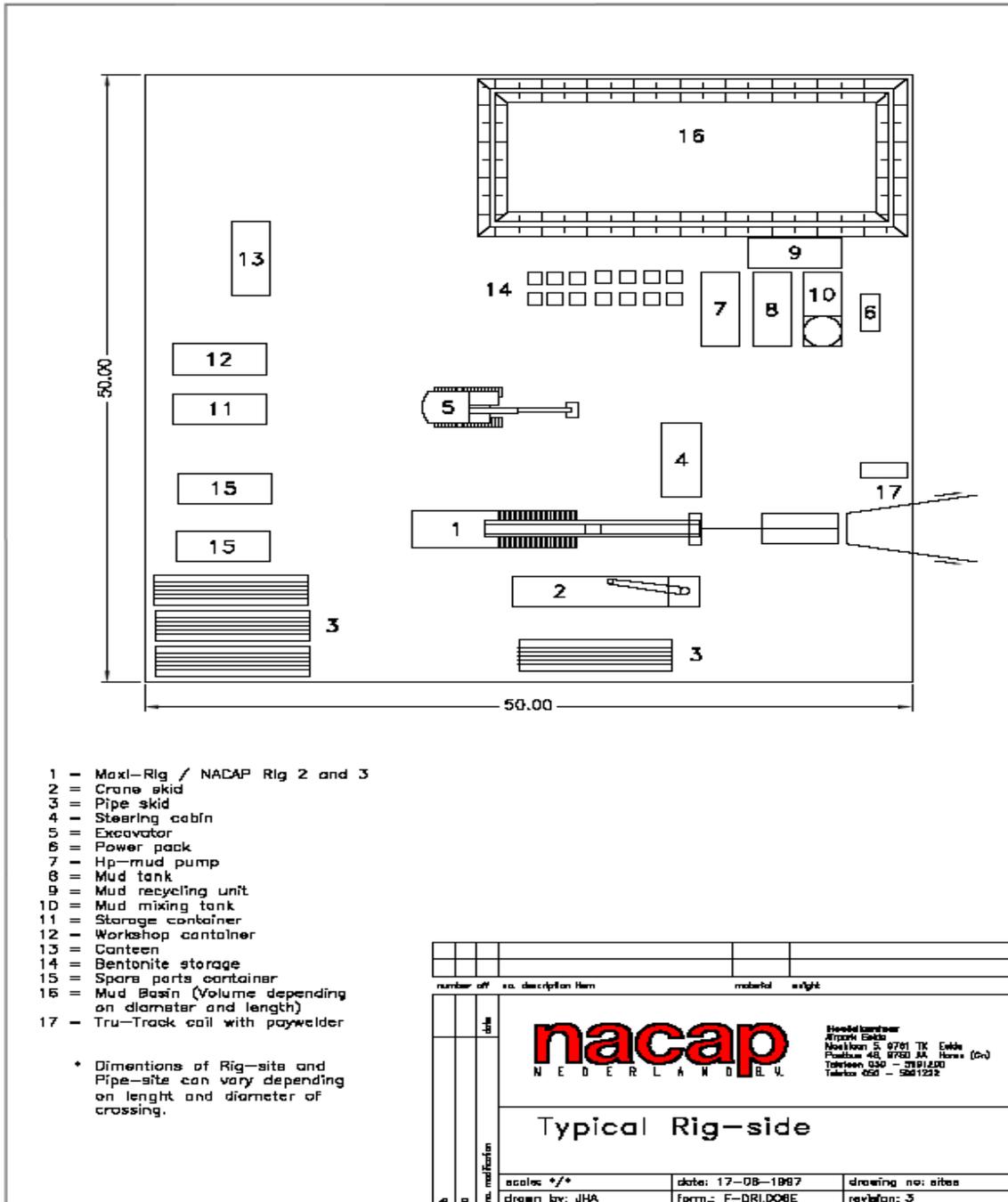


Figura 4.9: disposizione dell'area di cantiere (tipico)



Figura 4.10: immagine di un cantiere a terra

Di seguito vengono elencate le caratteristiche dei mezzi ed apparecchiature principali che potrebbero essere utilizzati per la realizzazione della trivellazione orizzontale controllata allo shore approach di Otranto. I mezzi sono stati preliminarmente identificati sulla base dei dati disponibili e in considerazione di quanto utilizzato in passato per la realizzazione di progetti simili. La scelta finale sarà effettuata dal contrattista che eseguirà l'HDD, in funzione dalle proprie disponibilità e dei dati acquisiti in fasi ulteriori del progetto con rilievi geotecnici dettagliati.

Trivella spingitubo

La trivella spingitubo verrà utilizzata per la trivellazione, per la successiva fase di alesaggio e per la posa del metanodotto nel foro tramite metodo "pull back". Una autogru dedicata provvederà alla movimentazione dei tubi di perforazione in concomitanza con le fasi operative.

Sarà necessaria una trivella con capacità di tiro di 400 tonnellate o simile. Un esempio di trivella con tale caratteristica è riportata nella figura 4.11 e i relativi dati sono riportati nella tabella 4.6.

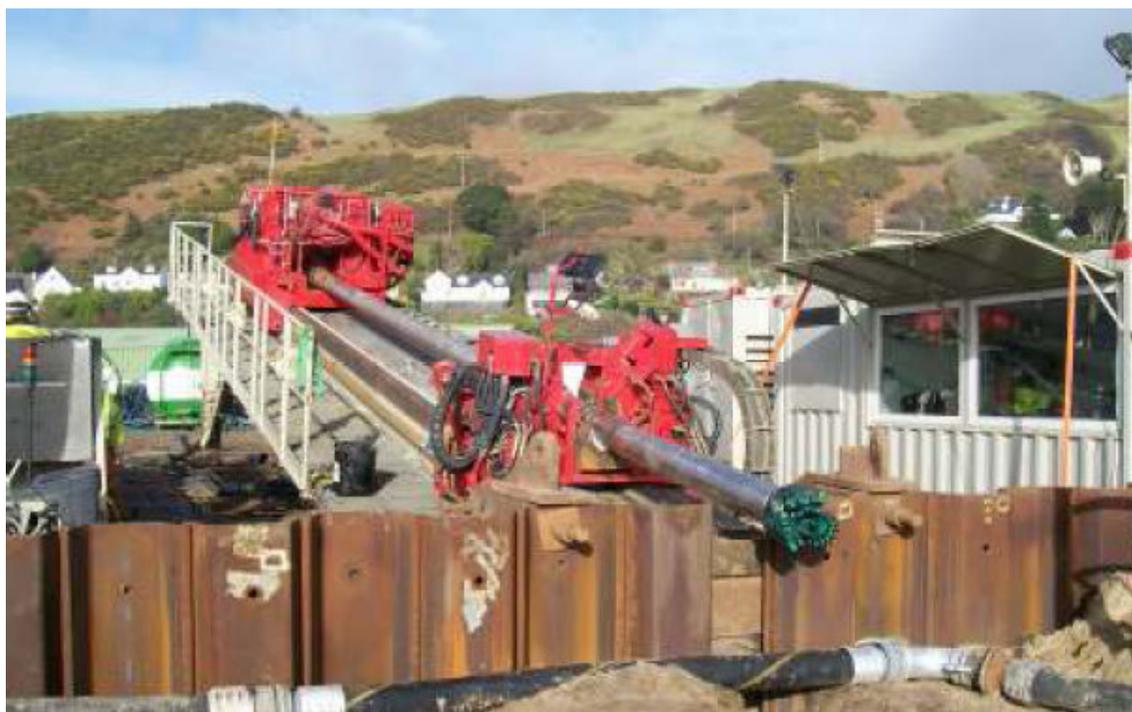


Figura 4.11: trivella spingitubo HK 400M

Produttore	Heerenknecht
Modello	HK 400 M
Potenza installata	2 x 440 kW
Trazione	4000 kN
Compressione	1500 kN
Momento torcente	120 kNm

Tabella 4.6: dati tecnici della trivella HK 400 M

Tubi di perforazione

L'uso di tubi da 6 5/8" è ritenuto appropriato in questa fase.

Nella figura 4.12 è visibile una stringa di tubo con queste caratteristiche dimensionali mentre i dati relativi ad un possibile tubo di perforazione utilizzabile sono riportati nella tabella 4.7.



Figura 4.12: tubi di perforazione da 6 5/8".

Tipo	6 5/8"
Grade	S-135
Peso nominale	41,2 kg/m
Classe	premium

Tabella 4.7: dati tecnici dei tubi di perforazione

Unità di miscelazione fanghi

I fanghi di perforazione verranno miscelati in una apposita unità di miscelazione al fine di ottenere un prodotto con i valori di densità e viscosità necessari.

Nella figura 4.13 è visibile una unità di miscelazione da 55 m³/ora mentre nella tabella 4.8 sono riportate le caratteristiche principali di questa unità.



Figura 4.13: unità di miscelazione fanghi

Potenza	95 kW
Capacità	55 m ³ /ora
Peso	11200 kg
Dimensioni	6055 x 2436 x 2590 mm

Tabella 4.7: dati tecnici dell'unità di miscelazione

Pompe fanghi ad alta pressione

Le pompe ad alta pressione sono necessarie per pompare il fluido di perforazione all'interno del foro. Un esempio è riportato nella figura 4.14 mentre nella tabella 4.8 sono riportate le caratteristiche principali di questa unità.



Figura 4.14: unità pompaggio fanghi

Produttore	LEWCO
Modello	W-446 Super Force
Max Pressione di mandata	250 bar
Max portata	150 m ³ /ora
Potenza	370 kW
Motore	Caterpillar C15 diesel
Peso	18000 kg
Dimensioni	7620 x 2436 x 2500 mm

Tabella 4.8: dati tecnici unità pompaggio fanghi

Unità di riciclo fanghi

L'unità di riciclo fanghi effettua la separazione dei fanghi dai detriti di perforazione per il riciclo dei fanghi di trivellazione.

Il riciclo verrà effettuato sulla base di una separazione fisica, per rimuovere i frammenti di roccia e mantenere il fluido di trivellazione a specifica. L'eliminazione dei frammenti di roccia sarà effettuata mediante vibrovagli e setacci di dimensioni progressivamente inferiori. Un esempio di unità di riciclo fanghi è riportato nella figura 4.15 mentre nella tabella 4.9 sono riportate le caratteristiche principali di questa unità.



Figura 4.15: unità riciclo fanghi

Produttore	Derrick
Max portata	200 m ³ /ora
Potenza	165 kW
Peso	15200 kg

Tabella 4.9: dati tecnici unità riciclo fanghi

4.4.4 Preparazione del foro di uscita a mare

Per la costruzione dello shore approach di Otranto mediante HDD con trivellazione effettuata da terra sarà da prevedere al punto di uscita della trivellazione, localizzato a circa 400 metri dalla costa e ad una profondità di -33 metri, la realizzazione di una zona di transizione che consenta un adeguato passaggio tra la sezione interrata del metanodotto e quella posizionata sul fondale.

Una rappresentazione schematica dell'area di transizione è riportata nell'Allegato K.

L'area di transizione, posizionata al di fuori della zona interessata dalla prateria di posidonia, avrà dimensioni variabili in funzione del tipo di terreno presente ed in questa fase del progetto stimabili in circa 80 metri (lunghezza) X 20 metri (larghezza) X 1-2 metri (altezza). Tali dimensioni sono state determinate considerando conservativamente la natura sabbiosa del fondale, che richiede l'esecuzione dello scavo con pendenze laterali tipicamente nel rapporto 1:6 per evitare problemi di instabilità.

La scelta tecnica del mezzo per l'esecuzione dello scavo dipende da diversi fattori quali il tipo di terreno, le correnti, il trasporto dei sedimenti, la disponibilità dei mezzi e l'esperienza del trattista.

La realizzazione dell'area di transizione potrà essere effettuata mediante trailing suction hopper dredger, TSHD (figura 4.16) o simili.

Il volume scavato sarà compreso tra 1000 e 2000 m³ e il materiale scavato sarà posto sul fondale a lato dello scavo che verrà quindi naturalmente ricoperto dall'azione delle correnti al termine delle fasi di costruzione.



Figura 4.16: trailing suction hopper dredger

Nella zona di transizione, verrà calata sul fondale, posizionata attorno al punto di uscita della traiettoria dell'HDD, una apposita struttura di contenimento dei fanghi (silt screen, rif. paragrafo 4.4.5) che ha lo scopo di raccogliere i fanghi di trivellazione che fuoriescono durante le operazioni di completamento del foro pilota e successivo alesaggio per evitarne lo sversamento incontrollato.

Dovrà essere anche predisposta una apposita tubazione temporanea di diametro ridotto sul fondale al fine di trasferire i fanghi di perforazione raccolti al cantiere a terra per il riciclo.

Nella tabella 4.8 sono elencati, in via preliminare, i mezzi principali che potranno essere coinvolti nella fase di realizzazione dell'area di transizione, che potrà essere effettuata in parallelo alla preparazione del cantiere a terra.

Tipologia Mezzi	Numero di Mezzi
Mezzo per l'esecuzione dello scavo	1
Mezzo di supporto allo scavo	1
Rimorchiatore	1

Tabella 4.8: mezzi tipici per la realizzazione dell'area di transizione a mare

4.4.5 Trivellazione

Ultimata la fase di preparazione del sito, la realizzazione dello shoreapproach di Otranto mediante metodo HDD può essere suddivisa nelle seguenti fasi principali:

- 1) realizzazione della trivellazione del foro pilota da 12 ¼" (o simili) - inizialmente fino a 25 – 30 metri dal previsto punto di uscita;
- 2) primo alesaggio mediante "forward reaming" del foro fino a quel momento realizzato (30" o simili);
- 3) secondo alesaggio mediante "forward reaming" del foro fino a quel momento realizzato (36" o simili);
- 4) terzo alesaggio mediante "forward reaming" del foro fino a quel momento realizzato (42" o simili);
- 5) pulizia del foro fino a quel momento realizzato;
- 6) completamento della trivellazione pilota (12 ¼"), alesaggio e pulizia del tratto rimanente in accordo ai punti da 2 a 5;
- 7) verifica e ispezione al punto di uscita della trivellazione.

La definizione della sequenza operativa e l'organizzazione di dettaglio di ciascuna fase dipenderà dai requisiti operativi del trattista oltre che dalla progettazione di dettaglio.

Foro pilota

La realizzazione della trivellazione pilota, come anticipato, verrà eseguita per mezzo dell'impianto di trivellazione posizionato nell'area cantiere a terra.

La perforazione sarà eseguita da terra in direzione del punto di uscita lungo la traiettoria predeterminata e controllata automaticamente. Come anticipato verrà effettuata in due fasi, la prima delle quali si concluderà a circa 25-30 metri dal punto di uscita della traiettoria, in modo da ultimare la trivellazione durante la seconda fase.

Sulla base dei dati geofisici disponibili si ritiene sarà necessario utilizzare per la perforazione uno scalpello rotante TCI alimentato da un motore di tipo down-hole che sfrutta i fanghi di perforazione per il proprio funzionamento; il tipo di scalpello definitivo verrà determinato sulla base delle analisi di dettaglio del terreno.

Nella figura 4.17 è riportata l'immagine di uno scalpello utilizzabile per la realizzazione del foro pilota.

La traiettoria di trivellazione preliminarmente identificata è riportata nell' Allegato I (profilo longitudinale) ed nell' Allegato C (tracciato).

La lunghezza della sezione da eseguire in trivellazione è di circa 550 metri, la massima profondità della traiettoria è di circa 28 metri, a circa 150 metri dalla costa (profondità del fondale in quel punto: 7 metri circa). In corrispondenza della linea di costa la copertura stimata sarà di circa 15 metri.



Figura 4.17: scalpello per l'esecuzione del foro pilota

Ai fini del controllo della trivellazione, la stringa di perforazione sarà equipaggiata con un apposito elemento direzionabile. Tale apparecchio utilizza per l'orientamento il campo magnetico terrestre. Poiché tale campo magnetico è debole, tipicamente viene utilizzato un sistema secondario per assicurare il corretto posizionamento (ad esempio potrebbe essere utilizzato un cavo guida o sistemi differenti nel caso si verificasse interferenza al sistema dovuta al cavo ad alta tensione). La scelta definitiva del sistema dipenderà dal contrattista che eseguirà l'HDD.

Alesaggio

La fase di alesaggio prevede l'allargamento del foro pilota fino alle dimensioni adeguate per la successiva posa del metanodotto attraverso il foro.

Al termine delle operazioni di esecuzione del foro pilota (parziale o totale) la stringa di perforazione viene, in modo coordinato, sfilata dal foro di ingresso posizionato al cantiere a terra e smontata. L'operazione di alesaggio inizia collegando in testa alla nuova stringa di perforazione l'apposito alesatore (visibile nella figura 4.18) e prosegue con la spinta della stessa all'interno del foro pilota tramite la trivella spingitubo. Una volta raggiunto il punto stabilito lungo la traiettoria (o il punto di uscita), analogamente a quanto fatto in precedenza, la stringa di perforazione viene sfilata. Le ulteriori fasi di alesaggio seguono analoga procedura. Nel caso dello shore approach di Otranto si stima che verrà effettuato l'alesaggio fino ad un diametro di 42", con una conseguente rimozione complessiva di circa 500 m³ di terreno. I frammenti di roccia rimossi saranno portati in superficie per mezzo dei fanghi di perforazione, da questi separati e quindi andranno poi smaltiti.



Figura 4.18: alesatore

Pulizia del foro

Prima che la tubazione possa essere tirata all'interno del foro esso andrà sottoposto ad una procedura che prevede tipicamente l'esecuzione di un numero variabile di passaggi di pulizia compreso tra uno e tre. Il numero di passaggi sarà definito durante la costruzione sulla base delle condizioni del foro.

Ogni singolo passaggio di pulizia verrà realizzato utilizzando una apposita fresa cilindrica (barrel reamer) rotante di dimensioni lievemente inferiori rispetto al massimo diametro dell'alesatore utilizzato per eseguire il buco. Nel caso dell'HDD di Otranto in questa fase si considera l'utilizzo di una fresa da 36".

Lo scopo della fase di pulizia è di rimuovere i detriti della perforazione eventualmente ancora presenti e controllare l'integrità, la stabilità e le dimensioni del foro realizzato, minimizzando i rischi durante la fase di tiro della tubazione (pull back).

Contenimento e controllo dei fanghi di perforazione

Al fine di controllare l'uscita dei fanghi di perforazione nell'area di transizione dell'HDD e minimizzare il loro sversamento verrà utilizzato un opportuno dispositivo di contenimento (silt screen) che sarà collocato intorno al foro di uscita della traiettoria di perforazione così che i fanghi di perforazione in uscita dal foro andranno a raccogliersi in esso.

Un apposito mezzo rimorchiatore stazionante nei pressi del punto di uscita sarà equipaggiato con apposite pompe che trasferiranno il fluido ed i detriti di perforazione raccolti nel silt screen all'unità di riciclo a terra. Una linea in polietilene o simili verrà posizionata opportunamente per questo scopo.

Il silt screen (figura 4.19) è costituito per tre lati in pareti in acciaio sormontate da strisce di materiale plastico al fine del contenimento dei fanghi che hanno densità maggiore dell'acqua e tendono quindi a rimanere sul fondo. Per il passaggio della stringa di perforazione dal fondo è previsto un passaggio di 3 X 2 metri coperto da spesse strisce di gomma che hanno lo scopo di evitare che dallo stesso passaggio fuoriescano anche i fanghi.

Le dimensioni finali del silt screen saranno definite dal contrattista che eseguirà l'HDD.

Il silt screen verrà posizionato nelle fasi di realizzazione dell'area di transizione. Una volta completata la traiettoria del foro pilota, il suo posizionamento verrà verificato visivamente inviando nella stringa di perforazione aria compressa che gorgoglierà lato mare segnalando la precisa posizione di uscita per un eventuale riallineamento dell'apparecchiatura. Il posizionamento sarà verificato per mezzo di sommozzatori.

Durante le operazioni di alesaggio della parte terminale del foro parte dei fanghi di perforazione, costituiti da una miscela acquosa di bentonite (argilla) con opportune caratteristiche controllate e densità superiore a quella dell'acqua, fuoriusciranno dal foro e saranno raccolti nel silt screen confinati dalle pareti rigide di quest'ultimo. Una pompa sommersa a motore elettrico verrà calata dal rimorchiatore presente nell'area di cantiere all'interno del silt screen e pomperà in modo continuo i fanghi al rimorchiatore, dove una

ulteriore pompa garantirà il trasferimento del materiale al bacino fanghi e quindi all'unità di ricircolo prevista nel cantiere a terra attraverso una linea dedicata.

Anche durante le fasi di tiro della tubazione all'interno del foro si verificherà sversamento di fanghi nel silt screen, così il sistema per il contenimento dei fanghi sarà mantenuto attivo anche durante questa fase.



Figura 4.19: silt screen

Fanghi di perforazione

Durante le fasi di costruzione verranno utilizzati fanghi di perforazione. Tali fanghi sono ottenuti dalla miscelazione di acqua e bentonite in rapporti specifici e dipendenti dalle condizioni e dalle caratteristiche del suolo e operative.

La bentonite è un'argilla naturale caratterizzata da una elevata idrofilia. Solitamente i fanghi hanno un contenuto in bentonite del 10-15% in volume. Le condizioni al sito di Otranto, nel quale il suolo dovrebbe essere caratterizzato da un contenuto di argilla

abbastanza alto, potrebbero portare ad una riduzione della percentuale di bentonite da utilizzare. Tale dato sarà oggetto di studio nelle successive fasi della progettazione.

Come caso base si ritiene che per la preparazione dei fanghi di perforazione si utilizzi acqua mare. Sono disponibili prodotti commerciali con bentonite opportunamente trattata per l'uso diretto con acqua mare che necessita solo di essere filtrata (tipicamente la composizione volumetrica dei fanghi è la seguente: 85-90% acqua mare; 10-15% bentonite; cellulosa (<1%; se necessaria, utilizzata per agire sui parametri di viscosità)

La quantità di acqua mare totale necessaria per la preparazione dei fanghi è stimata in circa 2100 m³ con una portata media giornaliera di circa 70 m³.

La scelta delle specifiche della bentonite al fine della produzione degli adeguati fanghi di perforazione sarà effettuata dal contrattista che eseguirà l'HDD. A titolo di esempio, nell'Allegato M sono comunque riportate le caratteristiche di alcuni prodotti commerciali.

I fanghi di perforazione vengono utilizzati durante la fase di realizzazione dello shore approach mediante tecnica HDD per:

- raffreddare e lubrificare lo scalpello;
- azionare il motore down-hole (che sfrutta l'energia idraulica dei fanghi per azionare lo scalpello rotante);
- trasportare al di fuori del foro i detriti di perforazione;
- sigillare eventuali fratture che possono formarsi nella formazione all'interno della quale è effettuata la trivellazione.

Come già esposto, trivellazione del foro pilota ed alesaggio verranno effettuati in due fasi successive, al fine di realizzare gran parte dello scavo (fino a circa 25-30 metri dal foro di uscita, dato da confermare sulla base dei dati risultanti da rilievi geotecnica di dettaglio) ricircolando i fanghi di perforazione. Solamente nella parte finale della trivellazione e dell'alesaggio, a causa del gradiente di pressione tra foro di ingresso e di uscita della

traiettoria, vi sarà fuoriuscita di fanghi e frammenti di roccia che sarà ulteriormente controllata e minimizzata mediante l'utilizzo del silt screen.

Obiettivo delle misure di controllo dello sversamento è quello di minimizzare la quantità di fanghi sversati totali a circa 1600 m³.

Tali fanghi argillosi, di composizione analoga a quella naturalmente presente nei fondali in prossimità della costa, saranno naturalmente dispersi per l'azione delle correnti e delle onde.

Come già descritto, nel cantiere a terra è previsto un circuito di separazione e ricircolo dei fanghi di ritorno dal foro realizzato mediante HDD e dal silt screen.

Si sottolinea che durante le fasi di realizzazione, al fine di annullare/minimizzare l'evenienza di eventuali fenomeni di dispersione dei fanghi, saranno messe in atto da parte del contraffittista le adeguate misure di gestione e controllo. Tali misure saranno oggetto di studio dedicato nella fase di ingegneria del cantiere. A titolo puramente indicativo e non esaustivo tra tali misure di controllo possono essere citate le seguenti, tipicamente impiegate in realizzazioni analoghe:

- determinazione delle condizioni di pressione e operative: prima di avviare le operazioni di perforazione, in corrispondenza di ogni sezione della trivellazione, vengono effettuati calcoli di pressione, al fine di valutare i massimi valori ammissibili per assicurare che la pressione all'interno del foro non possa indurre sul terreno circostante pericolo di sovrappressioni che possano portare a problemi strutturali o di fessurazioni con conseguenti perdite di fluidi. Tali calcoli sono basati sulle caratteristiche del suolo oltre che su quelle delle attrezzature di trivellazione e permettono di determinare le variabili di esercizio da utilizzare durante la trivellazione.
- monitoraggio della pressione di esercizio: la pressione effettiva del fango viene monitorata attraverso un confronto tra i livelli di pressione teorici e pratici. In caso di valori anomali è possibile reagire immediatamente riducendo ad la portata della

pompa fanghi o ritirando la stringa di perforazione. La pressione viene monitorata utilizzando appositi sensori di pressione che vengono installati in testa alla stringa di perforazione.

- monitoraggio del flusso del fluido: durante la perforazione viene effettuata un'osservazione continua della quantità di fanghi, monitorando il rapporto tra flussi del fluido di ritorno all'entrata e all'uscita e la qualità stessa del fango. Il regolare monitoraggio consente il riconoscimento precoce di un'eventuale perdita di fluido.

4.4.6 Posa del metanodotto

La posa del metanodotto allo shore approach nel foro precedentemente realizzato avverrà mediante metodo "pull back" che consiste nel tirare all'interno del foro il relativo tratto di metanodotto preparato a bordo della nave posatubi.

Il metodo di costruzione implica quindi le seguenti fasi:

- recupero della stringa di perforazione a bordo della nave posatubi;
- connessione della tubazione con la stringa di perforazione;
- tiro ("pull back")

Tali operazioni potranno essere effettuate dallo stesso mezzo che realizzerà la posa nei fondali bassi ed intermedi (mezzo 1, rif. Paragrafo 4.2). Ultimate le fasi di realizzazione del foro mediante HDD la nave posatubi verrà posizionata a circa 200 metri a largo del foro di uscita della traiettoria HDD ed ancorata in posizione con la rampa di varo allineata sulla rotta di progetto della condotta da posare. La stringa di perforazione sarà recuperata a bordo della nave posatubi. A bordo sarà quindi effettuata la connessione della stringa di perforazione con la testa di tiro per la successiva fase di "pull back". La connessione verrà effettuata mediante un apposito giunto rotante che consente la rotazione della stringa di perforazione senza trasmettere il movimento alla tubazione nella fase di tiro. Inizierà quindi la fase di tiro della condotta attraverso il foro precedentemente realizzato ("pull back"). Tale procedura prevede che la tubazione sia tirata all'interno della traiettoria mentre la nave posatubi rimane stazionaria in posizione.

L'avanzamento della tubazione all'interno del foro avverrà sfruttando la potenza della trivella spingitubo che effettuerà il tiro della tubazione. Il tiro è effettuato in modo coordinato con le operazioni di realizzazione della tubazione sul mezzo di posa in modo tale che ogni singola operazione di tiro comporterà l'avanzamento di una sezione di condotta di lunghezza dipendente dalla capacità di saldatura a bordo del mezzo. La stringa di tubo verrà infatti realizzata a bordo della nave posatubi utilizzando le normali procedure di realizzazione, che prevedono la saldatura dei singoli tubi ed il successivo rivestimento, analogamente a quanto descritto al paragrafo 4.3.1.

La possibilità pre-installare il tratto di tubazione necessario (circa 700 metri) sul fondale di fronte al foro di uscita dell'HDD non è considerata come caso base in quanto implica maggiori rischi tecnici e la necessità di ancorare il mezzo di posa per la pre-installazione maggiormente in prossimità della costa.

Per facilitare le operazioni, impostare un corretto angolo di ingresso nel foro e minimizzare gli attriti potrebbe essere richiesto l'intervento di un mezzo di supporto dotato di adeguati bracci meccanici per sostenere la tubazione.

Sarà inoltre da prevedere l'impiego di rimorchiatori e di ulteriori mezzi di supporto per il controllo e la pulizia del fondale, con particolare riferimento al foro di uscita della traiettoria.

Nella tabella 4.9 sono riportati, a titolo esemplificativo, i mezzi che potranno essere impiegati nelle fasi di posa del metanodotto allo shore approach e di tie-in.

Tipologia Mezzi	Numero di Mezzi
Mezzo di posa	1
Rimorchiatori salpa ancore	2
Mezzo di supporto	2

Tabella 4.9: mezzi tipici per la realizzazione del metanodotto allo shore approach

Nell'Allegato L è possibile osservare l'area che sarà interessata dalle operazioni a mare per la realizzazione della zona di transizione al punto di uscita dell'HDD e per le operazioni durante la fase di realizzazione dello shore approach. Tale area, di 300X320 metri, è da intendersi come comprensiva dello spazio necessario per eventuali ancoraggi di mezzi di supporto e per il movimento in sicurezza dei diversi mezzi impiegati nelle fasi di cantiere. Nello stesso Allegato è anche indicata la nave posatubi per la realizzazione dello shore approach con, a scopo indicativo, l'estensione del campo ancore. La scelta dei punti dove saranno posizionate le ancore, rappresentata in modo puramente esemplificativo nell'Allegato, verrà effettuata con l'obiettivo di minimizzare l'interazione con le praterie di posidonia,

4.4.7 Ripristino

Terminata la fase di costruzione, una volta rimossi gli impianti e smaltiti i fanghi di perforazione nel modo opportuno, l'area di lavoro a terra sarà ripulita e riportata alle condizioni originali ricoprendola col terreno originario rimosso e conservato in fase di preparazione del cantiere.

Lo smaltimento dei frammenti di roccia e dei fanghi bentonitici avverrà in accordo alla normativa vigente.

A titolo esemplificativo, in via preliminare, potrà essere considerata la possibilità di separare l'acqua e controllarne l'adeguatezza in termini di qualità per una sua dispersione in mare e, nel caso il contenuto di acqua mare rimasta nei fanghi sia limitato, si ritiene che potrà essere considerata l'ipotesi di utilizzare i fanghi come fertilizzanti. In alternativa dovrà essere identificato un punto di scarico dove trasportare i residui della trivellazione (via terra o eventualmente via mare).

Non si ritiene necessario in questa fase ripristinare meccanicamente l'area di transizione a mare in quanto verrà riempita in modo naturale per azione delle correnti e delle onde.

4.4.8 Gestione di emergenze in fase di costruzione dello shore approach

L'ingegnerizzazione dettagliata della costruzione e l'esecuzione della campagna di rilievi prima della realizzazione minimizzeranno la possibilità del verificarsi di situazioni di emergenza durante la fase di installazione e permetteranno di definire le adeguate procedure operative per gestire gli eventuali imprevisti.

Tipicamente verranno definite le procedure necessarie in caso di:

- perdita/incastro delle apparecchiature di perforazione nel foro;
- perdita di fluidi di perforazione;
- collasso del foro.

In particolare, nel caso di perdite di fluidi potrà essere prevista l'iniezione di appositi materiali con caratteristiche sigillanti/cementanti al fine di fermare le perdite di fluido al di fuori del foro di trivellazione.

Interventi per il malfunzionamento dei mezzi e delle apparecchiature impiegate dal contraffittista durante i lavori saranno eseguiti dal contraffittista stesso secondo le proprie modalità e procedure che saranno verificate e controllate prima dell'inizio della costruzione.

4.4.9 Durata delle operazioni allo spiaggiamento

Nel diagramma seguente sono indicate, in via preliminare, le tempistiche necessarie per il completamento dei lavori di posa al punto di spiaggiamento di Otranto.

La durata complessiva dei lavori è compresa tra i due ed i tre mesi.

attività	durata (sett)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
preparazione area cantiere	1,5	█	█								
installazione impianti	0,5		█								
trivellazione foro pilota	1			█	█						
alesaggio	4				█						
completamento trivellazione ed alesaggio	1							█	█		
operazioni di "pullback"	0,5									█	
rimozione impianti	0,5										█
ripristino	1										█

Figura 4.20: programma dei lavori al punto di spiaggiamento di Otranto

4.4.10 Pre-commissioning

Introduzione

Dopo la costruzione del metanodotto verranno effettuate le attività necessarie a verificare il sistema e renderlo utilizzabile per la fase di esercizio. Le attività principali sono le seguenti:

- pulizia e controllo della condotta;
- riempimento con acqua della condotta;
- prova di collaudo idraulico della condotta;
- eliminazione dell'acqua
- asciugatura e flussaggio con inerti

Pulizia, controllo e riempimento con acqua della condotta

La pulizia della condotta da eventuali residui di acqua o da materiali estranei rimasti dalla fase di costruzione (tipicamente resti delle operazioni di saldatura) verrà effettuata mediante passaggio di appositi scovoli (pig) appositamente dotati di spazzole. Tipicamente, al fine di proteggere il rivestimento interno della linea, si utilizzano spazzole di nylon ad alta densità. Il materiale estraneo espulso dalla condotta al passaggio dei pig sarà raccolto al punto di ricevimento dei pig, controllato al fine di valutare il grado di pulizia della condotta e smaltito in modo opportuno.

Il controllo della condotta implicherà l'utilizzo di pig con disco calibrato che servirà a controllarne la geometria.

Le operazioni di pulizia e controllo vengono tipicamente eseguite in una singola operazione insieme al riempimento della condotta mediante acqua, necessario per effettuare il collaudo idraulico. A tale fine verrà identificata la più opportuna configurazione del treno di scovoli da utilizzare.

Il riempimento con acqua sarà effettuato utilizzando acqua mare, che sarà preventivamente opportunamente filtrata.

L'acqua sarà pompata mediante apposite pompe. Un pig posizionato prima del fronte d'acqua garantirà la rimozione dell'aria nella tubazione. La fase di riempimento con acqua si reputerà conclusa una volta che il pig sarà giunto al punto di ricezione sulla costa opposta a quella dalla quale è stata effettuata l'iniezione di acqua. In questa fase del progetto si ritiene che tale operazione possa essere fatta a partire da entrambi i punti di approdo.

La quantità di acqua mare da utilizzare si stima sarà di circa 100.000 m³, in funzione del volume interno della tubazione. La velocità del pig durante le operazioni di riempimento tipicamente è compresa tra 0,3 m/s e 1 m/s. Con questi dati tipici, nell'ipotesi di utilizzare una portata di 700 m³/ora si stima che saranno necessari 5,4 giorni per il riempimento (escluse le fasi di preparazione).

Collaudo idraulico

L'intero metanodotto sarà sottoposto a prova di collaudo idraulico per valutarne la tenuta. La norma DNV-OS-F101 prevede a tal fine il pompaggio di acqua all'interno della linea ad una pressione pari a 1,5 volte la pressione di progetto e per un periodo di 24 ore. Nel caso del metanodotto Poseidon la pressione di test sarà di $150 \times 1,15 = 173$ bar.

Durante la pressurizzazione l'incremento di pressione massimo utilizzabile sarà di 1 bar/minuto fino al 95% della pressione di test. Quindi la pressione di test sarà raggiunta con un incremento di pressione decrescente fino a 0,1 bar/minuto. La tempistica necessaria per la pressurizzazione dovrà essere adeguata a consentire la stabilizzazione sia della pressione che della temperatura prima dell'inizio effettivo delle 24 ore di prova di collaudo. Il monitoraggio di pressione e temperatura durante la fase di prova dovrà essere

eseguito ad intervalli minimi di 30 minuti. Terminato il test la depressurizzazione dovrà essere eseguita in modo controllato, con una velocità tipicamente di 0,5 bar/minuto fino al 95% della pressione di test e quindi ad 1 bar/minuto fino al ritorno alla pressione ambiente. Il collaudo sarà accettabile se la tubazione risulterà priva di perdite e la variazione di pressione sarà in accordo a quanto previsto nella DNV-OS-F101. In caso di perdita appositi rilevatori di tipo acustico, supportati su ROV saranno utilizzati per la localizzazione.

Eliminazione dell'acqua, asciugatura e flussaggio con inerti

Dopo la costruzione ed il collaudo idraulico, prima che le operazioni di trasporto del gas abbiano inizio, il metanodotto sottomarino dovrà essere svuotato dall'acqua utilizzata per il collaudo idraulico. Ciò verrà fatto spiazzando tale acqua per mezzo di una serie di pig spinti con aria compressa. La velocità del pig dovrà tipicamente essere superiore a 0,3 m/s per evitare malfunzionamenti. La pressione necessaria per spiazzare l'acqua dovrà essere tale da superare la pressione idrostatica dell'acqua e gli attriti di acqua e dei pig. Preliminarmente la massima pressione necessaria al livello del mare per spiazzare l'acqua è stimata in 132 bar. Tale valore sarà rivisto in fase di ingegneria di dettaglio.

L'acqua spiazzata, opportunamente controllata, se in accordo alle normative vigenti, potrà essere direttamente scaricata a mare in luogo prestabilito; alternativamente potranno essere previsti in fase di ingegneria di dettaglio del commissioning gli opportuni trattamenti per lo smaltimento.

Svuotata la linea, le tracce d'acqua presenti lungo la condotta dovranno essere eliminate per evitare la possibilità di formazione di idrati (lo spessore del film d'acqua che rimarrà sulla parete del tubo dopo il passaggio dei pig per lo svuotamento è stimato in circa 0,05 mm). Sono tipicamente utilizzati tre metodi per eliminare l'acqua in eccesso:

- utilizzo di aria secca;
- utilizzo di metanolo o glicole;
- utilizzo di asciugatura a vuoto.

La scelta finale sarà effettuata nelle successive fasi del progetto.

Una volta asciutto il metanodotto, prima dell'introduzione del gas la condotta sarà flussata con azoto al fine di eliminare l'ossigeno presente. Tipicamente l'azoto è flussato fino ad avere un contenuto di ossigeno inferiore al 2,2%. Solitamente è il gas naturale stesso che spinge il pig che rimuove l'azoto.

Attrezzature per il pre-commissioning

Per la pulizia, il controllo e il riempimento della linea sarà da prevedere l'utilizzo di pompe. Un esempio di pompa utilizzabile è riportato nella figura 4.21; tale pompa ha una portata di 12,25 m³/minuto.



Figura 4.21: esempio di pompa per il riempimento della condotta

Per la fase di collaudo idraulico potranno essere utilizzate pompe come quella riportata, a titolo illustrativo, nella figura 4.22. L'utilizzo di cinque di queste unità permetterebbe di avere una velocità di pressurizzazione di 0,85bar/minuto e giungere alla pressione di test di 173 bar in circa 3,5 ore.



Figura 4.22: esempio di pompa per la pressurizzazione

Per lo spiazzamento dell'acqua e per l'asciugatura della condotta saranno impiegati compressori primari ed ad alta pressione. Un esempio di compressore ad alta pressione è riportato, a titolo illustrativo, nella figura 4.23.

Si sottolinea che tali apparecchiature potrebbero essere favorevolmente utilizzate qualora si verificasse wet buckling in fase di posa (rif. Paragrafo 4.3.7).



Figura 4.22: esempio compressore da utilizzare per il dewatering

Le apparecchiature per il pre-commissioning tipicamente montate su skid, saranno localizzate con la relativa impiantistica, uffici e stoccaggio combustibili, in un cantiere temporaneo di dimensioni tali da consentire la localizzazione, movimentazione ed il corretto funzionamento delle apparecchiature e da prevedere in prossimità del punto di approdo, eventualmente sfruttando a tal fine anche le aree cantiere pre-esistenti per la realizzazione degli shore approach o per la realizzazioni delle stazioni a terra.

5 ESERCIZIO E MANUTENZIONE DEL METANODOTTO

5.1 ESERCIZIO DEL METANODOTTO

5.1.1 Esercizio normale del metanodotto

Le normali condizioni di esercizio prevedono nel caso di importazione di 8 BNm³/anno una pressione di mandata alla stazione di Stavrolimenas di circa 110 bar_g ed una pressione di arrivo ad Otranto di 75 bar_g.

Il gas che fluirà attraverso il metanodotto sottomarino verrà misurato alla stazione di compressione sulla costa greca ed alla stazione di misura nell'immediato entroterra di Otranto.

Preliminarmente si ritiene che valvole per il controllo di portata e pressione (FCV e PCV) saranno utilizzate per le normali procedure di controllo operativo. Valvole di chiusura di emergenza (ESD) garantiranno una ulteriore protezione in caso di evento che richieda un isolamento rapido del metanodotto sottomarino dalle infrastrutture a terra.

Un sistema SCADA verrà utilizzato per il controllo del sistema. Verranno monitorate in tempo reale le informazioni necessarie per operare in maniera adeguata il metanodotto e per identificare eventuali perdite sulla base dei dati di flusso e di contenuto di acqua nel gas.

5.1.2 Avviamento e fermata del metanodotto

L'avviamento del metanodotto sottomarino sarà effettuato dopo il pre-commissioning e a seguito di ogni riparazione che richieda lo svuotamento della tubazione. La sequenza delle operazioni necessarie per l'avvio è tale da assicurare la messa in marcia in sicurezza della tubazione, eliminando l'acqua e l'aria eventualmente presenti. La procedura termina

quando il metanodotto raggiunge le condizioni operative, le valvole di controllo ad entrambi i lati sono aperte ed il gas fluisce attraverso la tubazione.

La fermata prevede il trattamento del gas nella condotta con metanolo e la chiusura delle valvole di controllo di portata in Italia e quindi in Grecia per l'arresto dei compressori. Verranno quindi chiuse anche le valvole di blocco di emergenza ad ulteriore protezione.

5.1.3 Procedura nel caso di perdita

Il metanodotto attraversa sezioni con profondità differenti: nel caso si verifichi rottura in una zona dove la pressione del gas è superiore alla pressione idrostatica esterna si avrà fuoriuscita di gas dalla tubazione; nel caso in cui la rottura avvenga in una zona in cui la pressione idrostatica è maggiore di quella interna del gas si verificherà ingresso d'acqua nella linea.

Il sistema di controllo SCADA è in grado di monitorare eventuali perdite di gas o ingressi di acqua nella tubazione mediante il calcolo di bilanci materiali. L'acqua eventualmente entrante nella linea verrà evidenziata anche dalle analisi sul contenuto di H₂O.

Nel caso di ingresso d'acqua verrà iniettato metanolo per evitare il blocco della linea per formazione di idrati e la valvola di controllo di flusso in Italia sarà chiusa. Questo assicurerà una pressione interna superiore a quella esterna e bloccherà l'ingresso dell'acqua.

Nel caso di perdita senza ingresso d'acqua sarà necessario mantenere adeguata pressione per evitare l'ingresso della stessa.

Utilizzando i sistemi di controllo si cercherà di identificare la zona di perdita per pianificare le operazioni di intervento, tuttavia mentre il sistema di controllo SCADA può essere in grado di identificare l'entità di alcune rotture esso offre poco aiuto nel determinarne la localizzazione: sarà necessaria una ispezione della linea, metodologia che verrà trattata nel paragrafo 5.2.

5.1.4 De-pressurizzazione del metanodotto

Nel caso, estremamente improbabile, il metanodotto si blocchi per la formazione di idrati sarà necessario depressurizzarlo affinché, diminuita la pressione, si abbia la dissociazione degli idrati stessi. I dati idraulici preliminari indicano che una pressione al di sotto dei 40 bar_g è sufficiente per la dissociazione.

La dissociazione degli idrati, in funzione dell'entità del blocco, potrebbe essere un processo molto lento. Al fine di determinare le dimensioni effettive del blocco e quindi valutare la possibilità di sostituzione della sezione di tubazione bloccata una ispezione specifica dovrà essere effettuata durante la depressurizzazione.

5.2 CONTROLLI E MANUTENZIONE

Verranno effettuati controlli ed ispezioni con frequenza tale da assicurare la sicurezza e l'efficienza del metanodotto sottomarino.

Nella tabella 5.1 vengono riassunti i controlli tipicamente previsti e la loro frequenza tipica.

CONTROLLI ESTERNI	FREQUENZA
ispezione della condotta con ROV	<ul style="list-style-type: none"> • Start up • Ogni anno
Route Survey	<ul style="list-style-type: none"> • Alla costruzione • Ogni 5 anni
protezione catodica	<ul style="list-style-type: none"> • Start up • Ogni 5 anni
CONTROLLI MEDIANTE PIG	FREQUENZA
Misura dello spessore	<ul style="list-style-type: none"> • Start up • Ogni 3-5 anni
Geometria della tubazione	<ul style="list-style-type: none"> • Start up • Ogni anno per i primi 5 anni • Ogni 2 anni per il periodo successivo
Danni meccanici /deformazioni interne	<ul style="list-style-type: none"> • Start up • Prima di ogni controllo sullo spessore e la geometria

Tab. 5.1: tipica frequenza dei controlli al metanodotto

Il tipo di controlli e l'effettiva frequenza saranno definite nelle fasi successive del progetto.

Le operazioni di ispezione esterna utilizzeranno appositi mezzi a controllo remoto (ROV, remotely operated vehicle). Per il lancio ed il ricevimento dei pig per i controlli periodici verranno utilizzate le infrastrutture presenti alle stazioni a terra (stazione di compressione e di misura).

Le ispezioni esterne sul metanodotto offshore sono operazioni marine che vengono tipicamente condotte da uno specifico mezzo operativo (DVS, diving support vessel). Dal mezzo di supporto è possibile operare i ROV che vengono utilizzati nel caso di ispezioni che richiedano contatto fisico con la tubazione e che sono equipaggiati con visori e bracci meccanici che permettono di effettuare operazioni anche complesse. In funzione del tipo di analisi da svolgere sono disponibili specifici strumenti da installare sul ROV. Le attività tipiche sono le seguenti:

- localizzazione e identificazione della pipeline;
- ispezione visiva per la ricerca di danni esterni;
- verifica della copertura esterna della pipeline;
- monitoraggio e misura delle condizioni di spanning;
- misura del potenziale di protezione catodico;
- identificazione delle perdite.

Le ispezioni interne, verranno effettuate utilizzando appositi pig intelligenti in grado di monitorare l'eventuale corrosione, lo stato del rivestimento, la geometria del tubo e gli spessori. In funzione del tipo di analisi verrà scelto un determinato tipo di pig. E' opportuno sottolineare come le ispezioni possano essere condotte su tubazioni in esercizio utilizzando il gas naturale per la spinta dei pig.

5.3 GESTIONE DI EMERGENZE IN FASE DI ESERCIZIO

Nelle fasi di ingegneria successive verranno definite in dettaglio le procedure operative nel caso di necessità di operazioni di manutenzione straordinaria e riparazione del metanodotto. L'entità del danno determinerà la tempistica dell'intervento; si potranno così verificare:

- danni di lieve entità che non pregiudicano la produzione e la sicurezza (ad esempio danni al rivestimento esterno) e che necessitano un monitoraggio ed un intervento di manutenzione che può essere programmato nel tempo;
- danni che possono richiedere una variazione delle condizioni operative (ad esempio una lieve perdita) e che richiedono rapida azione di riparazione;
- danni che necessitano l'interruzione del servizio (come ad esempio una rottura di ampie dimensioni con fuoriuscita di gas e parziale riempimento della tubazione con acqua).

E' opportuno sottolineare come le statistiche indichino che la rottura con interruzione del servizio sia un fatto estremamente infrequente. Nel caso avvenga sarà necessario procedere alla depressurizzazione del metanodotto ed alla sostituzione della sezione di tubazione danneggiata. I mezzi coinvolti nella sostituzione saranno diversi in funzione della lunghezza del tratto da sostituire e dalla profondità. In acque poco profonde l'operazione consisterà nel sollevare la pipeline in modo da poter eliminare la sezione danneggiata e sostituirla con una nuova saldandola a bordo del mezzo di posa. In caso di rotture in acque profonde si interverrà con mezzi automatizzati e ROV che operano controllati da operatori su mezzi di superficie. Le operazioni consisteranno nel taglio della sezione danneggiata, installazione dei giunti meccanici e successivo collegamento.