

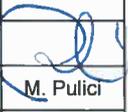


Trans Adriatic
Pipeline

TAP AG Titolo Progetto / Nome Ente:
Trans Adriatic Pipeline Project

Titolo Documento:

Progetto Costruttivo dell'uscita offshore del MT

0	12/01/2017	Emesso per Informazione	IFI	 C. Galletti	 R. Milani	 M. Pulici
Rev.	Data Emissione (dd-mm-yyyy)	Descrizione dell'Emissione		Preparato da	Verificato da	Approvato da

	Nome Contrattista:	SAIPEM S.p.A.
	Nr. Contrattista di Progetto:	033860
	Nr. Documento Contrattista:	033860-A4-SAI-160-SL-TRE-0001
	Nr. Tag.:	

TAP AG Nr. Contratto.: C10713	Nr. Progetto:
-------------------------------	---------------

Nr. PO:	Codice RD:	Pagina: 1 of 95
---------	------------	-----------------

TAP AG Nr. Documento.:

OPL00-C10713-160-G-TRE-0001

 Trans Adriatic Pipeline	TAP AG Nr. Doc.:	OPL00-C10713-160-G-TRE-0001	Nr. Rev.:	0
 SAIPEM	Titolo Doc.:	Progetto costruttivo dell'uscita offshore del MT	Pagina:	2 of 95

FOGLIO REVISIONI		
Revisione	Descrizione	Numero pagine
0	Emesso per Informazione	95

	TAP AG Nr. Doc.:	OPL00-C10713-160-G-TRE-0001	Nr. Rev.:	0
	Titolo Doc.:	Progetto costruttivo dell'uscita offshore del MT	Pagina:	3 of 95

INDICE

1. Introduzione	6
2. SCOPO	7
3. DEFINIZIONI, ABBREVIAZIONI E SIMBOLI	8
3.1 Definizioni	8
3.2 Abbreviazioni	8
4. DOCUMENTI DI RIFERIMENTO	9
4.1 Norme, standard e riferimenti generali	9
4.2 altri documenti	9
5. APPRODO ITALIANO – DESCRIZIONE GENERALE LAVORI/OPERAZIONI.....	10
6. METODO per INSTALLAZIONE DEL PALANCOLATO.....	17
6.1 Caratteristiche delle palancole e mezzi impiegati nell'installazione.....	17
6.2 Procedura di installazione del palancolato	18
6.2.1 Sollevamento e movimentazione palancole	18
6.2.2 Posizionamento della dima di posizionamento delle palancole	19
6.2.3 Battitura delle palancole	20
6.3 Programma lavori del palancolato	21
7. CARATTERISTICHE DELLA TRINCEA.....	22
7.1 Geometria (Planimetria + Sezioni).....	22
7.2 Volumi.....	24
8. Esecuzione delle operazioni di scavo	25
8.1 Nave utilizzata per dragare.....	25
8.1.1 Principi generali di funzionamento della draga escavatrice (Backhoe Dredger).....	26
8.1.2 Navi di supporto.....	27
8.1.3 Benne chiuse per la draga escavatrice (Backhoe Dredger)	27
8.2 Scavi con la draga escavatrice	28
8.2.1 Pulizia intorno alla TBM	29
8.2.2 Pulizia dopo il recupero della TBM	30
8.3 Installazione dell'allettamento con la draga escavatrice.....	31

	TAP AG Nr. Doc.:	OPL00-C10713-160-G-TRE-0001	Nr. Rev.:	0
	Titolo Doc.:	Progetto costruttivo dell'uscita offshore del MT	Pagina:	4 of 95

8.4	Programma lavori delle operazioni di scavo	32
8.5	Dati di Produttività oraria durante l'operazione di scavo.....	32
8.6	Dati di Produttività oraria durante l'operazione di deposito di ghiaia durante l'installazione dell'allettamento.....	32
9.	RECUPERO DELLA TBM	33
9.1	Attrezzature	33
9.2	Recupero della TBM con l'assistenza del Multicat	33
9.2.1	Posizionamento dei mezzi navali.....	33
9.2.2	Scavo per il recupero della TBM.....	33
9.2.3	Collegamento del bilancino di sollevamento alla TBM	33
9.2.4	Sollevamento della TBM.....	34
9.2.5	Transporto della TBM verso la banchina portuale e recupero	35
10.	CARATTERISTICHE DEL TERRAPIENO	36
10.1	Geometria (Planimetria + Sezioni).....	37
10.2	Volumi.....	38
11.	Installazione del terrapieno di ghiaia.....	39
11.1	Nave di installazione.....	39
11.2	Installazione di Ghiaia al Terrapieno da parte della nave.....	39
11.3	Programma lavori per installazione del terrapieno	40
11.4	Dati di Produttività oraria durante l'installazione del terrapieno.....	40
12.	INSTALLAZIONE DELLA BOCCA DI INVITO DELLA CONDOTTA E DEL CAVO A FIBRA OTTICA	41
13.	INSTALLAZIONE DEL CAVO DI TIRO DEL gasdotto.....	42
14.	Installazione della griglia all'uscita del microtunnel.....	43
15.	LAVORI DI RIPRISTINO ALL'USCITA DEL MICROTUNNEL.....	44
15.1	Installazione di ghiaia dalla nave posa ghiaia (FPV)	44
15.1.1	Attrezzatura	44
15.1.2	Lavori di installazione della ghiaia	45
15.2	Installazione del materiale precedentemente dragato con nave posa ghiaia (FPV).....	46
15.3	attrezzatura.....	46

	TAP AG Nr. Doc.:	OPL00-C10713-160-G-TRE-0001	Nr. Rev.:	0
	Titolo Doc.:	Progetto costruttivo dell'uscita offshore del MT	Pagina:	5 of 95

15.4	L'installazione dei materiali precedentemente dragati con il FPV	46
15.5	Programma lavori del riempimento della trincea	47
15.6	Dati di Produttività oraria durante l'installazione del ricoprimento con ghiaia.....	47
15.7	Dati di Produttività oraria durante l'installazione del ricoprimento con materiale di risulta .	48
16.	Rimozione di palancole.....	49
17.	ALLEGATI	50
17.1	General layout drawing.....	51
17.2	ANALISI DELLA SEDIMENTAZIONE ALL'INTERNO DELLA TRINCEA	52
17.2.1	Scopo del lavoro	52
17.2.2	Dati di input.....	52
17.2.3	Metodologia	54
17.2.4	Risultati	55
17.3	Analisi di stabilità delle pareti della trincea	58
17.3.1	Sommario e Conclusioni.....	58
17.3.2	Normative	59
17.3.3	Dati Geotecnici	60
17.3.4	Dati di onda.....	65
17.3.5	Metodologia	65
17.3.6	Risultati	66
17.4	Analisi di stabilità del terrapieno	77
17.4.1	Sommario e Conclusioni.....	77
17.4.2	Normativa di Riferimento ed azione sismica.....	77
17.4.3	Dati Geotecnici del terreno e del terrapieno	79
17.4.4	Metodologia	79
17.4.5	Sezione di verifica e risultati delle analisi	79
17.5	Caratteristiche dei mezzi navali.....	85
17.6	Programma lavori	94

	TAP AG Nr. Doc.:	OPL00-C10713-160-G-TRE-0001	Nr. Rev.:	0
	Titolo Doc.:	Progetto costruttivo dell'uscita offshore del MT	Pagina:	6 of 95

1. INTRODUZIONE

Il progetto TAP riguarda la realizzazione di un gasdotto che trasporterà il gas dalle nuove fonti di approvvigionamento nella regione del Mar Caspio all'Europa Occidentale e Sud-orientale, attraverso il cosiddetto "Corridoio Meridionale del Gas".

Il gasdotto TAP, lungo 871 km, partendo dal confine greco-turco, attraverserà Grecia, Albania ed il Mare Adriatico sino a giungere in Puglia dove si collegherà con la rete nazionale dei gasdotti e ciò consentirà al gas naturale di essere trasportato dalla regione del Mar Caspio fino ai mercati europei.

Il sistema offshore consiste in una condotta offshore della lunghezza di circa 105 km, con approdi sia in Albania che in Italia.

Il punto di approdo della condotta in Italia si troverà sulla costa tra San Foca e Torre Specchia Ruggeri, nel comune di Melendugno (LE), mentre l'approdo in Albania è ubicato a nord ovest di Fier.

Il progetto prevede inoltre l'installazione di un cavo a fibre ottiche (FOC), che verrà posato parallelamente al gasdotto per tutta la sua lunghezza (onshore e offshore), al fine di garantire la comunicazione tra le stazioni del gasdotto.

La progressiva chilometrica (KP) del tratto offshore del gasdotto TAP, il cui punto di partenza (KP0) è ubicato in corrispondenza dell'approdo Albanese, aumenta man mano che la condotta procede verso l'approdo Italiano. La rotta del gasdotto TAP si sviluppa nel Mare Adriatico verso l'Italia seguendo una direzione sud-ovest, vedi la Figura 1-1 sotto).

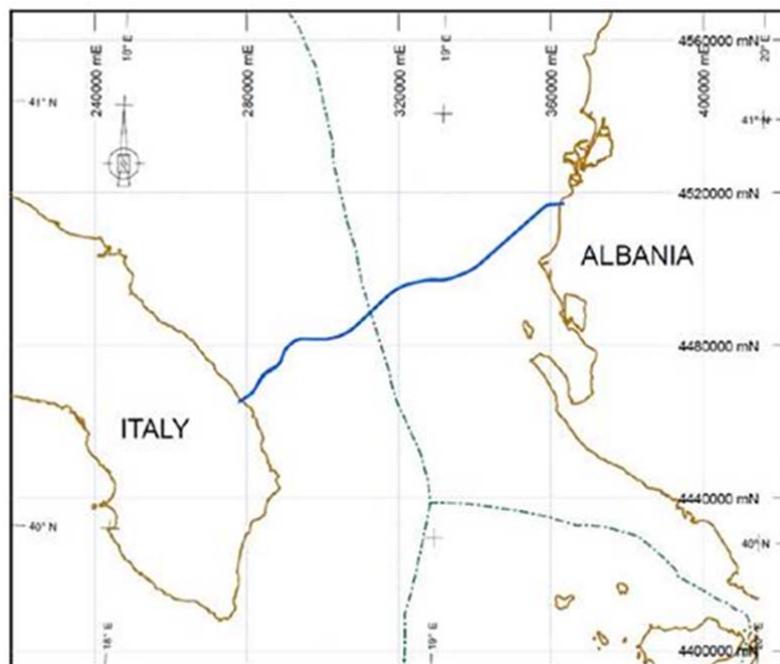


Figura 1-1 Gasdotto TAP – Visione d'insieme

La massima profondità d'acqua lungo la rotta è 820m.

I limiti di batteria della condotta offshore sono la trappola di lancio temporanea onshore in Albania e la trappola di lancio temporanea onshore in Italia.

La condotta offshore è lunga 105 km, ha una pressione di progetto di 145 barg e ha un diametro interno costante pari a 871 mm.

 Trans Adriatic Pipeline	TAP AG Nr. Doc.:	OPL00-C10713-160-G-TRE-0001	Nr. Rev.:	0
 SAIPEM	Titolo Doc.:	Progetto costruttivo dell'uscita offshore del MT	Pagina:	7 of 95

2. SCOPO

Questo documento è stato preparato con lo scopo di fornire le informazioni relative al progetto esecutivo dell'uscita lato mare del microtunnel, inclusi i relativi lavori civili da eseguire in corrispondenza della sua uscita a mare:

- Palancolato sottomarino
- Trincea temporanea a mare
- Recupero della macchina di perforazione
- Terrapieno in ghiaia
- Lavori di ripristino finale

	TAP AG Nr. Doc.:	OPL00-C10713-160-G-TRE-0001	Nr. Rev.:	0
	Titolo Doc.:	Progetto costruttivo dell'uscita offshore del MT	Pagina:	8 of 95

3. DEFINIZIONI, ABBREVIAZIONI E SIMBOLI

3.1 DEFINIZIONI

Azienda/Cliente	TAP AG
Appaltatore	Saipem S.p.A.
Progetto	PROGETTO TRANS ADRIATIC PIPELINE

3.2 ABBREVIAZIONI

Abbreviazione	Italiano	Inglese
BHD	Draga escavatrice	Back hoe dredger
c.a.	Calcestruzzo armato	Reinforced concrete
DGPS	Sistema di posizionamento globale differenziale	Differential Global Positioning System
DP	Posizionamento Dinamico	Dynamic Positioning
DTM	Modello Digitale del Terreno	Digital Terrain Model
FOC	Cavo a fibra ottica	Fibre Optic Cabel
FPROV	Tubo per posizionamento della ghiaia manovrato in remoto	Fall Pipe Remote Operated Vehicle
FPV	Mezzo per il posizionamento della ghiaia	Fall Pipe Vessel
GPS	Sistema di posizionamento globale	Global positioning system
KP _{of}	Punto chilometrico, tratto offshore	Kilometric point, offshore section
ROV	Veicolo manovrato in remoto	Remotely Operated Vehicle
MT	Microtunnel	Microtunnel
PAI	Piano per l'Assetto Idrogeologico	Idrogeological Plane
PG3	Pericolosità Geologica 3	Geological Hazard Level 3
TAP	Trans Adriatic Pipeline	Trans Adriatic Pipeline
TBM	Macchina di perforazione del microtunnel	Tunnel Boring Machine
TSHD	Draga aspiratrice	Trailer Suction Hopper Dredger
WD	Profondità d'acqua	Water Depth

	TAP AG Nr. Doc.:	OPL00-C10713-160-G-TRE-0001	Nr. Rev.:	0
	Titolo Doc.:	Progetto costruttivo dell'uscita offshore del MT	Pagina:	9 of 95

4. DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

La documentazione di riferimento è stata raggruppata come segue:

- Norme, standard e riferimenti generali;
- Documenti progettuali del Cliente/Company;

Tranne ove specificamente indicato, s'intende applicabile l'ultima revisione della documentazione citata.

4.1 NORME, STANDARD E RIFERIMENTI GENERALI

- | | | |
|-----|--|--|
| [1] | DNV OS F101 | Submarine Pipeline Systems, August 2012 |
| [2] | Decreto del Ministero delle Infrastrutture, 14 gennaio 2008: "Nuove norme tecniche per le costruzioni" (NTC 2008). | |
| [3] | Decreto del Ministro dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, 223 del 11 settembre 2014 | |
| [4] | D.M. 17.04.2008 | Regola Tecnica per la progettazione, costruzione, collaudo, esercizio e sorveglianza delle opere e degli impianti di trasporto di gas naturale con densità non superiore a 0.8 |
| [5] | D.M. 14 Gennaio 2008
(G.U. n. 29 del 4 Febbraio 2008) | "Nuove Norme tecniche per le costruzioni" |
| [6] | EN 1997-1 | "Eurocode 7: "Geotechnical design" |
| [7] | BS EN 1998-1:2004 +A1:2013
earthquake resistance" | "Eurocode 8: Design of structures for |
| [8] | Statoil TR1251 Rev. 3 | Seabed Intervention |

4.2 ALTRI DOCUMENTI

- | | | |
|------|-------------------------------|---|
| [9] | Rahman, M.S.; Jaber, W.Y. – | A Simplified Drained Analysis for Wave-Induced Liquefaction In Ocean Floor Sands – Soil and Foundations, vol. 26, No. 3, pp.57-68, Sept. 1986 |
| [10] | Robert W. Day | "Geotechnical Earthquake Engineering Handbook", 2nd Edition |
| [11] | /Geo-Slope International Ltd. | Interpretation SLOPE/W 2007 v. 7.17 Users' Manual. |
| [12] | Richard Soulsby | Dynamic of marine sands – HR Wallingford |

	TAP AG Nr. Doc.:	OPL00-C10713-160-G-TRE-0001	Nr. Rev.:	0
	Titolo Doc.:	Progetto costruttivo dell'uscita offshore del MT	Pagina:	10 of 95

5. APPRODO ITALIANO – DESCRIZIONE GENERALE LAVORI/OPERAZIONI

L'approdo italiano del gasdotto TAP richiede l'esecuzione di un microtunnel (MT) che permette di attraversare la linea di costa senza lo scavo di una trincea nel tratto onshore (Figura 5-1).

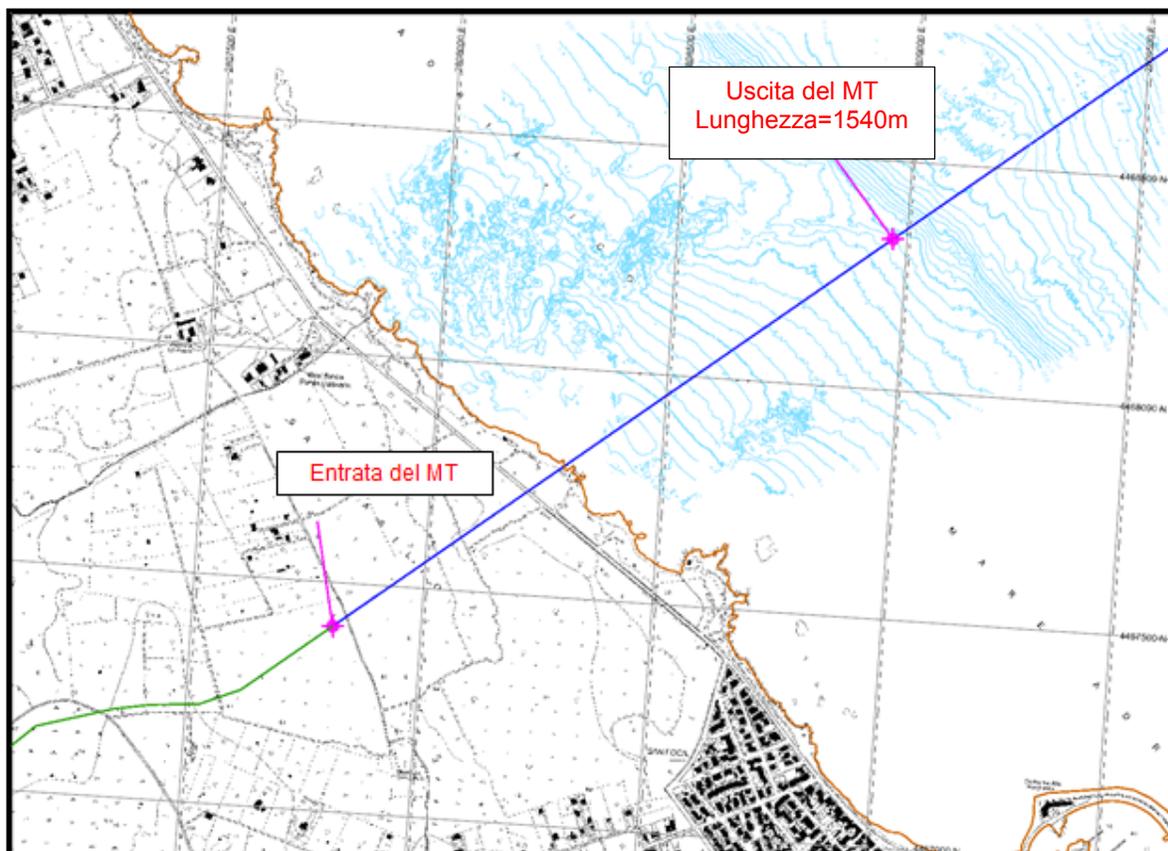


Figura 5-1 Planimetria dell'area di approdo attraversata dal Microtunnel

Le attività di costruzione dell'approdo consistono delle seguenti fasi:

- Preparazione dell'area cantiere
- Costruzione del pozzo di spinta
- Installazione della macchina di perforazione
- Perforazione del microtunnel lungo l'asse di progetto
- Installazione a terra del tubo camicia e trincea
- Completamento dei lavori all'interno del microtunnel (recupero dei fanghi, posa del cavo messaggero e installazione del condotto di protezione per il tiro del cavo a fibre ottiche)
- Installazione del palancolato marino
- Scavo della trincea a mare
- Recupero della macchina di perforazione a mare

	TAP AG Nr. Doc.:	OPL00-C10713-160-G-TRE-0001	Nr. Rev.:	0
	Titolo Doc.:	Progetto costruttivo dell'uscita offshore del MT	Pagina:	11 of 95

- Costruzione dell'allettamento sul fondo della trincea (se necessario)
- Costruzione del terrapieno
- Installazione dell'ancoraggio dell'argano di tiro
- Installazione del cavo di tiro
- Tiro a terra della condotta
- Recupero del cavo messaggero del FOC
- Tiro a terra del FOC
- Installazione del ricoprimento in ghiaia
- Ripristino del sito con il materiale originario precedentemente recuperato
- Rimozione del palancolato marino

Pozzo di spinta

Il pozzo di spinta è richiesto per la costruzione del MT. Nel pozzo alloggerà la struttura principale di spinta.

Lo scopo del pozzo sarà quello di consentire il lancio della TBM, fornire una reazione adeguata con il supporto del terreno circostante all'azione di spinta richiesta per la costruzione del MT (avanzamento della TBM e dei conci in c.a.).

Il pozzo di spinta progettato in modo impermeabile, avrà in aggiunta la funzione di alloggiare le pompe necessarie alle operazioni di collaudo della condotta e di essere utilizzato come presa dell'acqua di mare.

Pertanto, il fondo del tunnel è ubicato al disotto del livello medio del mare, ad una profondità sufficiente per permettere l'operazione di pompaggio.

Il sistema di spinta principale, all'interno del pozzo, è costituito da un anello di spinta, dotato di martinetti idraulici.

Sull'estremità posteriore del pozzo viene costruito un muro di spinta in calcestruzzo armato con piastra in acciaio per la distribuzione degli sforzi, dimensionato per contenere adeguatamente la contospinta prevista dal sistema idraulico di avanzamento della TBM e dei conci.

Sulla parete anteriore del pozzo è assicurato l'anello di guida per l'imbocco a tenuta.

Si prevede che il pozzo di spinta sia costruito con diaframmi in cemento armato, utilizzando pali secanti per le pareti verticali, calcolati e dimensionati per assicurare la stabilità rispetto ai carichi di progetto attesi e la completa tenuta idraulica rispetto alle acque sotterranee.

Le dimensioni del pozzo di spinta sono riportate in Figura 5-2.

Il volume nominale di terreno scavato previsto per la costruzione del pozzo di spinta è di circa 1300 m³.

	TAP AG Nr. Doc.:	OPL00-C10713-160-G-TRE-0001	Nr. Rev.:	0
	Titolo Doc.:	Progetto costruttivo dell'uscita offshore del MT	Pagina:	12 of 95

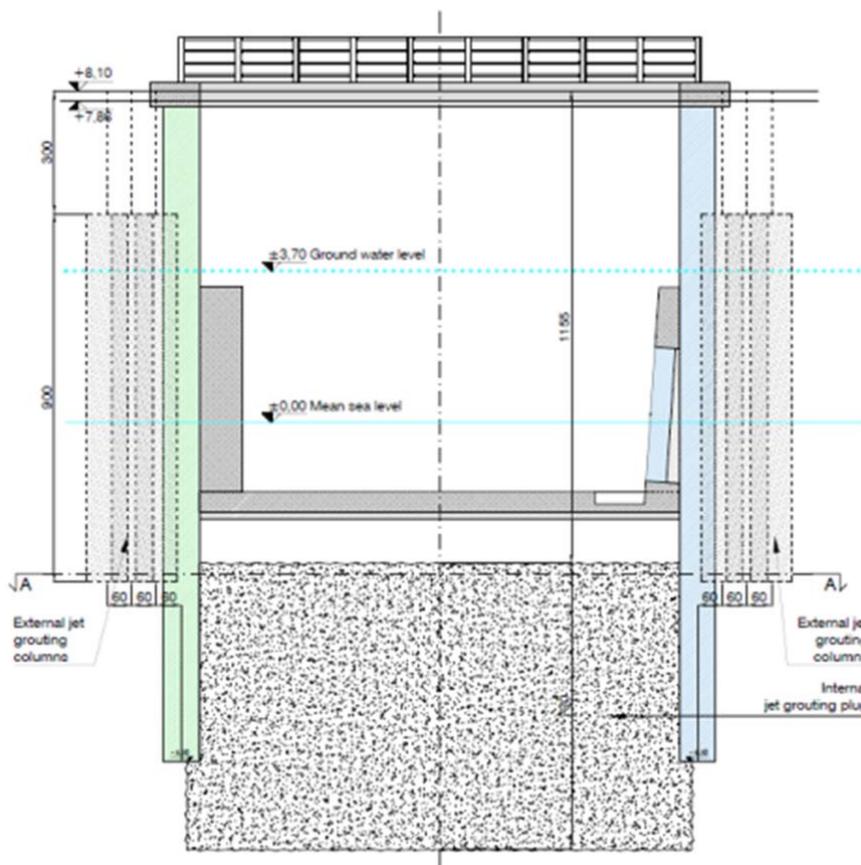


Figura 5-2 Pozzo di spinta durante la fase di scavo del MT

Microtunnel

Allo scopo di evitare le interferenze con l'ambiente di superficie e del fondo marino nella fascia costiera interessata dai lavori è stata selezionata la tecnologia di attraversamento in trivellazione, che non prevede la realizzazione di scavi a cielo aperto (vedi Figura 5-3).

Il MT permette di evitare interferenze con l'area di macchia mediterranea, con il cordone dunale costiero e la spiaggia.

Attraverso questa soluzione tecnica è possibile ridurre al minimo, nel tratto offshore, l'interferenza con i potenziali habitat sensibili (fanerogame marine).

L'utilizzo di un MT in cui alloggiare il metanodotto e il cavo a fibre ottiche consente inoltre di sottopassare anche la strada provinciale SP n. 366, lungo il percorso a terra, senza la necessità di scavare una trincea per realizzare l'attraversamento.

L'orientamento dell'asse del microtunnel e il suo punto di uscita sono stati selezionati per soddisfare le limitazioni imposte dai vincoli esistenti e per ridurre al minimo i potenziali impatti sull'ambiente, in particolare per quanto riguarda:

- La presenza lungo la linea di costa delle aree PAI (Piano per l'Assetto Idrogeologico) a pericolosità geomorfologica molto elevata (P.G.3), la cui ubicazione è riportata in Figura 5-3.

	TAP AG Nr. Doc.:	OPL00-C10713-160-G-TRE-0001	Nr. Rev.:	0
	Titolo Doc.:	Progetto costruttivo dell'uscita offshore del MT	Pagina:	13 of 95

- La presenza della flora marina protetta nel tratto a mare. Il punto di uscita offshore del MT deve evitare il più possibile le aree ambientali sensibili, minimizzando l'interferenza diretta con le praterie di Fanerogame marine (Rif. [3]).
- La necessità di non avere impatto dei lavori di costruzione sulla spiaggia e nelle aree limitrofe (vedi Figura 5-3).

I punti estremi del microtunnel sono ubicati, rispetto alla linea di costa, rispettivamente a circa 924m offshore e 616m onshore.

Il profilo longitudinale e la sezione trasversale del MT sono riportati in Figura 5-4 e Figura 5-5

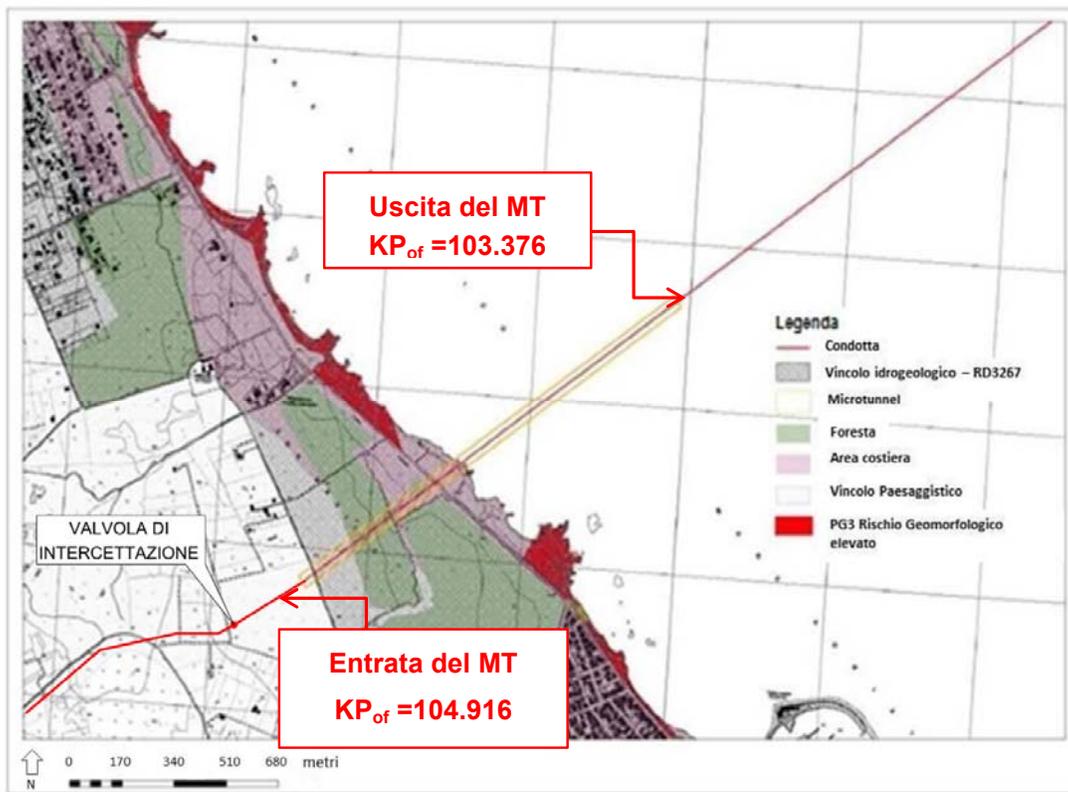


Figura 5-3 Tracciato condotta e asse del MT con riferimento alle aree protette

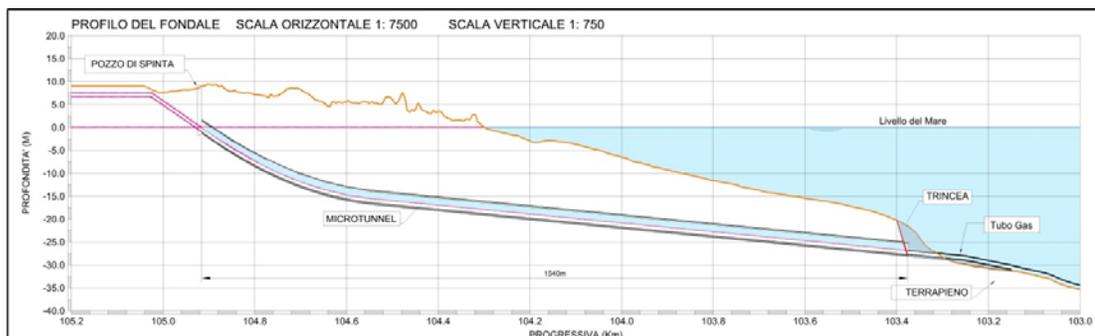


Figura 5-4 Profilo longitudinale del MT all'approdo

	TAP AG Nr. Doc.:	OPL00-C10713-160-G-TRE-0001	Nr. Rev.:	0
	Titolo Doc.:	Progetto costruttivo dell'uscita offshore del MT	Pagina:	14 of 95

SEZIONE DEL MICRO-TUNNEL

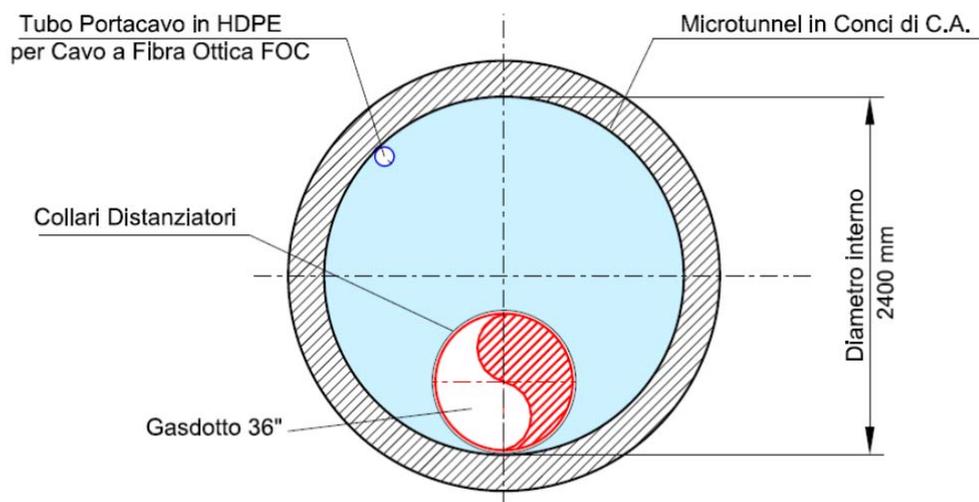


Figura 5-5 Sezione trasversale del MT

Le caratteristiche principali del MT sono riportate nella Tabella 5-1.

Microtunnel	
Lunghezza	1540m
Diametro esterno	3m
Spessore della parete	0,3m
Diametro interno	2,4m
Punto finale	
KP _{of}	103,376
Est	279.182
Nord	4.466.041
Punto iniziale	
KP _{of}	104,916
Est	277.907
Nord	4.465.177

Tabella 5-1 – Approdo Italiano – Caratteristiche del MT

	TAP AG Nr. Doc.:	OPL00-C10713-160-G-TRE-0001	Nr. Rev.:	0
	Titolo Doc.:	Progetto costruttivo dell'uscita offshore del MT	Pagina:	15 of 95

Trincea all'uscita del MT

La trincea viene scavata prima dell'installazione della condotta e del FOC. Lo scopo è di permettere il recupero della TBM a seguito del completamento dello scavo del tunnel, e di generare un piano di accesso regolare e allineato sulla direzione del tunnel.

La procedura di scavo soddisferà i seguenti requisiti:

- il materiale di scavo sarà rimosso e temporaneamente accantonato a bordo di mezzi navali dedicati, in modo da evitare danni alle adiacenti praterie di Posidonia e Cymodocea e ridurre l'intorbidamento dell'acqua;
- la conformazione del fondale sarà ripristinata al termine dei lavori con materiale precedentemente scavato della trincea limitando la diffusione dei sedimenti nell'acqua circostante.

Completato lo scavo della trincea, sul fondo di quest'ultima può essere posato uno strato di pietrame dello spessore di circa 30cm con lo scopo di garantire una superficie uniforme e poi continuare con la costruzione del terrapieno.

Si procede quindi con l'installazione della condotta e del cavo. Al termine, questi verranno coperti con pietrame di pezzatura adeguata per un'altezza di un metro al disopra della generatrice superiore del tubo.

Il fondo naturale viene quindi ripristinato al completamento del collaudo del gasdotto, utilizzando il materiale di scavo, temporaneamente immagazzinato su idonee bettoline

Terrapieno

Lo scopo del terrapieno in pietrame, da costruire all'estremo offshore della trincea, è quello di facilitare le operazioni di tiro a terra (pull-in) della condotta e generare una superficie di transizione regolare tra la trincea e il fondale marino naturale.

Pertanto il terrapieno dovrà essere costruito dopo il completamento dello scavo della trincea e prima dell'installazione della condotta e del cavo a fibre ottiche.

La costruzione verrà eseguita con un mezzo navale di tipo "Fall Pipe" (FPV), che permette di depositare il pietrame sul fondale marino nel punto specifico in modo da limitare il più possibile la dispersione del materiale e la turbolenza e la torbidità dell'acqua.

Recupero della TBM

Al completamento delle operazioni di scavo del microtunnel la TBM verrà recuperata da un mezzo navale e trasportata in porto. La procedura di recupero è descritta nella Sezione 9 di questo documento.

Tiro della condotta

La condotta verrà tirata all'interno del MT. Il tiro della condotta si articola nelle seguenti fasi:

- Il cavo messaggero, preinstallato all'interno del MT viene recuperato a bordo della draga escavatrice;
- Il cavo di tiro, immagazzinato su bobina a bordo della draga escavatrice, viene collegato al cavo messaggero;
- Il cavo messaggero e di conseguenza il cavo di tiro vengono tirati verso terra per mezzo di un verricello;

 Trans Adriatic Pipeline	TAP AG Nr. Doc.:	OPL00-C10713-160-G-TRE-0001	Nr. Rev.:	0
 SAIPEM	Titolo Doc.:	Progetto costruttivo dell'uscita offshore del MT	Pagina:	16 of 95

- Il cavo messaggero viene immagazzinato un bobina e il cavo di tiro è a questo punto posizionato dentro il MT;
- Il cavo di tiro viene recuperato a bordo della nave posatubi e collegato alla stringa di tiro precedentemente fabbricata.
- La stringa di tiro viene tirata, dall'argano installato a terra, attraverso il terrapieno, la trincea, il MT, il pozzo, il tubo di protezione (tubo camicia) e la trincea a terra.
- Una volta che la testa della stringa di tiro raggiunge la posizione finale l'operazione di tiro è completata.
- La nave posa tubi inizia la posa normale.

Il tiro del FOC viene effettuato in modalità simile eccezion fatta per il condotto di protezione, precedentemente fissato sulla parete del MT, all'interno il quale il cavo viene tirato.

	TAP AG Nr. Doc.:	OPL00-C10713-160-G-TRE-0001	Nr. Rev.:	0
	Titolo Doc.:	Progetto costruttivo dell'uscita offshore del MT	Pagina:	17 of 95

6. METODO PER INSTALLAZIONE DEL PALANCOLATO

Questo capitolo si propone di dettagliare la sequenza di lavoro e la metodologia per l'installazione del palancolato all'uscita a mare del microtunnel. Vengono inoltre elencati i mezzi che verranno impiegati durante l'installazione.

L'installazione delle palancole avverrà una volta che le operazioni di costruzione del tunnel saranno state completate e la macchina per lo scavo del microtunnel (Tunnel Boring Machine TBM) avrà raggiunto la posizione di rimozione.

6.1 CARATTERISTICHE DELLE PALANCOLE E MEZZI IMPIEGATI NELL'INSTALLAZIONE

Al fine di limitare eventuali impatti diretti sulla zona interessata dalla presenza di Cymodocea, verrà impiegata la nave multiuso operante con posizionamento dinamico DP2 "Adhémar de Saint" (o equivalente). Inoltre, durante la fase di palificazione verranno usate le seguenti attrezzature:

- Gru cingolata da circa 150 t a cui verrà installato il martello vibrante PTC60HFV (o equivalente) e relativo generatore
- Attrezzature per taglio a torcia e saldatrici
- Dima per posizionamento palancole
- Pali di sostegno temporaneo per dima di posizionamento (King piles)

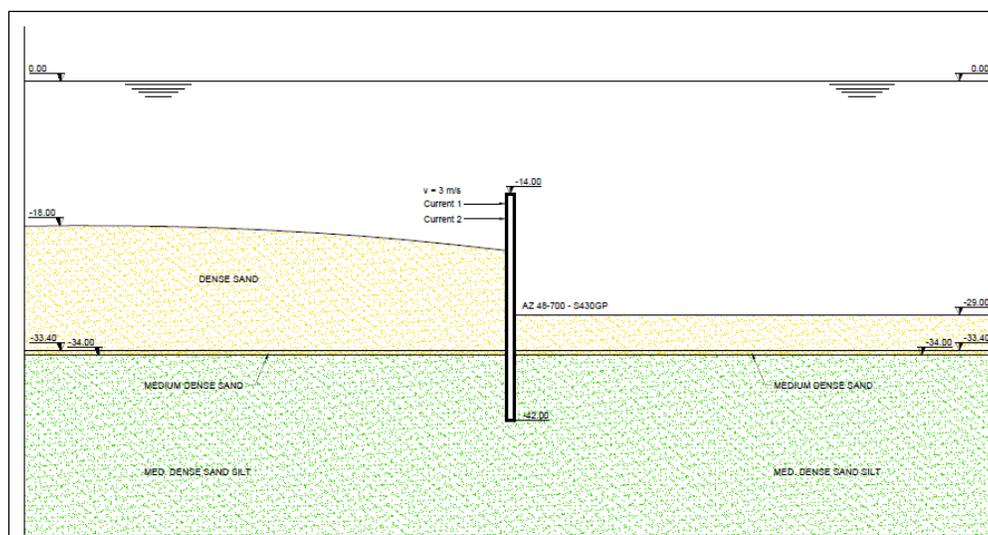


Figura 6-1: Vista in sezione del palancolato

La palancole che verrà utilizzata è del tipo AZ48-700 (o equivalente) con una lunghezza di circa 28m. Questa palancole garantisce la stabilità del terreno. La lunghezza della palancole permetterà un controllo visivo sul corretto innesto della palancole adiacente in quanto l'innesto verrà fatto sopra la superficie del mare.

Le palancole verranno palificate fino a una profondità di circa 42 metri rispetto alla superficie del mare e verranno infisse nel fondo marino per circa 21 metri.

Su ciascun lato della uscita del microtunnel verrà installata una parete di palancole in accordo alla Figura 6-2:

- parete di palancole su lato Nord: lunghezza circa 21m
- parete di palancole su lato Sud: lunghezza circa 32m

	TAP AG Nr. Doc.:	OPL00-C10713-160-G-TRE-0001	Nr. Rev.:	0
	Titolo Doc.:	Progetto costruttivo dell'uscita offshore del MT	Pagina:	18 of 95

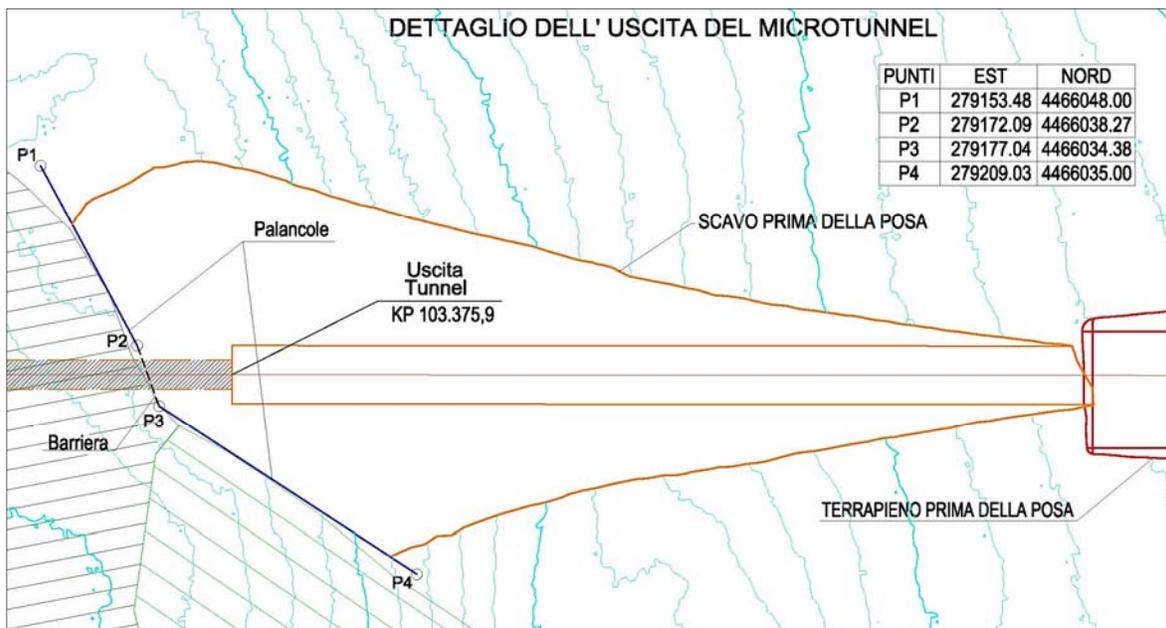


Figura 6-2: Vista di pianta della trincea

Al fine di garantire la stabilità del suolo direttamente sopra l'uscita del Microtunnel verrà installata una paratia di chiusura sull'estremità del microtunnel tra il palancole a lato Nord e quello a lato Sud.

Di seguito le coordinate delle palancole:

	Punto	Est	Nord
Palancole Nord	P1	279153,48	4466048,00
	P2	279172,09	4466038,27
Palancole Sud	P3	279177,04	4466034,38
	P4	279209,03	4466035,00

Tabella 6-1 Coordinate di inizio e fine delle pareti di palancole

6.2 PROCEDURA DI INSTALLAZIONE DEL PALANCOLATO

6.2.1 Sollevamento e movimentazione palancole

La gru cingolata installata sul ponte di poppa della 'Adhémar de Saint-Venant' verrà utilizzata per movimentare orizzontalmente le palancole.

	TAP AG Nr. Doc.:	OPL00-C10713-160-G-TRE-0001	Nr. Rev.:	0
	Titolo Doc.:	Progetto costruttivo dell'uscita offshore del MT	Pagina:	19 of 95



Figura 6-3: Movimentazione palancole

6.2.2 Posizionamento della dima di posizionamento delle palancole

È importante che durante l'installazione le palancole siano mantenute nel corretto allineamento orizzontale e verticale. Ciò si ottiene con l'uso di una dima di posizionamento, che eviterà anche che la palancole si sposti lateralmente.

Al fine di limitare l'impatto creato dall'impronta dei pali che sostengono la dima di posizionamento, verranno utilizzate delle travi verticali (King piles) e non i pali tubolari in acciaio, scongiurando così eventuali danneggiamenti alla popolazione di *Cymodocea* esistente.

La dima di posizionamento è costituita da due travi verticali (King piles) che verranno guidate nel fondo del mare e dall'intelaiatura orizzontale. Una volta effettuata l'installazione dei King piles, l'intelaiatura di guida orizzontale verrà posizionata nell'acqua e fissata ai King piles dai subacquei.

I passi per l'installazione della dima di posizionamento sono i seguenti:

- Installazione di due travi verticali (King piles), battendoli nel fondo del mare
- Installazione dell'intelaiatura di guida orizzontale, che sarà agganciata sulle due travi verticali

La lunghezza della dima di posizionamento deve coprire circa 6 paia di palancole. Una volta che le prime sei paia di palancole sono state installate la dima di posizionamento viene sostituita:

- La dima di posizionamento viene recuperata
- Le due travi verticali vengono recuperate
- La due travi verticali vengono reinstallate più avanti
- La dima di posizionamento viene reinstallata, agganciandola alle travi verticali

	TAP AG Nr. Doc.:	OPL00-C10713-160-G-TRE-0001	Nr. Rev.:	0
	Titolo Doc.:	Progetto costruttivo dell'uscita offshore del MT	Pagina:	20 of 95

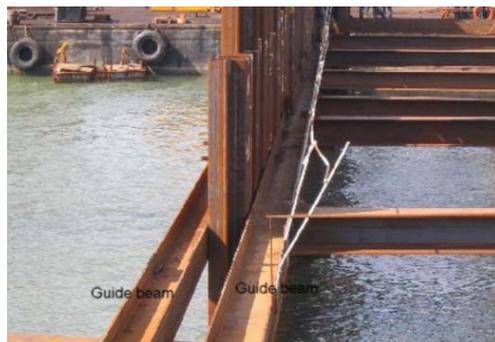


Figura 6-4: Esempio di dima di posizionamento

6.2.3 Battitura delle palancole

L'installazione delle palancole inizierà dalla fine della parete più lontana dal microtunnel e continuerà verso l'uscita del tunnel.

La battitura sarà effettuata dal ponte di poppa della nave da lavoro 'Adhémar de Saint-Venant' (o equivalente). Il sistema di posizionamento DP2 della nave garantisce un corretto posizionamento.

Le palancole verranno installate utilizzando una gru cingolata e un martello vibratore. Le tolleranze di montaggio tipiche sono una combinazione di stabilità della nave da lavoro e del movimento della gru. Sono previste le seguenti tolleranze di installazione:

- Tolleranza nel piano orizzontale: raggio di 25 cm
- Tolleranza nel piano verticale (verticalità): +/- 5 gradi

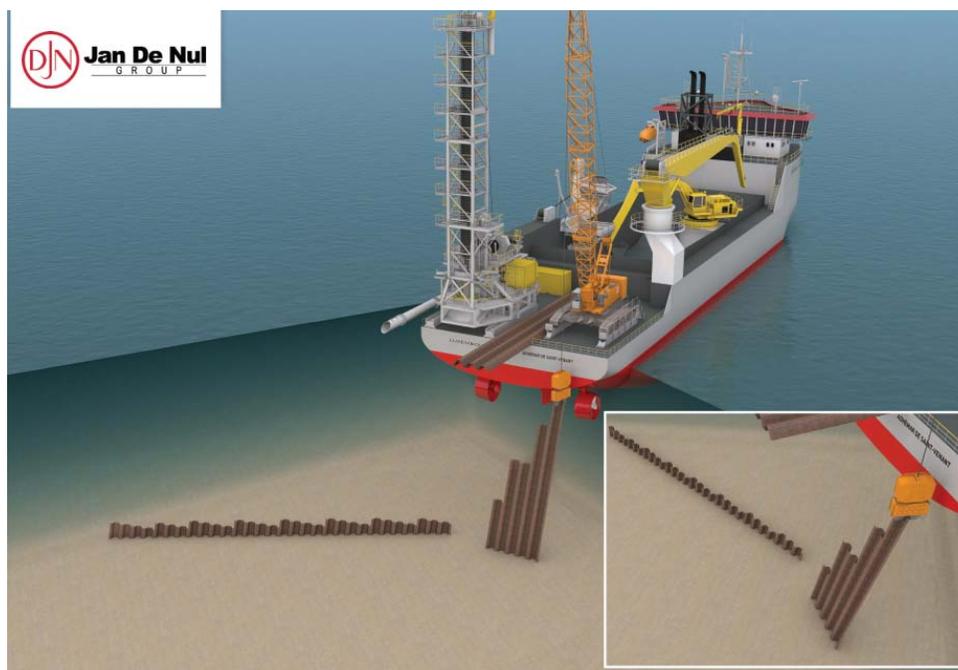


Figura 6-5: Battitura delle palancole dal ponte di poppa della nave DP2

	TAP AG Nr. Doc.:	OPL00-C10713-160-G-TRE-0001	Nr. Rev.:	0
	Titolo Doc.:	Progetto costruttivo dell'uscita offshore del MT	Pagina:	21 of 95

Durante le operazioni, se verranno incontrate condizioni meteorologiche avverse, le operazioni si fermeranno e si attenderà che le condizioni consentano alle operazioni di continuare.

Le palancole sono dotate di fori nella parte superiore per consentire una facile manipolazione e per permettere il loro sollevamento con la gru cingolata. Il sollevamento verrà effettuato con l'ausilio di catene e maniglioni idraulici e con l'assistenza di un operaio che guiderà i pali. Una volta che la palancola è in piedi dritta, il martello vibrante verrà posizionato su di essa e poi fissato. È essenziale che la palancola sia inserita nella guida della palancola precedente per una lunghezza sufficiente prima che il martello venga posizionato sopra di essa. La lunghezza delle palancole permette un controllo visivo durante l'aggancio con la palancola precedentemente perché l'incastro può essere fatto sopra la superficie del mare. In questo modo si può verificare che la palancola scorra correttamente dentro l'invito. Quando l'allineamento è verificato, il martello vibratore viene avviato e la palancola è parzialmente (per circa 5m) battuta nel terreno. La posizione della gru e delle operazioni di battitura consentiranno un continuo contatto visivo tra l'operatore della gru, il caposquadra di battitura e il l'operatore del ROV a bordo della nave.

Ogni 2 metri, la verticalità viene controllata. Quando la verticalità è confermata, riprende la battitura della palancola.

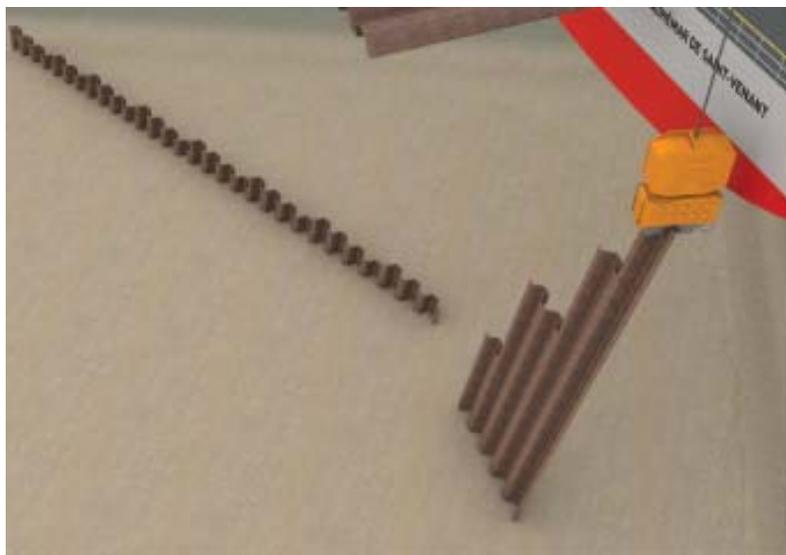


Figura 6-6: Battitura sfalsata

Durante l'installazione, l'avanzamento della battitura verrà monitorata dall'ROV e tramite riferimento visivo in base alla lunghezza della palancola sopra l'acqua.

Controlli visivi saranno effettuati al fine di garantire un rapido riscontro del lavoro. Questo feedback permette al sovrintendente di controllare ed eventualmente regolare le operazioni e migliorare il processo.

6.3 PROGRAMMA LAVORI DEL PALANCOLATO

La schedula esecutiva è riportata nella sezione 17.8. Le date indicate si riferiscono all'attuale schedula di progetto, ma possono subire variazioni durante lo sviluppo/esecuzione dello stesso.

Le durate presentate, contengono già una previsione di fermo meteo e meccanico, sono stimate e possono variare sulla base dell'effettivo verificarsi dei fermi per condizioni meteo e/o meccaniche o possibili ottimizzazioni durante la reale esecuzione dei lavori.

	TAP AG Nr. Doc.:	OPL00-C10713-160-G-TRE-0001	Nr. Rev.:	0
	Titolo Doc.:	Progetto costruttivo dell'uscita offshore del MT	Pagina:	22 of 95

7. CARATTERISTICHE DELLA TRINCEA

7.1 GEOMETRIA (PLANIMETRIA + SEZIONI)

La trincea si estende da KP 103,288 (Punto A della Figura 7-1) fino all'uscita MT, intorno al KP 103,376 (Punto B della Figura 7-1). La larghezza della trincea alla base è di 6m, la pendenza delle pareti laterali è 1/3, la pendenza longitudinale è 0° 33' 14" e la profondità di scavo varia lungo il profilo. Da KP 103,376 verso riva, lo scavo risale fino al fondale originale secondo la sua pendenza naturale, a circa KP 103,400.

Per evitare che la parete della trincea, seguendo la pendenza naturale del terreno, vada ad interferire con la prateria di *Cymodocea nodosa*, verranno installate delle paratie temporanee realizzate mediante l'infissione di palancole a protezione della *Cymodocea* (vedi capitolo 6). Nell'allegato 17.1 è fornita una descrizione dettagliata della configurazione.

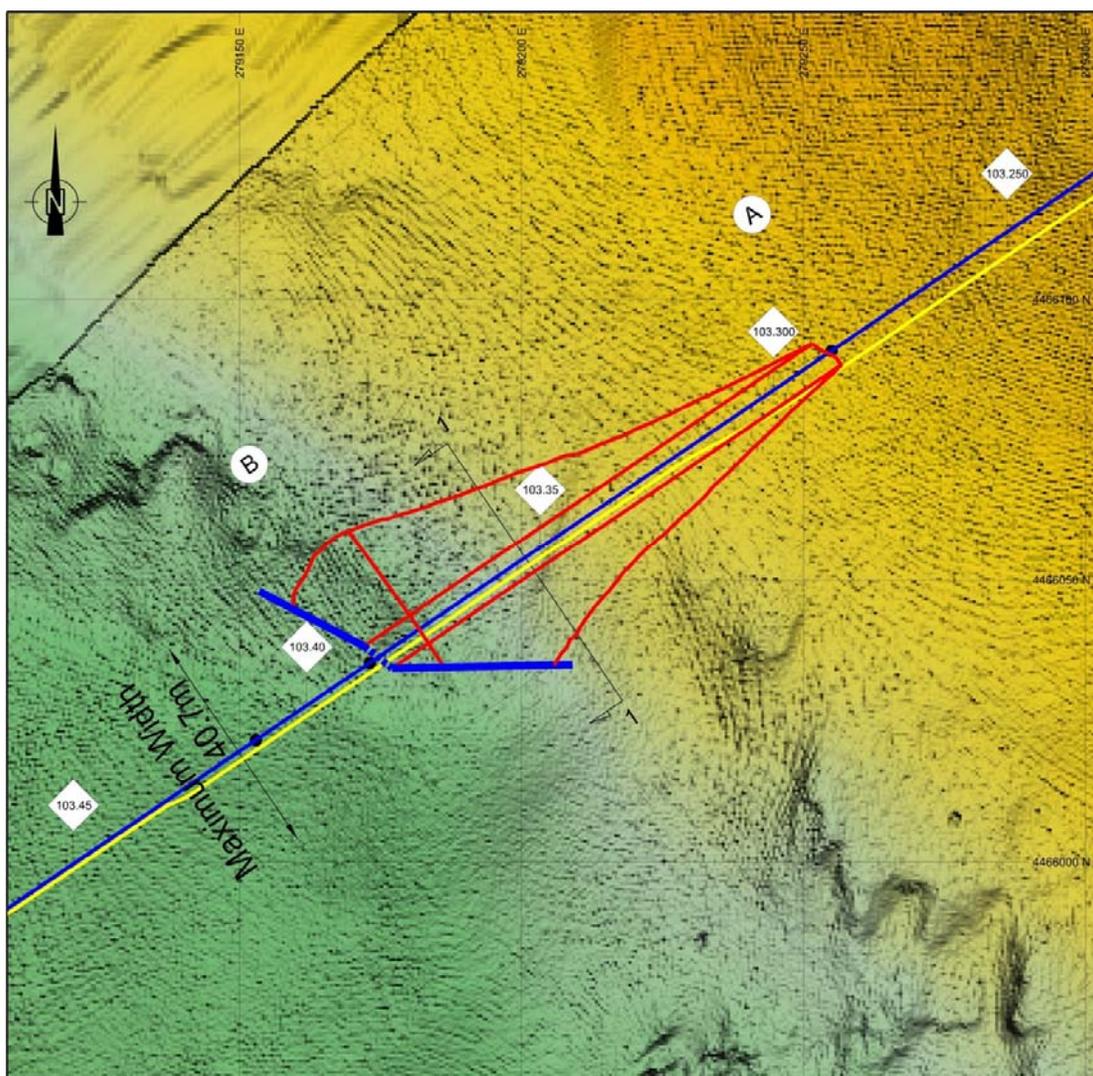


Figura 7-1 Planimetria della trincea

	TAP AG Nr. Doc.:	OPL00-C10713-160-G-TRE-0001	Nr. Rev.:	0
	Titolo Doc.:	Progetto costruttivo dell'uscita offshore del MT	Pagina:	23 of 95

La Figura 7-2 mostra una sezione tipica completata con una copertura con ghiaia (1m sopra la condotta) e ripristinata con il terreno di scavo.

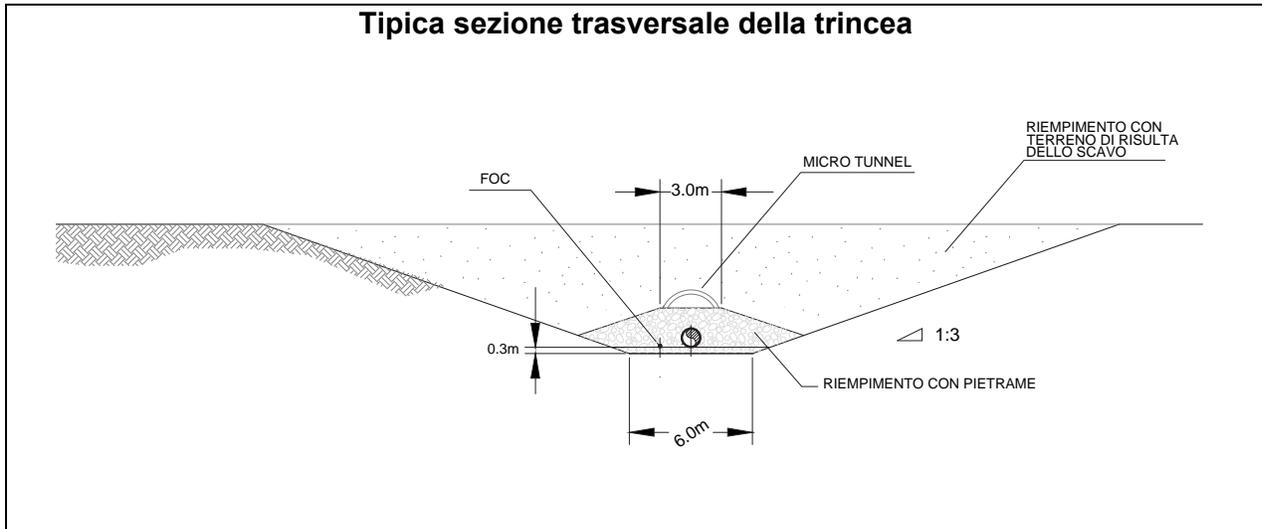


Figura 7-2 Tipica sezione trasversale della trincea

	TAP AG Nr. Doc.:	OPL00-C10713-160-G-TRE-0001	Nr. Rev.:	0
	Titolo Doc.:	Progetto costruttivo dell'uscita offshore del MT	Pagina:	24 of 95

7.2 VOLUMI

Le caratteristiche della trincea e il volume di scavo e interrimento sono riassunti nella Tabella 7-1.

Trincea		
Lunghezza:	m	88
Larghezza alla base	m	6
Larghezza nominale in cima alla trincea	m	48
Pendenza laterale		1/3
Profondità massima della trincea	m	6,5
Pendenza longitudinale	(°)	0° 33' 14"
Punto iniziale		
KPof	km	103,288
Est	m	279.255
Nord	m	4.466.091
Punto finale		
KPof	km	103,376
Est	m	279.182
Nord	m	4.466.041
Volumi di scavo		
Volume nominale di scavo	m ³	6.235
Tolleranza positiva di scavo	m	0,4
Tolleranza della pendenza dello scavo	(°)	±5
Volume totale di scavo stimato incluse le tolleranze di costruzione	m ³	8.907
Volumi di preparazione con pietrame selezionato (1)		
Lunghezza dello strato di allettamento	m	90
Spessore dello strato di allettamento	m	0,3
Volume nominale dello strato di allettamento	m ³	355
Tolleranza positiva di altezza	m	0,4
Volume stimato dello strato di allettamento incluse le tolleranze di costruzione	m ³	780
Volume stimato di materiale disperso (10%)	m ³	78
Volume totale stimato dello strato di allettamento incluse le tolleranze di costruzione e la dispersione del materiale (10%)	m ³	858
Volumi di riempimento con pietrame selezionato (1)		
Lunghezza del ricoprimento	m	46
Volume nominale di riempimento	m ³	1.175
Tolleranza positiva di copertura	m	0,4
Volume stimato di riempimento incluse le tolleranze di costruzione	m ³	1.630
Volume stimato di materiale disperso (10%)	m ³	163
Volume totale stimato di riempimento incluse le tolleranze di costruzione e la dispersione del materiale (10%)	m ³	1.793
Volumi di completamento con materiale originario		
Volume nominale di materiale di riempimento	m ³	4.650
Volume stimato di materiale di riempimento comprensivo delle tolleranze di costruzione (4)	m ³	min 4.198 max 8.2758.907

Note

(1): il pietrame deve avere una pezzatura selezionata (vedi Tabella 10-1)

(2): Le tolleranze sono definite nel Rif. [8]. Ai fini del calcolo dei volumi si considerano 0,4m di tolleranza verticale e ±5° per la pendenza delle pareti

(3) In accordo al Rif. [8] la tolleranza per il ricoprimento con pietrame è: -0/+0,4m

(4) Il volume di materiale originario riconvogliato in trincea dipende dalla combinazione dalle tolleranze di scavo, dalle tolleranze di installazione di ghiaia e dalle tolleranze di installazione del materiale originario. Il materiale originario in eccesso (non riconvogliato in trincea) verrà opportunamente gestito

Tabella 7-1 - Caratteristiche della trincea all'approdo italiano

	TAP AG Nr. Doc.:	OPL00-C10713-160-G-TRE-0001	Nr. Rev.:	0
	Titolo Doc.:	Progetto costruttivo dell'uscita offshore del MT	Pagina:	25 of 95

8. ESECUZIONE DELLE OPERAZIONI DI SCAVO

8.1 NAVE UTILIZZATA PER DRAGARE

Sulla base dei requisiti di progetto, della batimetria e delle condizioni del terreno, la draga escavatrice (Backhoe Dredger) 'Mimar Sinan' (o equivalente) verrà utilizzata per i lavori di scavo all'uscita della TBM presso l'approdo italiano. Questa draga escavatrice è in grado di lavorare fino a circa 32m di profondità d'acqua ed è quindi considerata adeguata per questo lavoro.

I materiali di scavo verranno caricati su idonee bettoline (Split Hopper Barge) come 'l'Aigle' (o equivalente).



Figura 8-1 : Tipica Dragha Escavatrice (Backhoe Dredger) 'Mimar Sinan'



Figura 8-2 : Tipica bettolina (Split Hopper Barge) 'l'Aigle'

	TAP AG Nr. Doc.:	OPL00-C10713-160-G-TRE-0001	Nr. Rev.:	0
	Titolo Doc.:	Progetto costruttivo dell'uscita offshore del MT	Pagina:	26 of 95

8.1.1 Principi generali di funzionamento della draga escavatrice (Backhoe Dredger)

La draga escavatrice è un tipo comune di draga, generalmente non autopropulsa. Il componente principale è un escavatore idraulico montato su un pontone che esegue le operazioni di dragaggio.

Il metodo di lavoro della draga escavatrice è il seguente. La draga è rimorchiata in posizione da un rimorchiatore, una volta raggiunto il punto di lavoro essa viene fissata in posizione tramite le sue tre gambe. Prima di abbassare le gambe, la posizione esatta che è mostrata sul sistema di posizionamento DGPS è controllata per assicurare che le gambe si abbassino allineate alla trincea. La draga si sposterà poi nella posizione esatta di partenza utilizzando la gamba principale e la benna. La draga scaverà ad intervalli di 5 m di lunghezza. Quando la sezione di scavo è completata, la draga alzerà le gambe anteriori dal fondo del mare, sollevandole fino a circa 2 m sopra il fondo del mare. La gamba principale quindi sposterà la draga di 5 m lungo la trincea e un nuovo ciclo di dragaggio potrà ripartire.



Figura 8-3: Draga Escavatrice (Backhoe Dredger)

La draga è ancorata tramite tre gambe, tutte operabili tramite verricelli idraulici che sono controllati dalla cabina di guida.

Per il posizionamento orizzontale la draga utilizza un sistema GPS differenziale in combinazione con una girobussola.

Per controllare la posizione della benna, la draga è dotata di sistemi “digviewer” o simili. Questi sistemi misureranno:

- gli angoli per il braccio primario, braccio secondario e benna
- il pescaggio del pontone
- l'inclinazione del pontone
- rollio

L'operatore può seguire l'operazione di scavo su due schermi, uno per la posizione orizzontale della benna e l'altro per la posizione verticale. Il sistema consente all'operatore di seguire esattamente i movimenti e la profondità della benna, in modo da facilitare lo scavo e di avere uno scavo controllato entro i limiti progettuali.

In questo sistema, le profondità di dragaggio necessarie e gli angoli di inclinazione della trincea possono essere impostati nel computer, in modo che l'operatore può vedere sugli schermi le linee di scavo e la posizione della benna in relazione ai limiti prefissati.

	TAP AG Nr. Doc.:	OPL00-C10713-160-G-TRE-0001	Nr. Rev.:	0
	Titolo Doc.:	Progetto costruttivo dell'uscita offshore del MT	Pagina:	27 of 95

L'informazione sul livello dell'acqua sarà fornito da un mareografo collegato via radio. Il mareografo sarà posto in acqua vicino alla zona di dragaggio. La draga sarà dotata di un ricevitore radio collegato per monitorare il livello di marea durante l'operazione di dragaggio. Il "digviewer system" riceverà il livello della marea effettivo diverse volte al minuto in modo da aggiornare automaticamente la profondità di dragaggio.



Figura 8-4 :Tipica configurazione per dragaggio in profondità della draga escavatrice (Backhoe Dredger) 'Mimar Sinan'

8.1.2 Navi di supporto

A supporto dei lavori di dragaggio e scavo, sarà schierata una flotta composta da:

- una nave d'appoggio per rilievo batimetrico e ambientale
- una nave per il trasporto dell'equipaggio

8.1.3 Benne chiuse per la draga escavatrice (Backhoe Dredger)

Per i lavori di scavo effettuati dalla draga escavatrice (Backhoe Dredger), verranno utilizzate diverse benne chiuse appositamente costruite per la salvaguardia ambientale. La capacità di queste benne sarà compresa tra 8,5 e 10 metri cubi. Queste benne hanno una paratia mobile che permettere di chiudere la benna e limitare la dispersione di sedimenti marini durante le operazioni di dragaggio.

 Trans Adriatic Pipeline	TAP AG Nr. Doc.:	OPL00-C10713-160-G-TRE-0001	Nr. Rev.:	0
 SAIPEM	Titolo Doc.:	Progetto costruttivo dell'uscita offshore del MT	Pagina:	28 of 95

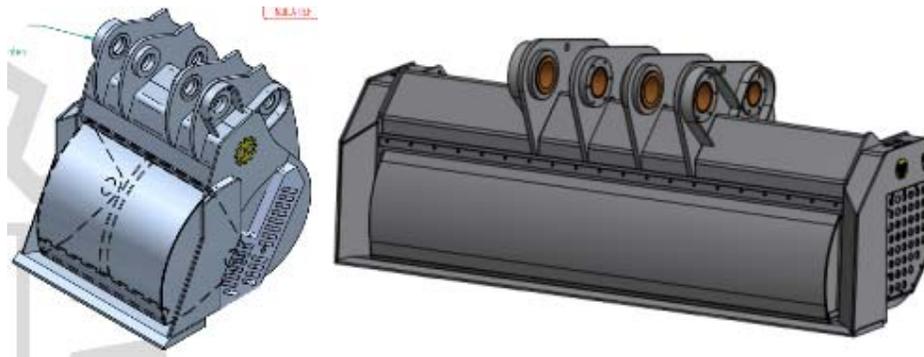


Figura 8-5 : Tipica benna chiusa per la salvaguardia ambientale per la draga escavatrice (Backhoe Dredger)

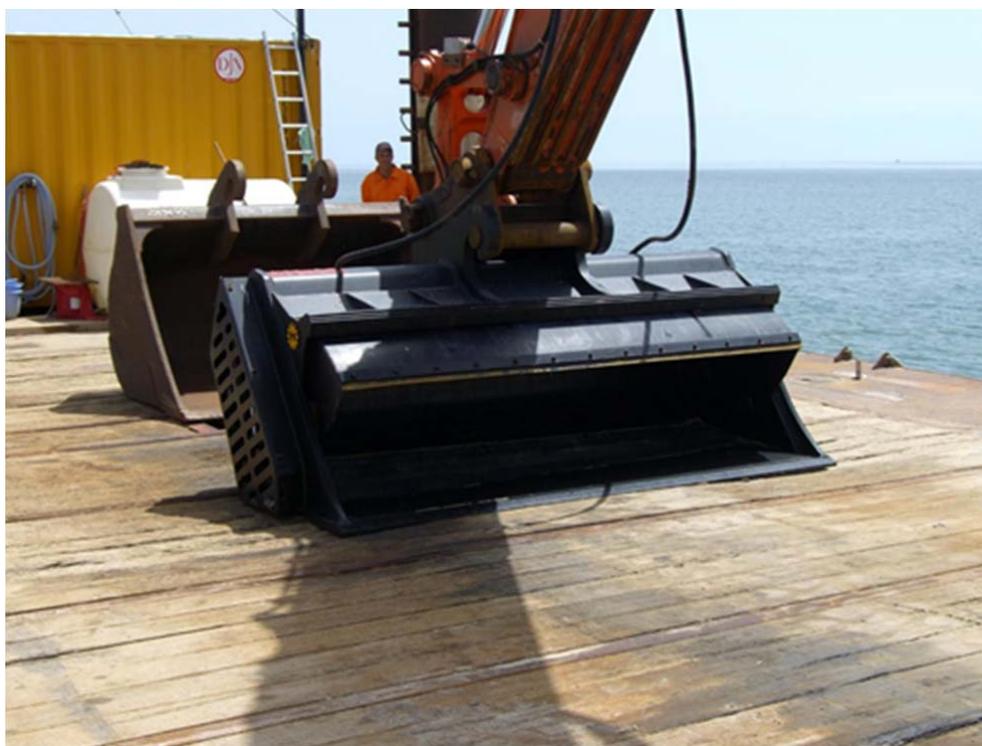


Figura 8-6 : Tipica benna chiusa per la salvaguardia ambientale per la draga escavatrice (Backhoe Dredger)

8.2 SCAVI CON LA DRAGA ESCAVATRICE

La draga escavatrice (Backhoe Dredger) 'Mimar Sinan' (o equivalente) verrà impiegata per eseguire le operazioni di sbancamento attorno alla TBM e la realizzazione della trincea.

Il materiale di scavo verrà caricato su idonee bettoline (Split Hopper Barge o similari), come 'l'Aigle' (o equivalente). Per minimizzare la torbidità, le bettoline non verranno caricate al massimo ('no overflow' policy) in modo da non avere sversamenti del materiale dragato nell'area dei lavori di scavo.

Una volta caricata, la singola bettolina farà rotta verso una zona vicina dove è possibile stare all'ancora o in porto dove rimarrà in stand-by fino a quando il materiale stoccato verrà trasferito a bordo della nave per l'installazione del materiale a caduta (Fall Pipe Vessel).

	TAP AG Nr. Doc.:	OPL00-C10713-160-G-TRE-0001	Nr. Rev.:	0
	Titolo Doc.:	Progetto costruttivo dell'uscita offshore del MT	Pagina:	29 of 95

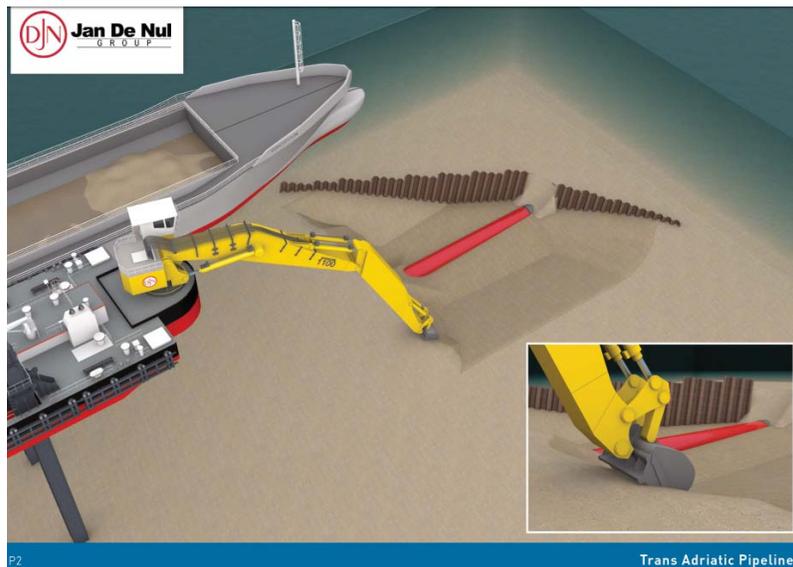


Figura 8-7 : Opere di scavo eseguite dal “Backhoe Dredger”



Figura 8-8 : “Bachoe Dredger” 'Mimar Sinan' con “Split Hopper Barge”

8.2.1 Pulizia intorno alla TBM

Dopo il completamento delle operazioni di dragaggio sarà eseguito un lavoro di pulizia attorno alla TBM.

Per questi lavori di pulizia intorno alla TBM, un tipo di benna chiusa di dimensioni inferiori, circa 6 – 8 metri cubi, verrà installata sul “Backhoe Dredger”. Questo permetterà il raggiungimento del terreno vicino alla TBM in modo da salvaguardare la TBM stessa e la larghezza del fondo della trincea.

Per aiutare l'operatore della draga escavatrice, verrà installato sulla benna un sistema di posizionamento subacqueo ed un ecoscandaglio che consentiranno la visualizzazione in tempo reale della situazione sotto la superficie marina. Inoltre, l'operatore sarà in grado di vedere la posizione della benna rispetto alla TBM. Insieme ai sistemi di posizionamento a bordo del “Backhoe Dredger” questo permetterà un posizionamento preciso della benna.

La TBM sarà scavata per circa i 2/3 del suo diametro su entrambi i lati al fine di mantenere la sua stabilità e prevenire rotolamenti laterali a causa delle correnti sottomarine. Il terreno

	TAP AG Nr. Doc.:	OPL00-C10713-160-G-TRE-0001	Nr. Rev.:	0
	Titolo Doc.:	Progetto costruttivo dell'uscita offshore del MT	Pagina:	30 of 95

restante intorno ai ganci di sollevamento sarà rimosso dai sommozzatori tramite una pompa idraulica.

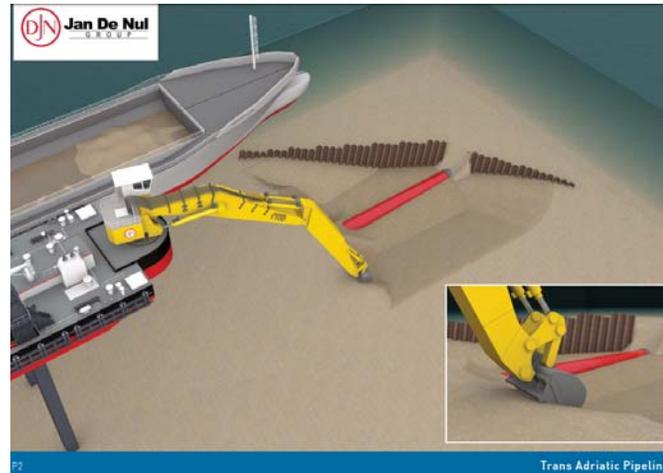


Figura 8-9 : Pulizia intorno alla TBM

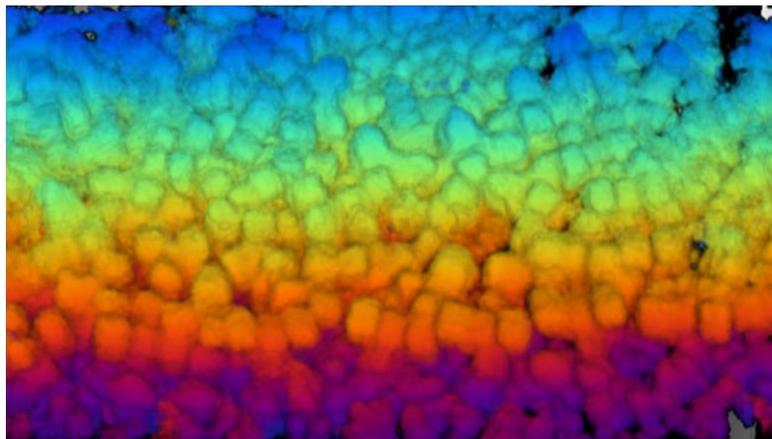


Figura 8-10 : Esempio di una vista subacquea con ecoscopio (in questo caso sono mostrati i tetrapodi in cemento armato che rivestono un pendio sottomarino)

8.2.2 Pulizia dopo il recupero della TBM

Una volta che la TBM è stata recuperata, una pulizia finale del profilo della trincea sarà eseguita dalla draga escavatrice in modo tale che il fondale sarà pronto per l'installazione del letto di ghiaia.

La pulizia finale intorno all'ultima sezione del microtunnel potrà essere eseguita da una squadra di sommozzatori con una pompa idraulica. Il materiale aspirato verrà immagazzinato a bordo di un mezzo navale.

 Trans Adriatic Pipeline	TAP AG Nr. Doc.:	OPL00-C10713-160-G-TRE-0001	Nr. Rev.:	0
 SAIPEM	Titolo Doc.:	Progetto costruttivo dell'uscita offshore del MT	Pagina:	31 of 95

8.3 INSTALLAZIONE DELL'ALLETAMENTO CON LA DRAGA ESCAVATRICE

L'allettamento è uno strato di ghiaia che viene posato, ove necessario, per rendere omogeneo il profilo della base della trincea. Per l'installazione del letto di ghiaia (se necessario), verrà utilizzata la stessa draga escavatrice (Backhoe Dredger) 'Mimar Sinan' (o equivalente).



Figura 8-11 : Tipica draga escavatrice 'Mimar Sinan'

Per l'installazione dell'allettamento, la ghiaia verrà trasportata presso la draga escavatrice per mezzo di un piccolo pontone/bettolina che sarà ormeggiato a fianco della draga escavatrice. Quest'ultima prenderà la ghiaia dal pontone e la poserà sulla base della trincea.

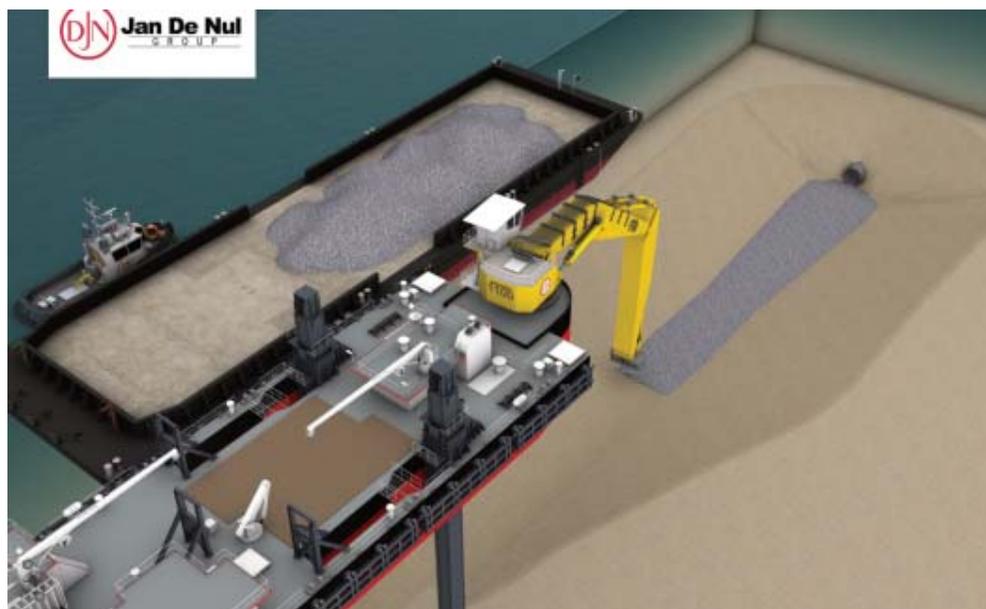


Figura 8-12 :Tipica installazione dell'allettamento

	TAP AG Nr. Doc.:	OPL00-C10713-160-G-TRE-0001	Nr. Rev.:	0
	Titolo Doc.:	Progetto costruttivo dell'uscita offshore del MT	Pagina:	32 of 95



Figura 8-13 : Tipica installazione dell'allettamento

8.4 PROGRAMMA LAVORI DELLE OPERAZIONI DI SCAVO

La schedula esecutiva è riportata nella sezione 17.8. Le date indicate si riferiscono all'attuale schedula di progetto, ma possono subire variazioni durante lo sviluppo/esecuzione dello stesso.

Le durate presentate, contengono già una previsione di fermo meteo e meccanico, sono stimate e possono variare sulla base dell'effettivo verificarsi dei fermi per condizioni meteo e/o meccaniche o possibili ottimizzazioni durante la reale esecuzione dei lavori.

8.5 DATI DI PRODUTTIVITÀ ORARIA DURANTE L'OPERAZIONE DI SCAVO

Dati di produttività di scavo		
Produttività media (1)	m ³ /ora	21,8
Produttività media escludendo i tempi in cui non viene scavato materiale (2)	m ³ /ora	60
Produttività di picco	m ³ /ora	300

Note

(1): La produttività media è ottenuta dividendo il volume (con tolleranze) da scavare per il tempo totale in cui la draga sarà presso il sito di scavo. Nel tempo totale in cui la draga sarà presso il sito di scavo sono comprese pause per fermi macchina, fermi causa meteo, attese per posizionamento draga, attese per rilevamenti geofisici, etc.

(2): Produttività media escludendo i tempi in cui non viene scavato materiale è ottenuta dividendo il volume (con tolleranze) da scavare per il tempo effettivo delle operazioni di scavo. Non sono quindi compresi nel tempo effettivo delle operazioni di scavo i fermi macchina, i fermi causa meteo, le attese per posizionamento draga, le attese per rilevamenti geofisici, etc.

8.6 DATI DI PRODUTTIVITÀ ORARIA DURANTE L'OPERAZIONE DI DEPOSITO DI GHIAIA DURANTE L'INSTALLAZIONE DELL'ALLETAMENTO

Dati di produttività di deposito ghiaia durante l'installazione dell'allettamento		
Produttività media (1)	ton/ora	75
Produttività di picco	ton/ora	200

Note

(1): La produttività media è ottenuta dividendo il volume (con tolleranze) da installare per il tempo totale in cui la draga escavatrice sarà presso il sito di installazione della ghiaia. Nel tempo totale in cui la draga escavatrice sarà presso il sito di scavo sono comprese pause per fermi macchina, fermi causa meteo, attese per posizionamento draga, attese per rilevamenti geofisici, etc.

	TAP AG Nr. Doc.:	OPL00-C10713-160-G-TRE-0001	Nr. Rev.:	0
	Titolo Doc.:	Progetto costruttivo dell'uscita offshore del MT	Pagina:	33 of 95

9. RECUPERO DELLA TBM

9.1 ATTREZZATURE

Per il recupero della TBM saranno utilizzate le seguenti attrezzature:

- Multicat 'DN203' (o equivalente), per sollevare e trasportare la TBM;
- Draga escavatrice (Backhoe Dredger) 'Mimar Sinan' (o equivalente), come sistema di ancoraggio per il multicat;
- Gru di terra per il sollevamento in banchina.

9.2 RECUPERO DELLA TBM CON L'ASSISTENZA DEL MULTICAT

La procedura di recupero della TBM inizierà dopo che la TBM avrà raggiunto il punto finale.

Le seguenti attività dovranno essere finalizzate prima del recupero (il modulo di spinta dovrà essere completamente sigillato, tutte le attrezzature utilizzate per realizzare il microtunnel dovranno essere rimosse).

Le seguenti attività offshore dovranno essere eseguite:

1. Posizionamento delle attrezzature;
2. Scavo per il recupero della TBM;
3. Collegamento del bilancino di sollevamento della TBM (con l'assistenza dei sommozzatori);
4. Recupero della TBM;
5. Trasporto della TBM verso la banchina portuale dove sarà recuperata con l'assistenza di una gru di terra.

9.2.1 Posizionamento dei mezzi navali

Il multicat 'DN203' (o equivalente) sarà ormeggiato alla draga escavatrice 'Mimar Sinan' (o equivalente) e posizionato perpendicolarmente rispetto alla TBM.

9.2.2 Scavo per il recupero della TBM

Il terreno al di sopra della TBM verrà scavato con l'ausilio di una benna chiusa piccola che sarà montata sulla draga escavatrice per riuscire ad arrivare in prossimità della TBM mantenendo comunque una distanza minima di sicurezza dalla TBM e garantendo la larghezza di fondo trincea.

Al fine di dare la necessaria assistenza all'operatore della draga escavatrice per il posizionamento subacqueo, un ecoscopio acustico sarà montato sulla draga escavatrice consentendo un monitoraggio in tempo reale dell'attività subacquea. L'operatore potrà così verificare la posizione della benna rispetto alla TBM. L'ecoscopio insieme al sistema di posizionamento installato a bordo della draga escavatrice consentiranno di effettuare un posizionamento accurato della benna.

Lo scavo del terreno sarà effettuato per 2/3 del diametro della TBM su entrambi i lati al fine di garantire la stabilità della stessa e prevenire eventuali rotolamenti della stessa sotto l'azione della corrente sottomarina.

9.2.3 Collegamento del bilancino di sollevamento alla TBM

I sommozzatori ripuliranno la parte superiore della TBM con l'ausilio di una pompa idraulica, il materiale aspirato verrà immagazzinato a bordo di un mezzo navale. Successivamente i

	TAP AG Nr. Doc.:	OPL00-C10713-160-G-TRE-0001	Nr. Rev.:	0
	Titolo Doc.:	Progetto costruttivo dell'uscita offshore del MT	Pagina:	34 of 95

sommozzatori collegheranno i ganci di sollevamento alla parte superiore della TBM. Per consentire questa operazione, i sommozzatori dovranno assicurarsi di aver pulito bene lo spazio tra le viti filettate e i ganci di sollevamento.

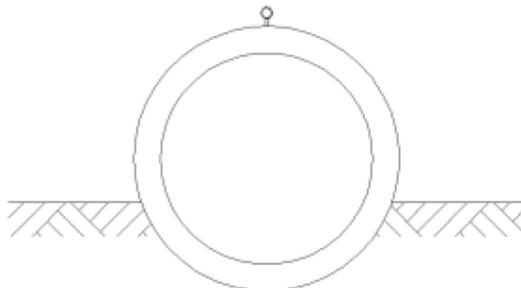


Figure 9-1: Vista frontale della macchina perforante (TBM)

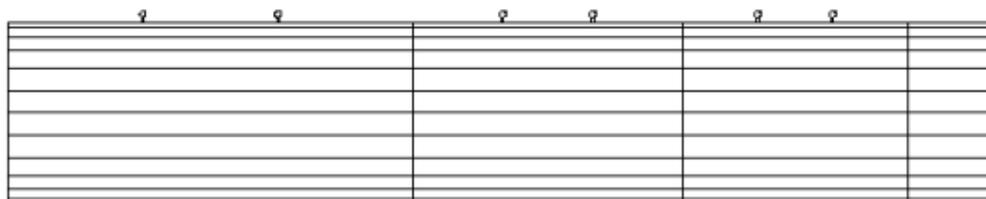


Figure 9-2: Vista laterale della macchina perforante (TBM)

Dopo aver collegato idoneamente i ganci di sollevamento alla TBM, la gru del multicat ammainerà il bilancino di sollevamento, posizionato sul rullo di prua e collegato al verricello principale della capacità di circa 200T, così che i sommozzatori possano collegare il bilancino ai ganci di sollevamento.

9.2.4 Sollevamento della TBM

Una volta che il collegamento del bilancino alla TBM è correttamente completato, il multicat solleverà la TBM al di fuori della trincea. I sommozzatori si assicureranno che l'imbragatura di sollevamento sia ben collegata. Ricevuta conferma, il multicat continuerà con le operazioni di sollevamento fino a portarsi la TBM contro la paratia frontale.

 Trans Adriatic Pipeline	TAP AG Nr. Doc.:	OPL00-C10713-160-G-TRE-0001	Nr. Rev.:	0
 SAIPEM	Titolo Doc.:	Progetto costruttivo dell'uscita offshore del MT	Pagina:	35 of 95

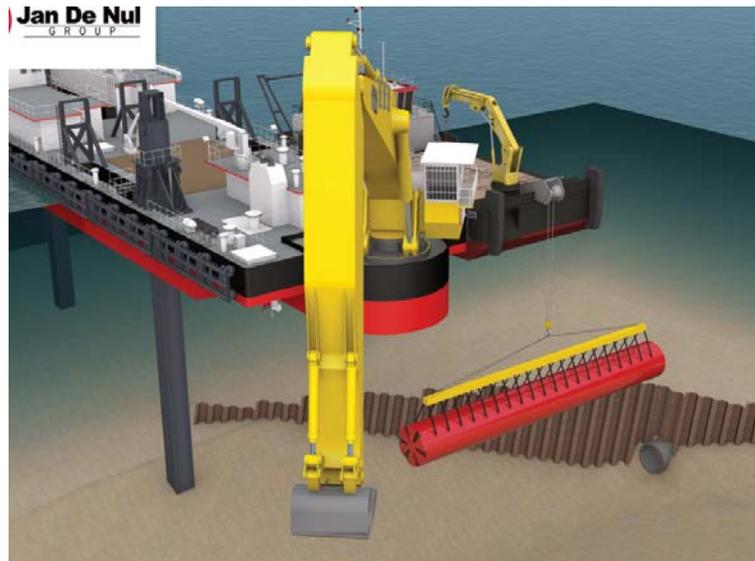


Figure 9-3: Sollevamento della TBM

9.2.5 Trasporto della TBM verso la banchina portuale e recupero

Una volta che la TBM sarà rizzata contro la paratia frontale del multicat 'DN203' (o equivalente), il multicat inizierà a trainare la TBM verso il porto dove sarà recuperata con l'assistenza di una gru di terra e riposizionata sul suo piedistallo.

	TAP AG Nr. Doc.:	OPL00-C10713-160-G-TRE-0001	Nr. Rev.:	0
	Titolo Doc.:	Progetto costruttivo dell'uscita offshore del MT	Pagina:	36 of 95

10. CARATTERISTICHE DEL TERRAPIENO

Dopo lo scavo della trincea e prima dell'installazione della condotta e del FOC, verrà costruito un terrapieno in pietrame avente lo scopo di facilitare le operazioni di tiro a terra (pull-in) e generare una superficie di transizione regolare tra la trincea e il fondale marino naturale.

Il pietrame deve soddisfare i requisiti specifici del progetto e sarà costituito da un materiale di cava frantumato, con spigoli vivi, non inquinante e chimicamente stabile. Non dovrà inoltre contenere residui di ferro, limo, gesso, residui vegetali o altre sostanze potenzialmente deteriorabili.

Saranno utilizzati materiali di elevata resistenza, non sarà utilizzato materiale sfaldabile o di forma allungata.

Maggiori dettagli sono forniti qui sotto:

- Angolo di attrito interno 38°
- Densità 20 KN/m³
- Granulometria, secondo la Tabella 10-1

	Valore nominale	Min	Max
D_{max}	--	--	125mm
D₉₀	100mm	90mm	115mm
D₅₀	60mm	50mm	70mm
D₅	22mm	16mm	32mm

Definizioni:

D_{max}: Massimo diametro della ghiaia

D₉₀, D₅₀, D₅: Diametri corrispondenti al 90%, 50% , 5% di materiale passante (in peso)

Tabella 10-1 – Tipica distribuzione granulometrica per un intervento con ghiaia

	TAP AG Nr. Doc.:	OPL00-C10713-160-G-TRE-0001	Nr. Rev.:	0
	Titolo Doc.:	Progetto costruttivo dell'uscita offshore del MT	Pagina:	37 of 95

10.1 GEOMETRIA (PLANIMETRIA + SEZIONI)

Il terrapieno si estende da KP 103,150 a KP 103,288 (Punto C e Punto D della Figura 10-1). Le caratteristiche del terrapieno sono riassunte nella Tabella 10-2 e in Figura 10-1.

Il disegno nell'allegato 17.1 contiene una descrizione dettagliata della configurazione.

In particolare si evidenzia che la larghezza in sommità deve essere di 12m per consentire il varo di condotta e FOC con le abituali tolleranze di posa.

La pendenza longitudinale è, nel tratto, iniziale di $0^{\circ} 33' 14''$, quindi di $0^{\circ} 51' 41''$ nel tratto di transizione e di $1^{\circ} 10' 6,6''$ nel tratto finale. Il terrapieno è costruito con pietrame di pezzatura selezionata (Tabella 10-1). La pendenza laterale è stimata prudenzialmente intorno ai 18° (pendenza 1:3).

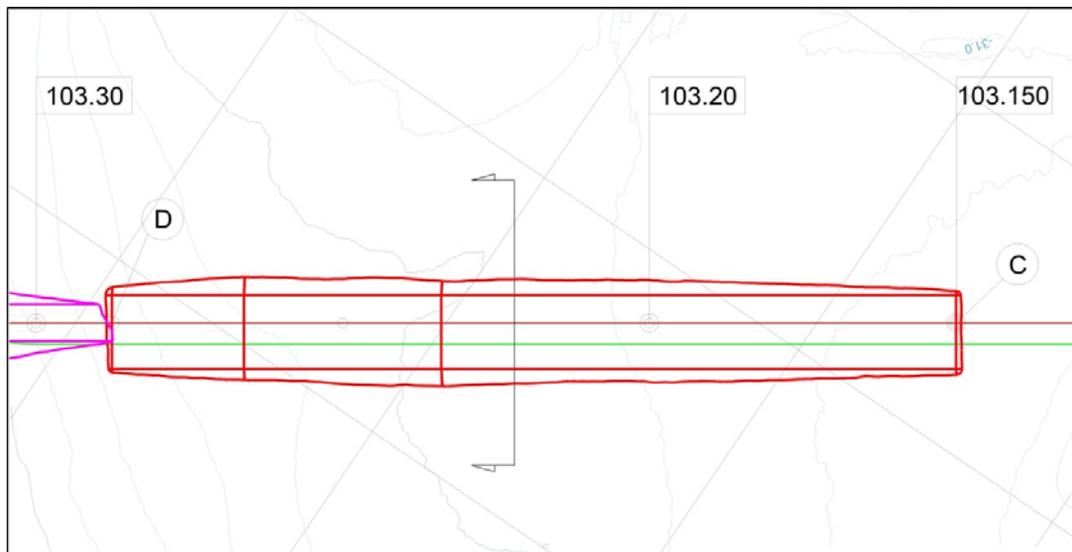


Figura 10-1 Planimetria del terrapieno

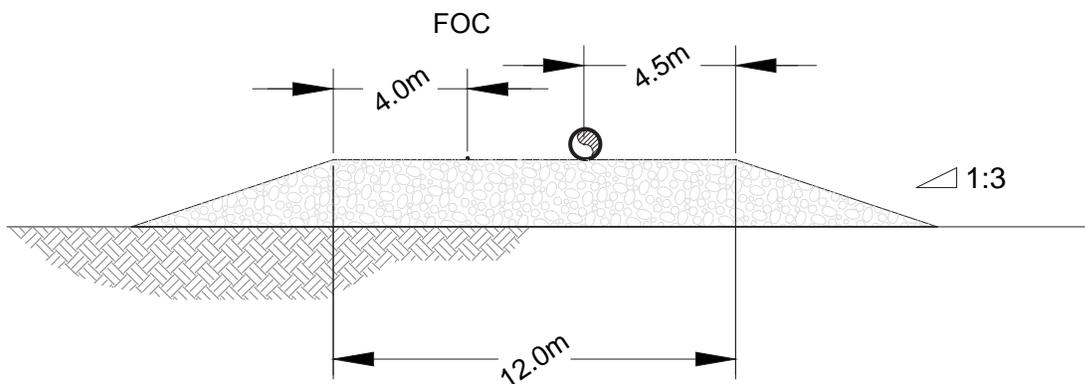


Figura 10-2 Sezione tipica del terrapieno

	TAP AG Nr. Doc.:	OPL00-C10713-160-G-TRE-0001	Nr. Rev.:	0
	Titolo Doc.:	Progetto costruttivo dell'uscita offshore del MT	Pagina:	38 of 95

10.2 VOLUMI

Terrapieno		
Lunghezza	m	138
Altezza massima	m	0,98
Larghezza in sommità	m	12
Pendenza laterale		1/3
Pendenza longitudinale (lato tunnel)	(°)	0°33'14"
Lunghezza della transizione	m	32
Pendenza longitudinale nella transizione	(°)	0°51'41"
Pendenza longitudinale (lato offshore)	(°)	1°10'6,6"
Punto iniziale		
KPof	km	103,150
Est	m	279.369
Nord	m	4.466.168
Punto finale		
KPof	km	103,288
Est	m	279.255
Nord	m	4.466.091
Volumi di pietrame		
Volume nominale	m ³	1.130
Tolleranza positiva di altezza	m	0,4
Volume totale stimato inclusa tolleranza positiva di altezza	m ³	1.850

Nota (1) Il pietrame deve avere una pezzatura selezionata (Tabella 10-1)

Tabella 10-2 - Caratteristiche del terrapieno all'approdo italiano

	TAP AG Nr. Doc.:	OPL00-C10713-160-G-TRE-0001	Nr. Rev.:	0
	Titolo Doc.:	Progetto costruttivo dell'uscita offshore del MT	Pagina:	39 of 95

11. INSTALLAZIONE DEL TERRAPIENO DI GHIAIA

11.1 NAVE DI INSTALLAZIONE

Per l'installazione della ghiaia al terrapieno, sarà mobilizzata presso il sito di progetto la nave FPV "Adhémar de Saint-Venant" (o equivalente). Questa nave ha una capacità di carico di ghiaia fino a 5.100 tonnellate e può installare ghiaia per mezzo di un condotto di caduta flessibile o di caduta inclinato.

Due grandi escavatori idraulici sono montati sul ponte. Durante il caricamento della nave alla cava o al sito, gli escavatori vengono utilizzati per caricare o livellare il materiale, in modo da ottimizzare il carico complessivo.

La nave per l'installazione della ghiaia l'"Adhémar de Saint-Venant" (o equivalente) è dotata di propulsori azimutali a poppa e a prua oltre che di potenti propulsori a prua che possono essere gestiti dal sistema di posizionamento dinamico (DP2).



Figura 11-1 Nave 'Adhémar de Saint'

11.2 INSTALLAZIONE DI GHIAIA AL TERRAPIENO DA PARTE DELLA NAVE

I lavori saranno eseguiti seguendo una sequenza simile a quella sottostante:

- La nave sarà caricata con ghiaia;
- Una volta che la nave è stata caricata si dirigerà verso il sito del progetto;
- Prima dell'installazione della ghiaia, il sovrintendente definirà la sequenza delle attività (rilevamento geofisico preliminare, installazione della ghiaia e rilevamenti geofisici finali). Inoltre terrà conto delle condizioni climatiche, delle correnti, dei vincoli del sito, dello stato di carico di ghiaia a bordo della nave, ecc.;
- Una volta arrivati nel sito di progetto, la nave entrerà in modalità DP. I controlli di posizione utilizzando il DP saranno fatti prima di iniziare i lavori;
- La nave inizierà le attività di rilevamento geofisico;
- Una volta che le attività di rilevamento geofisico di una certa sezione sono state completate, sarà generato il DTM relativo a questa sezione;
- Dopo il rilevamento geofisico preliminare verrà installata la ghiaia

	TAP AG Nr. Doc.:	OPL00-C10713-160-G-TRE-0001	Nr. Rev.:	0
	Titolo Doc.:	Progetto costruttivo dell'uscita offshore del MT	Pagina:	40 of 95

- Dopo l'installazione di ghiaia, verrà effettuato il rilevamento geofisico finale
- Una volta che la nave è vuota, la nave ritornerà nel porto di partenza per effettuare un nuovo carico.

Un sistema di garanzia della qualità sarà implementato al fine di assicurare che la ghiaia fornita sia in linea con i requisiti di progetto. Questo sistema di garanzia della qualità riguarderà anche i sistemi di installazione della ghiaia e di rilevamento per assicurare che la ghiaia sia installata in base a quanto definito nello scopo del lavoro.



Figura 11-2 Riempimento del terrapieno da parte della nave

11.3 PROGRAMMA LAVORI PER INSTALLAZIONE DEL TERRAPIENO

La schedula esecutiva è riportata nella sezione 17.8. Le date indicate si riferiscono all'attuale schedula di progetto, ma possono subire variazioni durante lo sviluppo/esecuzione dello stesso.

Le durate presentate, contengono già una previsione di fermo meteo e meccanico, sono stimate e possono variare sulla base dell'effettivo verificarsi dei fermi per condizioni meteo e/o meccaniche o possibili ottimizzazioni durante la reale esecuzione dei lavori.

11.4 DATI DI PRODUTTIVITÀ ORARIA DURANTE L'INSTALLAZIONE DEL TERRAPIENO

Dati di produttività durante installazione del terrapieno		
Produttività media (1)	ton/ora	474
Produttività media escludendo i tempi in cui non viene installato materiale (2)	ton/ora	532
Produttività di picco	ton/ora	1000

Note

(1): La produttività media è ottenuta dividendo il volume (con tolleranze) da installare per il tempo totale in cui il fall pipe vessel sarà presso il sito di installazione della ghiaia. Nel tempo totale in cui il fall pipe vessel sarà presso il sito di installazione della ghiaia sono comprese pause per fermi macchina, fermi causa meteo, attese per posizionamento del mezzo navale, attese per rilevamenti geofisici, etc.

(2): Produttività media escludendo i tempi in cui non viene installato materiale è ottenuta dividendo il volume (con tolleranze) da installare per il tempo effettivo delle operazioni di installazione della ghiaia. Non sono quindi compresi nel tempo effettivo delle operazioni di installazione della ghiaia i fermi macchina, i fermi causa meteo, le attese per posizionamento del mezzo navale, le attese per rilevamenti geofisici, etc.

	TAP AG Nr. Doc.:	OPL00-C10713-160-G-TRE-0001	Nr. Rev.:	0
	Titolo Doc.:	Progetto costruttivo dell'uscita offshore del MT	Pagina:	41 of 95

12. INSTALLAZIONE DELLA BOCCA DI INVITO DELLA CONDOTTA E DEL CAVO A FIBRA OTTICA

Per assicurare che durante il tiro verso terra della condotta e del cavo a fibra ottica quest'ultimi non vengano danneggiati, è prevista l'installazione di bocche d'invito all'ingresso del microtunnel che limitino gli attriti localizzati.

Le bocche d'invito verranno sollevate e installate con l'ausilio di un mezzo navale e di una squadra di sommozzatori.

Nel caso in cui l'uscita del microtunnel sia ostruita da materiale, esso potrà essere rimosso dai sommozzatori attraverso l'uso di pompe. Il materiale aspirato verrà immagazzinato a bordo di un mezzo navale.



Figura 12-1: Esempio di installazione di bocca d'invito del gasdotto

	TAP AG Nr. Doc.:	OPL00-C10713-160-G-TRE-0001	Nr. Rev.:	0
	Titolo Doc.:	Progetto costruttivo dell'uscita offshore del MT	Pagina:	42 of 95

13. INSTALLAZIONE DEL CAVO DI TIRO DEL GASDOTTO

Il cavo di tiro del gasdotto verrà portato a mare, e posizionato a bordo o a lato della draga escavatrice 'Mimar Sinan'.

Il cavo di tiro verrà collegato alla messaggera precedentemente installata all'interno del microtunnel e in seguito verrà tirato verso terra con l'ausilio di un verricello.



Figura 13-1: Tipico verricello per il tiro del gasdotto.

 Trans Adriatic Pipeline	TAP AG Nr. Doc.:	OPL00-C10713-160-G-TRE-0001	Nr. Rev.:	0
 SAIPEM	Titolo Doc.:	Progetto costruttivo dell'uscita offshore del MT	Pagina:	43 of 95

14. INSTALLAZIONE DELLA GRIGLIA ALL'USCITA DEL MICROTUNNEL

Al completamento delle operazioni di tiro della condotta e del cavo a fibra ottica, verrà installata una griglia di metallo all'uscita a mare del Microtunnel. La griglia ha due scopi:

- impedire l'ingresso di pesci e sommozzatori all'interno del Microtunnel
- permettere il passaggio di acqua all'interno del microtunnel dato che l'acqua necessaria al collaudo verrà aspirata attraverso il microtunnel.

	TAP AG Nr. Doc.:	OPL00-C10713-160-G-TRE-0001	Nr. Rev.:	0
	Titolo Doc.:	Progetto costruttivo dell'uscita offshore del MT	Pagina:	44 of 95

15. LAVORI DI RIPRISTINO ALL'USCITA DEL MICROTUNNEL

L'operazione di riempimento da eseguire per i lavori finali di ripristino sono divisi in due attività principali.

La prima operazione di riempimento verrà eseguita dopo il tiro a terra della condotta e del cavo a fibra ottica. La trincea sarà parzialmente riempita con materiale ghiaioso in modo da ottenere una copertura della parte superiore del gasdotto di circa 1 metro. Per questa operazione verrà utilizzata una nave per installazione di roccia con tubo di caduta (FPV).

La seconda parte del riempimento sarà fatta dopo il collaudo del gasdotto. La trincea scavata verrà completamente riempita con terreno precedentemente scavato. Per questa operazione verrà utilizzata una nave per installazione di ghiaia con tubo di caduta (FPV).

Tra la prima e la seconda fase del riempimento sarà effettuata l'installazione dei sacchi di sabbia all'uscita a mare del microtunnel. Lo scopo dell'installazione dei sacchi di sabbia è quello di chiudere l'uscita a mare del microtunnel.

15.1 INSTALLAZIONE DI GHIAIA DALLA NAVE POSA GHIAIA (FPV)

15.1.1 Attrezzatura

Per l'installazione di ghiaia è previsto l'utilizzo della nave 'Simon Stevin' (o equivalente) dotata di posizionamento dinamico e di un tubo di installazione roccia. La nave ha una capacità di carico netto di 32.500 tonnellate.



Figura 15-1 : FPV 'Simon Stevin'

Le parti principali della nave sono:

- lo scafo, che contiene i motori, la propulsione, la zona equipaggio, il ponte con il controllo di navigazione, l'eliporto;
- le 2 stive con una capacità massima totale di 22.000 m³ o 32.500 tonnellate;
- la torre di caduta rocce.

	TAP AG Nr. Doc.:	OPL00-C10713-160-G-TRE-0001	Nr. Rev.:	0
	Titolo Doc.:	Progetto costruttivo dell'uscita offshore del MT	Pagina:	45 of 95

Due grandi escavatori idraulici sono montati al centro di ciascuna stiva. Durante l'installazione roccia questi escavatori sono utilizzati per alimentare il nastro trasportatore che porta alla torre di caduta.

La torre di caduta è costituita da una tramoggia con un nastro trasportatore che alimenta il tubo caduta. L'estremità esterna del tubo di caduta è dotato di un ROV, per il posizionamento preciso del tubo di caduta durante l'installazione di ghiaia.

Il processo di installazione di ghiaia è controllato dalla FPROV ("Fall Pipe Remote Operated Vehicle") nella parte inferiore del tubo di caduta, che insieme alla posizione della nave, determina la posizione della ghiaia installata.



Figura 15-2 Installazione di ghiaia

15.1.2 Lavori di installazione della ghiaia

I lavori saranno eseguiti in una sequenza simile alla seguente:

- La nave sarà caricata con ghiaia;
- Una volta che la nave è carica si farà rotta verso il sito del progetto;
- Prima dell'installazione della ghiaia, il sovrintendente definirà la sequenza del rilevamento geofisico iniziale, dell'installazione della ghiaia e del rilevamento geofisico finale. Il sovrintendente considererà il meteo, le correnti, i vincoli del sito, carico di ghiaia, ecc.;
- Una volta arrivati nel campo, la nave entrerà in modalità DP. I controlli di posizione saranno fatti prima di procedere con i lavori veri e propri;
- La nave inizierà le attività di rilevamento geofisico;
- Una volta che le attività di rilevamento geofisico di una certa sezione sono state completate, sarà generato il DTM relativo a questa sezione;
- Dopo il rilevamento geofisico preliminare verrà installata la ghiaia;
- Dopo l'installazione della ghiaia, si effettuerà il rilevamento geofisico finale;
- Una volta che la nave è vuota, navigherà di nuovo verso il porto per ricaricare la ghiaia.

 Trans Adriatic Pipeline	TAP AG Nr. Doc.:	OPL00-C10713-160-G-TRE-0001	Nr. Rev.:	0
 SAIPEM	Titolo Doc.:	Progetto costruttivo dell'uscita offshore del MT	Pagina:	46 of 95



Figura 15-32 : Installazione della ghiaia con (FPV) 'Simon Stevin'

Un sistema di garanzia della qualità sarà attuato. Questo sistema di garanzia della qualità riguarderà i sistemi di installazione della ghiaia e quelli di indagine per assicurare che la ghiaia è stata installata secondo i requisiti dello scopo del lavoro.

15.2 INSTALLAZIONE DEL MATERIALE PRECEDENTEMENTE DRAGATO CON NAVE POSA GHIAIA (FPV)

15.3 ATTREZZATURA

Anche per l'installazione del materiale precedentemente scavato e lasciato sulle bettoline , verrà utilizzata la nave 'Simon Stevin' (o equivalente).



Figura 15-4 : FPV 'Simon Stevin'

15.4 L'INSTALLAZIONE DEI MATERIALI PRECEDENTEMENTE DRAGATI CON IL FPV

I materiali di scavo che sono stati caricati sulle bettoline saranno caricati sulla FPV 'Simon Stevin' utilizzando nastri trasportatori.

	TAP AG Nr. Doc.:	OPL00-C10713-160-G-TRE-0001	Nr. Rev.:	0
	Titolo Doc.:	Progetto costruttivo dell'uscita offshore del MT	Pagina:	47 of 95

Al termine delle operazioni di carico, la FPV 'Simon Stevin' navigherà alla posizione di uscita microtunnel e installerà i materiali nella trincea e fino al ripristino del profilo naturale del fondo marino.

Il FPV 'Simon Stevin' è equipaggiato da un sistema di tubi a caduta chiuso. Come tale, la dispersione del materiale sarà limitato dato che i materiali saranno guidati all'interno del tubo di caduta.

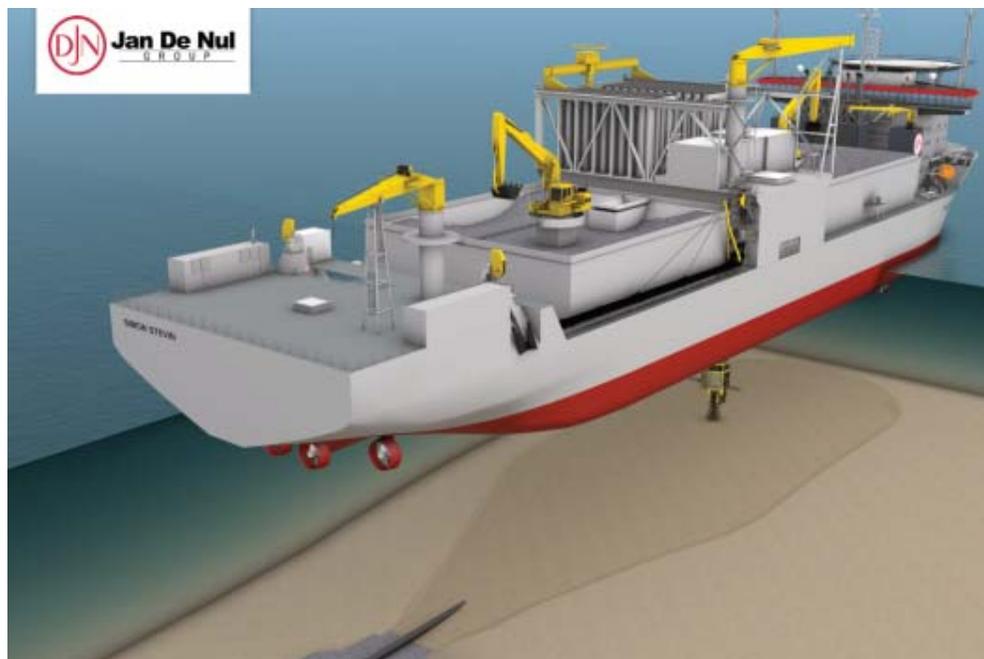


Figura 15-5 : Installazione del materiale precedentemente dragato all'interno della trincea con l'utilizzo del FPV 'Simon Stevin'

15.5 PROGRAMMA LAVORI DEL RIEMPIMENTO DELLA TRINCEA

La schedula esecutiva è riportata nella sezione 17.8. Le date indicate si riferiscono all'attuale schedula di progetto, ma possono subire variazioni durante lo sviluppo/esecuzione dello stesso.

Le durate presentate, contengono già una previsione di fermo meteo e meccanico, sono stimate e possono variare sulla base dell'effettivo verificarsi dei fermi per condizioni meteo e/o meccaniche o possibili ottimizzazioni durante la reale esecuzione dei lavori.

15.6 DATI DI PRODUTTIVITÀ ORARIA DURANTE L'INSTALLAZIONE DEL RICOPRIMENTO CON GHIAIA

Dati di produttività durante installazione del ricoprimento con ghiaia		
Produttività media (1)	ton/ora	500
Produttività media escludendo i tempi in cui non viene installato materiale (2)	ton/ora	750
Produttività di picco	ton/ora	1000

Note

(1): La produttività media è ottenuta dividendo il volume (con tolleranze) da installare per il tempo totale in cui il fall pipe vessel sarà presso il sito di installazione della ghiaia. Nel tempo totale in cui il fall pipe vessel sarà presso il sito di installazione della ghiaia sono comprese pause per fermi macchina, fermi causa meteo, attese per posizionamento del mezzo, attese per rilevamenti geofisici, etc.

	TAP AG Nr. Doc.:	OPL00-C10713-160-G-TRE-0001	Nr. Rev.:	0
	Titolo Doc.:	Progetto costruttivo dell'uscita offshore del MT	Pagina:	48 of 95

(2): Produttività media escludendo i tempi in cui non viene installato materiale è ottenuta dividendo il volume (con tolleranze) da installare per il tempo effettivo delle operazioni di installazione della ghiaia. Non sono quindi compresi nel tempo effettivo delle operazioni di installazione della ghiaia i fermi macchina, i fermi causa meteo, le attese per posizionamento del mezzo navale, le attese per rilevamenti geofisici, etc.

15.7 DATI DI PRODUTTIVITÀ ORARIA DURANTE L'INSTALLAZIONE DEL RICOPRIMENTO CON MATERIALE DI RISULTA

Dati di produttività durante installazione del ricoprimento con materiale di risulta		
Produttività media (1)	ton/ora	150
Produttività di picco	ton/ora	1200

Note

(1): La produttività media è ottenuta dividendo il volume (con tolleranze) da installare per il tempo totale in cui il fall pipe vessel sarà presso il sito di installazione del materiale di risulta. Nel tempo totale in cui il fall pipe vessel sarà presso il sito di installazione del materiale di risulta sono comprese pause per fermi macchina, fermi causa meteo, attese per posizionamento del mezzo navale, attese per rilevamenti geofisici, etc.

 Trans Adriatic Pipeline	TAP AG Nr. Doc.:	OPL00-C10713-160-G-TRE-0001	Nr. Rev.:	0
 SAIPEM	Titolo Doc.:	Progetto costruttivo dell'uscita offshore del MT	Pagina:	49 of 95

16. RIMOZIONE DI PALANCOLE

Il metodo di rimozione delle palancole è lo stesso dell'installazione. A parte la dima di posizionamento che non è più necessaria, l'intera operazione è eseguita in ordine inverso rispetto all'installazione. La rimozione delle due pareti di palancole verrà effettuata una volta che il riempimento della trincea è stato completato.

Per la rimozione verrà utilizzato il martello vibrante.

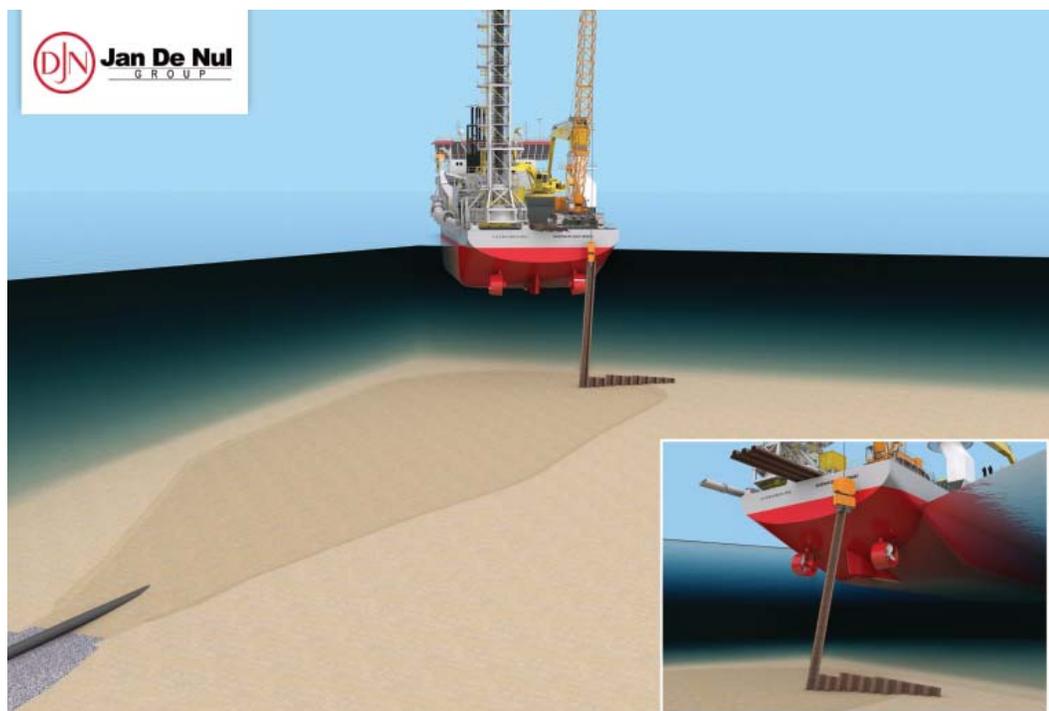
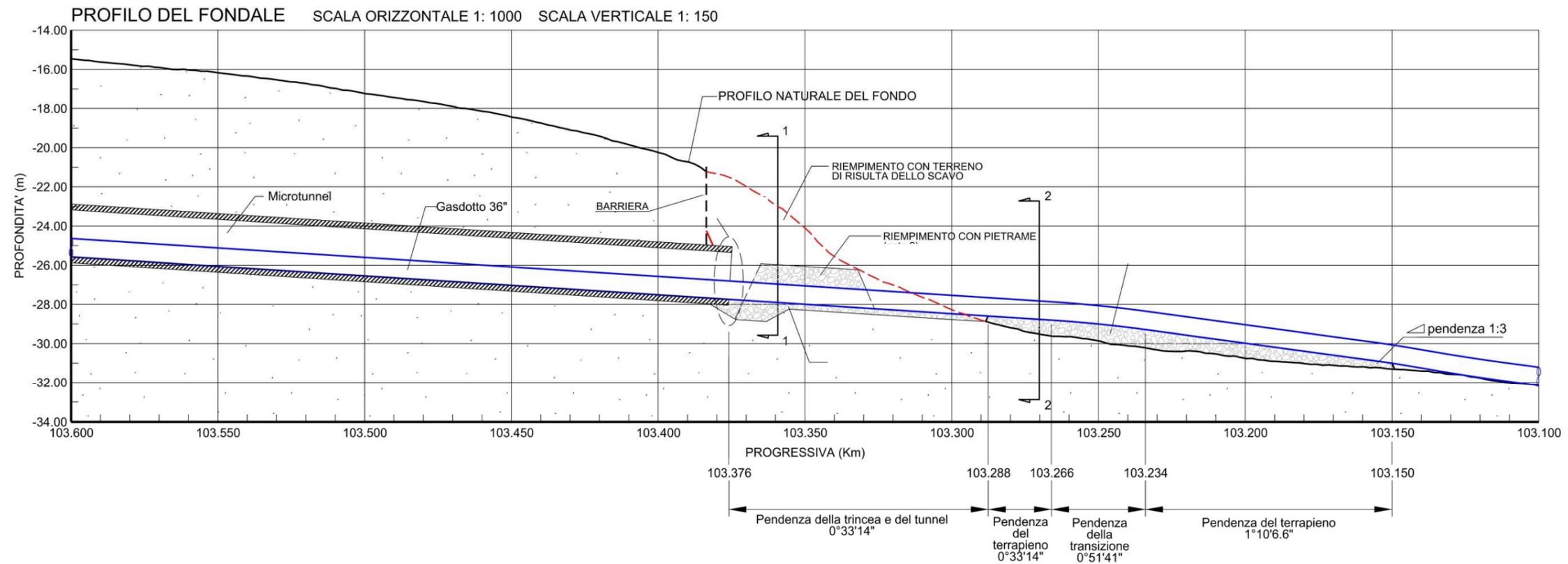
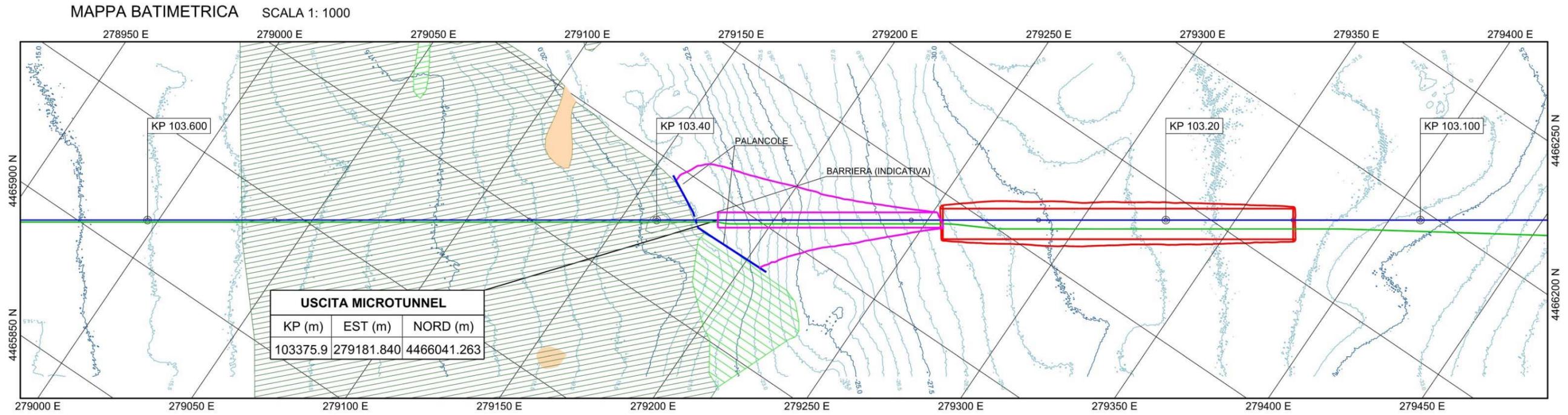


Figura 16-1: Estrazione delle palancole

 Trans Adriatic Pipeline	TAP AG Nr. Doc.:	OPL00-C10713-160-G-TRE-0001	Nr. Rev.:	0
 SAIPEM	Titolo Doc.:	Progetto costruttivo dell'uscita offshore del MT	Pagina:	50 of 95

17. ALLEGATI

17.1 GENERAL LAYOUT DRAWING



	TAP AG Nr. Doc.:	OPL00-C10713-160-G-TRE-0001	Nr. Rev.:	0
	Titolo Doc.:	Progetto costruttivo dell'uscita offshore del MT	Pagina:	52 of 95

17.2 ANALISI DELLA SEDIMENTAZIONE ALL'INTERNO DELLA TRINCEA

17.2.1 Scopo del lavoro

Questa sezione descrive sinteticamente i risultati dell'analisi di sedimentazione all'interno della trincea in corrispondenza dell'uscita del micro-tunnel (KP 103,376) per effetto dei carichi idrodinamici di onda e corrente e delle condizioni locali del suolo.

17.2.2 Dati di input

17.2.2.1 Sezioni della trincea

L'analisi di sedimentazione all'interno della trincea è stata condotta in tre sezioni significative dell'intero intervento che occupa una lunghezza complessiva di circa 88m a partire da KP 103,376. Le sezioni indicate in Figura 17-1 e Figura 17-2 sono rappresentative del massimo scavo (Sezione 10), dell'inizio (Sezione 3) e della porzione centrale (Sezione 7) dell'intero intervento. La pendenza laterale è fissata in 1:3.

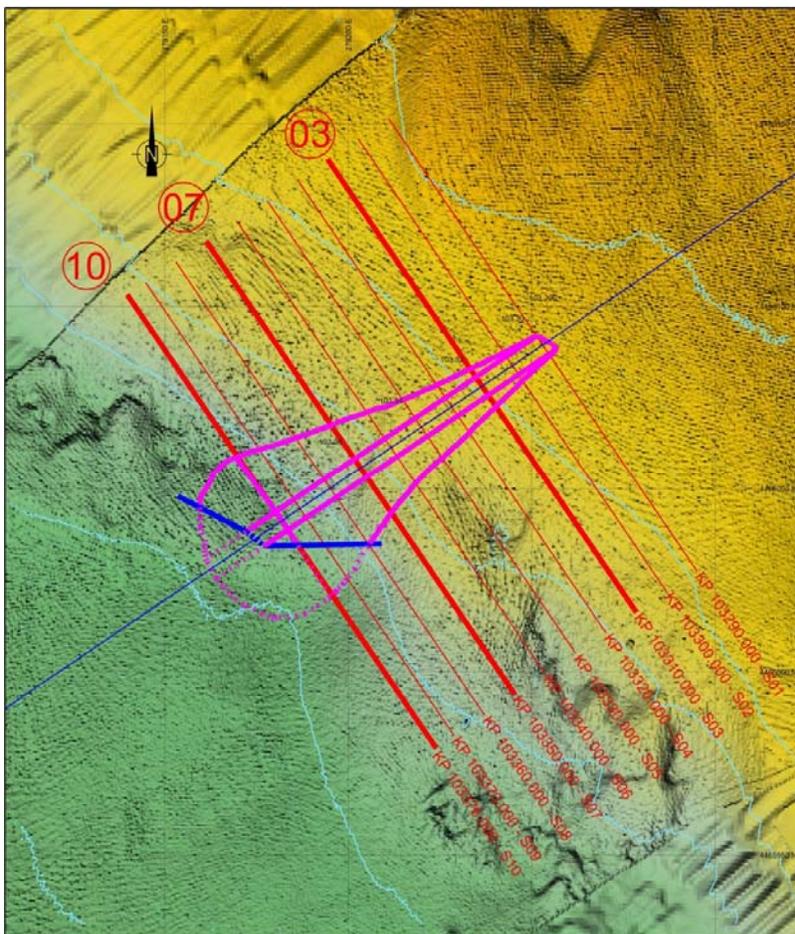


Figura 17-1 Sezioni rappresentative dell'intervento

	TAP AG Nr. Doc.:	OPL00-C10713-160-G-TRE-0001	Nr. Rev.:	0
	Titolo Doc.:	Progetto costruttivo dell'uscita offshore del MT	Pagina:	53 of 95

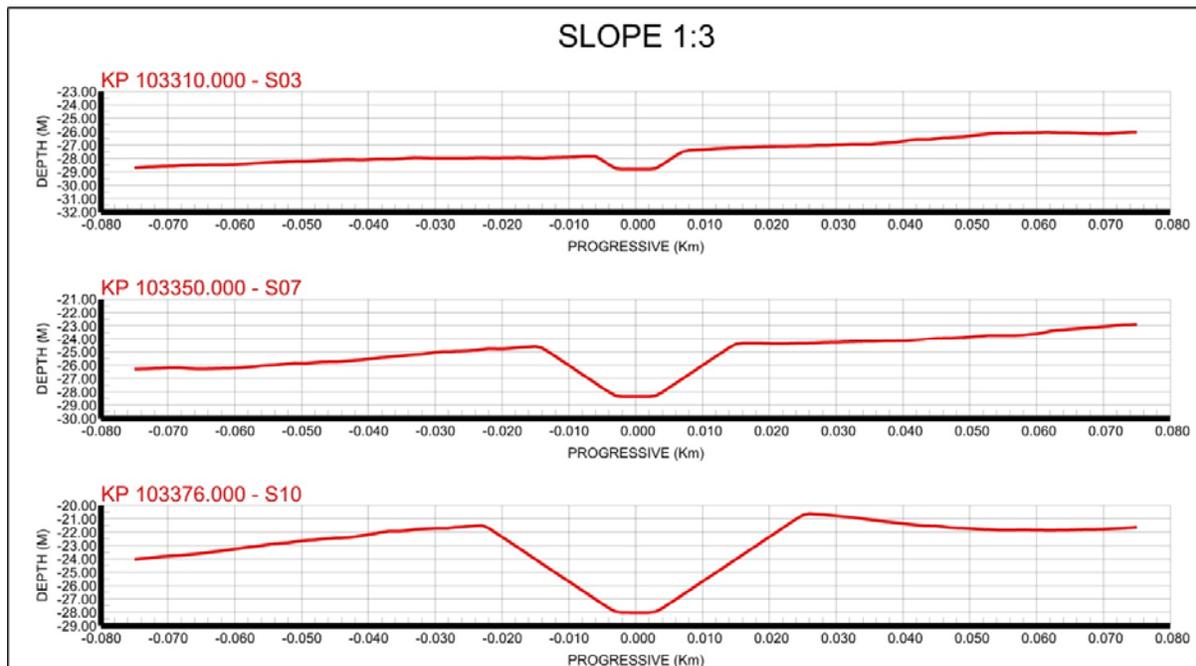


Figura 17-2 Profili del fondale marino in corrispondenza della sezioni selezionate

17.2.2.2 Dati meteomarini

I dati meteomarini considerati fanno riferimento alle seguenti serie storiche:

1. **ONDA** – Sequenza temporale storica con copertura Gennaio 1980 - Dicembre 1994 derivata da un modello numerico di rifrazione e shoaling (SWAN, Spectral Wave Nearshore) sviluppato durante la fase di Ingegneria di Dettaglio e incluso in OPL00-SPF-150-G-TRD-0001_Rev 03. Il punto di riferimento selezionato è IT30 ed è rappresentativo delle condizioni di onda ad una profondità d'acqua di circa 30m con time step di 1 ora.
2. **CORRENTE** – I dati sono riferiti alla campagna oceanografica condotta da RPS nel periodo intercorso tra il Febbraio 2013 e Febbraio 2014. La stazione di misura è la C9 che si trova in prossimità dell'uscita del micro-tunnel. I dati utilizzati sono orari e riferiti ad 1 m dal fondo.

	TAP AG Nr. Doc.:	OPL00-C10713-160-G-TRE-0001	Nr. Rev.:	0
	Titolo Doc.:	Progetto costruttivo dell'uscita offshore del MT	Pagina:	54 of 95

17.2.2.3 Dati geotecnici

I dati del suolo riferiti alle sezioni di Figura 17-7 sono indicati di seguito:

Unità 1 : (Applicabile per le sezioni 3 e 7)

- Gravità specifica = 2,67
- Peso in aria saturo : 17,8 kN/m³
- D50= range: 0,15mm - 8mm) - Selezionato: 0,15mm
- D90= range: 0,32mm - 25mm) - Selezionato: 0,3mm
- % argilla = 0
- Rugosità del fondale marino: in assenza di indicazioni precise è stato assunto un valore di 0,01 (Rif. [12])
- Porosità: 0,5
- Angolo di attrito dinamico - Limite inferiore in condizioni drenate = 33°

Unità 2 : (Applicabile per la sezione 10)

- Gravità specifica = 2,67
- Peso in aria saturo = 19,5 kN/m³
- D50= range: (0,13mm – 0,22mm) - Selezionato: 0,15mm
- D90= range: 0,21mm – 0,55mm) - Selezionato: 0,30mm
- % argilla = 0
- Rugosità del fondale marino: in assenza di indicazioni precise è stato assunto un valore di 0,01 (Rif. [12])
- Porosità: 0,4
- Angolo di attrito dinamico – Limite inferiore in condizioni drenate = 40°

I parametri geotecnici sopra elencati derivano dalle indagini geognostiche condotte.

17.2.3 Metodologia

Le analisi di sedimentazione all'interno della trincea in corrispondenza dell'uscita del microtunnel, sotto l'azione dei carichi meteomarinari indicati in sezione 17.2.2.2 e geotecnici di sezione 17.2.2.3 sono state condotte con un programma sviluppato da Saipem SpA denominato **TRENCH**.

Il modello adotta l'approssimazione di trincea infinita e condizioni idrodinamiche omogenee lungo lo sviluppo longitudinale della trincea stessa.

Dal momento che le condizioni locali idrodinamiche per effetto della presenza della trincea mutano in un tempo molto ristretto rispetto alle condizioni globali che tipicamente sono costanti all'interno di uno stato di mare di 1 ora, il calcolo viene eseguito come successione di stati stazionari. Sulla base dei risultati ottenuti, viene poi definito un tasso di erosione/deposito all'interno della trincea.

	TAP AG Nr. Doc.:	OPL00-C10713-160-G-TRE-0001	Nr. Rev.:	0
	Titolo Doc.:	Progetto costruttivo dell'uscita offshore del MT	Pagina:	55 of 95

L'evoluzione nel tempo della trincea viene calcolato attraverso l'equazione di conservazione della massa.

$$(1-n) \frac{\partial h}{\partial t} = \frac{\partial (q_{bx} + q_{sx})}{\partial x}$$

dove :

n	porosità
h	profondità d'acqua
q _{bx}	componente trasversale del trasporto al fondo
q _{sx}	componente trasversale del trasporto in sospensione

17.2.4 Risultati

Al fine di avere una descrizione statistica della sedimentazione all'interno del trench sono state eseguite simulazioni annuali con le informazioni storiche disponibili (1980-1994), come descritto nella sezione 17.2.2.2.

Le simulazioni numeriche partono il primo Dicembre di ogni anno dal 1980 al 1994 per un totale di 15 simulazioni (in accordo con l'attuale crono-programma che prevede l'inizio delle operazioni di scavo il 1 Ottobre 2018 con completamento il 30 Novembre 2018). Le simulazioni coprono un arco temporale di 6 mesi.

A titolo di esempio le figure che seguono mostrano i risultati relativi all'anno 1991 per le sezioni selezionate (3, 7 e 10) ottenute con il programma TRENCH.

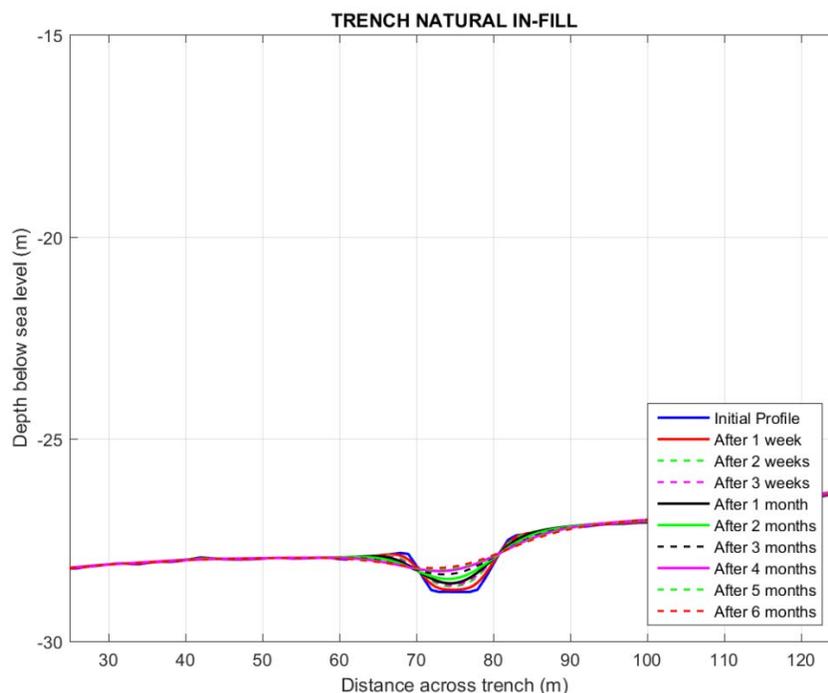


Figura 17-3 Sezione 3 – Pendenza 1:3 (Simulazione anno 1991)

	TAP AG Nr. Doc.:	OPL00-C10713-160-G-TRE-0001	Nr. Rev.:	0
	Titolo Doc.:	Progetto costruttivo dell'uscita offshore del MT	Pagina:	56 of 95

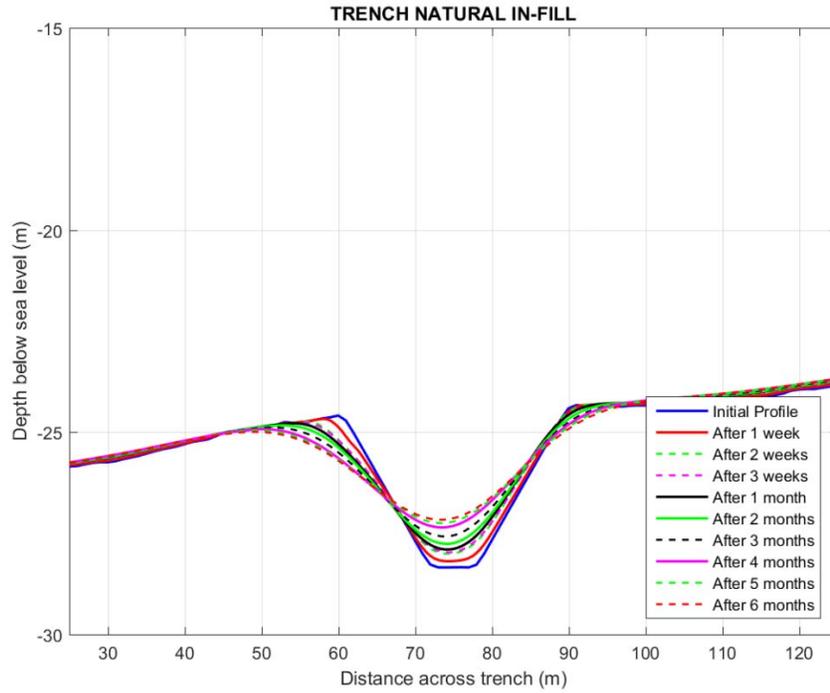


Figura 17-4 Sezione 7 – Pendenza 1:3 (Simulazione anno 1991)

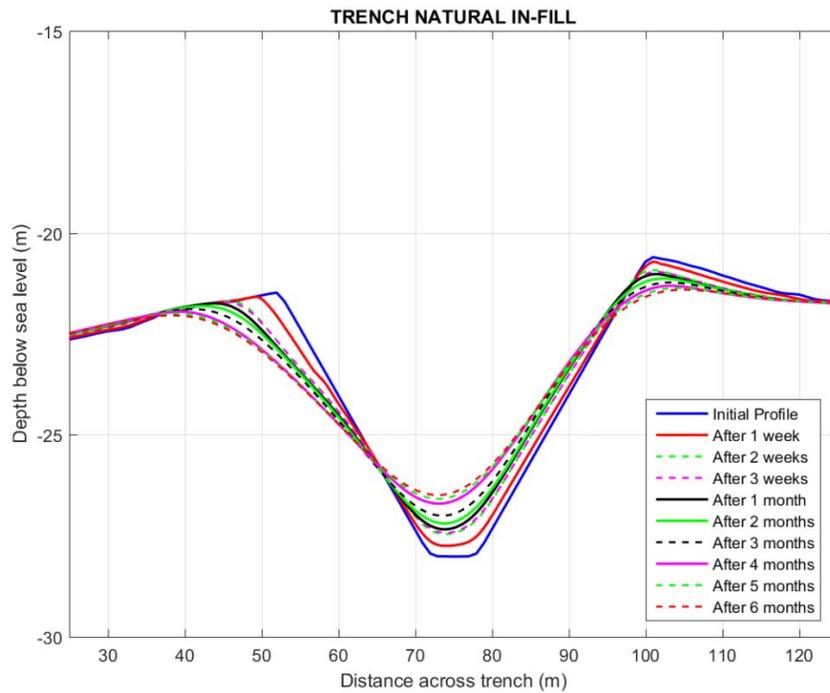


Figura 17-5 Sezione 10 – Pendenza 1:3 (Simulazione anno 1991)

 Trans Adriatic Pipeline	TAP AG Nr. Doc.:	OPL00-C10713-160-G-TRE-0001	Nr. Rev.:	0
	Titolo Doc.:	Progetto costruttivo dell'uscita offshore del MT	Pagina:	57 of 95

I risultati di sedimentazione, espressa come altezza equivalente trapezoidale della trincea, mediati tra le diverse simulazioni annuali (1980-1994) sono indicati in **Tabella 17-1**.

Descrizione				Altezza equivalente di sedimentazione (m)								
Trincea No.	KP (m)	Pendenza	Area iniziale (m ²)	1 sett	2 sett	3 sett	1 mese	2 mesi	3 mesi	4 mesi	5 mesi	6 mesi
3	103310	1:3	8	0,14	0,21	0,26	0,30	0,41	0,52	0,57	0,61	0,64
7	103350	1:3	63	1,11	1,27	1,33	1,36	1,46	1,65	1,74	1,80	1,86
10	103376	1:3	163	2,42	2,75	2,82	2,85	2,83	2,97	3,04	3,07	3,12

Tabella 17-1: Altezza equivalente di sedimentazione

Considerando l'attuale crono-programma, la trincea risulta esposta per un periodo di 3,5 mesi a partire dal 1 Dicembre 2018.

Considerando i risultati di **Tabella 17-1** per lo scenario temporale di 4 mesi i volumi risultanti per l'intero intervento sono indicati sotto:

- **Trincea confinata con palancole:** **1721 m³**
- **Trincea aperta (non confinata):** **1956 m³**

	TAP AG Nr. Doc.:	OPL00-C10713-160-G-TRE-0001	Nr. Rev.:	0
	Titolo Doc.:	Progetto costruttivo dell'uscita offshore del MT	Pagina:	58 of 95

17.3 ANALISI DI STABILITÀ DELLE PARETI DELLA TRINCEA

Scopo dell'analisi è la verifica della stabilità delle pareti laterali della trincea prevista in corrispondenza dell'uscita del Microtunnel che verrà realizzato nell'approdo italiano del Trans Adriatic Pipeline (TAP).

La stabilità delle pareti della trincea è stata eseguita per le seguenti condizioni di carico:

- Condizione statica;
- Condizione statica considerando l'incremento di pressione interstiziale dovuta all'azione ciclica del moto ondoso.

17.3.1 Sommario e Conclusioni

Questa appendice presenta l'analisi di stabilità delle pareti della trincea in corrispondenza dell'uscita Offshore del Microtunnel da scavare all'approdo italiano del Trans Adriatic Pipeline (TAP).

I dati del suolo considerati derivano dalle indagini geognostiche condotte

La verifica della stabilità della parete della trincea è stata effettuata in accordo con i Rif. [5] e [6], usando il software Slope/W (Rif. [11]), considerando le seguenti condizioni:

- Analisi di stabilità 2D in condizioni statiche;
- Analisi di stabilità 2D includendo gli effetti delle sovrappressioni generate dall'azione dell'onda;

La stabilità sotto carichi sismici non è stata analizzata dato che la trincea è un' opera temporanea e in accordo con la normativa europea, questa analisi non è richiesta per la progettazione (Rif.[7]).

Il calcolo delle sovrappressioni interstiziali è stato effettuato in accordo con la metodologia riportata in Rif. [9] e presentata nella sezione 17.3.5.2. I risultati sono stati espressi in termini di coefficiente di sovrappressione interstiziale rU , calcolata come il rapporto tra la sovrappressione e la tensione litostatica.

Considerando i parametri geotecnici della Unità I, un periodo di ritorno di 1 anno e una durata tipica della tempesta di 3 ore, il parametro di sovrappressione interstiziale ottenuto è 0,1.

L'analisi di stabilità delle pareti della trincea è stata eseguita per una sezione tipo e nelle seguenti 3 sezioni che descrivono le differenti geometrie di scavo e le possibili condizioni di suolo:

- Sezione 04;
- Sezione 07;
- Sezione 10;

	TAP AG Nr. Doc.:	OPL00-C10713-160-G-TRE-0001	Nr. Rev.:	0
	Titolo Doc.:	Progetto costruttivo dell'uscita offshore del MT	Pagina:	59 of 95

Condizioni statiche

L'analisi di stabilità in condizioni statiche è stata effettuata considerando parametri di resistenza del suolo conservativi (Lower Bound) in accordo con i Rif. [5] e [6].

Il coefficiente di sicurezza minimo ottenuto è uguale a 1,55.

Analisi di dettaglio della stabilità delle pareti della trincea riferite alla geometria reale dello scavo sono state effettuate per le sezioni 04, 07 e 10 e sono presentate in sezione 17.3.6.2.

I seguenti risultati possono essere evidenziati (Tabella 17-10):

- La trincea con pendenza laterale dello scavo di 1:3 è stabile ($SF > 1,1$) per le sezioni analizzate 04, 07 e 10 confermando un coefficiente di sicurezza minimo di 1,55;

Condizioni statiche considerando l'incremento delle sovrappressioni interstiziali dovute all'azione del moto ondoso

L'analisi di stabilità delle pareti della trincea in condizioni statiche, considerando l'incremento delle sovrappressioni interstiziali dovute all'azione ciclica del moto ondoso è stata eseguita considerando il Best Estimate dei parametri del suolo (vedi sezione 17.3.6.2).

Il massimo valore del coefficiente delle sovrappressioni interstiziali R_u di 0,1, riferito all'Unità I superficiale, è stato considerato nell'analisi.

I SF ottenuti sono presentati in Tabella 17-11. I seguenti risultati possono essere evidenziati:

- La pendenza 1:3 è stabile ($SF > 1,1$) per le sezioni analizzate 04, 07 e 10 con coefficiente di sicurezza minimo $SF = 1,24$;

17.3.2 Normative

L'analisi di stabilità della trincea è stata eseguita per verificare i seguenti requisiti di sicurezza riportati nei Rif. [5] e [6].

$$E_d \leq R_d$$

dove:

E_d = Valore di progetto dell'effetto delle azioni;

R_d = Resistenza di progetto.

È stata considerata la seguente combinazione (Rif. [5]) per la determinazione dei valori di progetto per le azioni (carichi) e per le resistenze applicando i relativi fattori parziali riportati in Tabella 17-2, Tabella 17-3 e Tabella 17-4:

- Combinazione: $A2 + M2 + R2$

Carico	Effetto	Simbolo	Coefficiente Parziale	
			A1	A2
Permanenti	Sfavorevole	γ_{G1}	1,3	1,0
	Favorevole		1,0	1,0
Permanenti non strutturali	Sfavorevole	γ_{G2}	1,5	1,3
	Favorevole		0	0
Variabili	Sfavorevole	γ_Q	1,5	1,3
	Favorevole		0	0

Tabella 17-2: Coefficienti parziali per le azioni (γ_F) o per l'effetto delle azioni (γ_E).

	TAP AG Nr. Doc.:	OPL00-C10713-160-G-TRE-0001	Nr. Rev.:	0
	Titolo Doc.:	Progetto costruttivo dell'uscita offshore del MT	Pagina:	60 of 95

Parametro	Simbolo	Coefficiente parziale	
		M1	M2
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	γ_{ϕ}	1.0	1.25
Coesione efficace	$\gamma_{c'}$	1.0	1.25
Resistenza non drenata	$\gamma_{Su'}$	1.0	1.4
Peso dell'unità di volume	γ_v	1.0	1.0

Tabella 17-3: Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno (γ_m).

Resistenza	Simbolo	Coefficiente parziale		
		R1	R2	R3
Resistenza del terreno	γ_r	1.0	1.1	1.0

Tabella 17-4: Coefficienti parziali di resistenza (γ_R) per le verifiche agli stati limite ultimi di fondazioni superficiali.

Per l'analisi di stabilità della trincea sono stati applicati I seguenti coefficienti:

- Coefficiente del materiale ($\gamma_m \geq 1,25$)
- Fattore di sicurezza richiesto: SF=1,1

In accordo alle indicazioni in Rif. [7], la verifica a carico sismico non è stata eseguita in quanto la trincea è un'opera temporanea.

17.3.3 Dati Geotecnici

I parametri del suolo derivano dalle indagini geognostiche condotte.

I sondaggi disponibili hanno permesso una dettagliata definizione della stratigrafia dell'area e l'attribuzione dei relativi parametri geotecnici. In corrispondenza della trincea sono infatti disponibili 2 sondaggi ed altri 3 sono localizzati nelle vicinanze. La loro posizione, in riferimento alla trincea ed al terrapieno è visibile in Figura 17-6.

- BH006 – fuori dalla trincea (45m verso costa)
- BH-010A – Fuori dalla trincea (15m verso costa) ma applicabile nella definizione dei parametri
- **BH-007 – circa nella parte più profonda della trincea**
- **BH-008 – all'inizio della trincea**
- BH-009 – fuori dalla trincea (60m verso mare) ed in corrispondenza del terrapieno

Le unità del suolo, identificate in ogni sondaggio sono dettagliate in Tabella 17-5. La stratigrafia nell'area della trincea è basata sulla Figura 17-7.

Le unità del suolo nell'area della trincea sono:

- **Unità I**
- **Unità II a-1**

L'Unità I è presente nel sondaggio BH-007 (4m nello strato superiore), e nel sondaggio BH-008 (1m nello strato superiore) mentre non è presente nel sondaggio BH-010A.

I parametri geotecnici utilizzati per la verifica della stabilità geotecnica della scarpata sono presentati nella Tabella 17-6.

	TAP AG Nr. Doc.:	OPL00-C10713-160-G-TRE-0001	Nr. Rev.:	0
	Titolo Doc.:	Progetto costruttivo dell'uscita offshore del MT	Pagina:	61 of 95

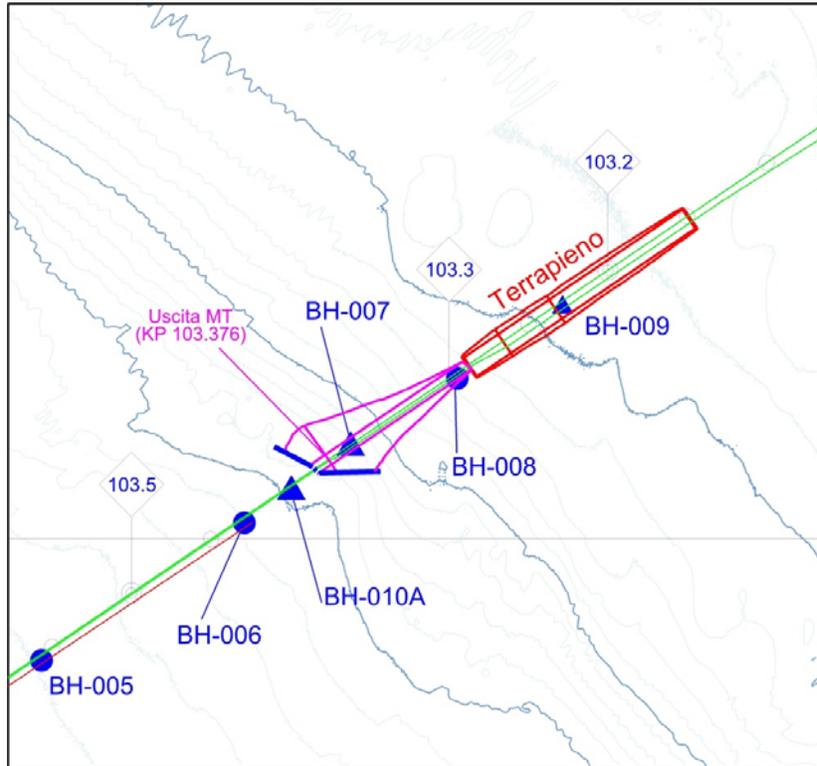


Figura 17-6 Vista in pianta della trincea e del terrapieno con la posizione dei sondaggi disponibili

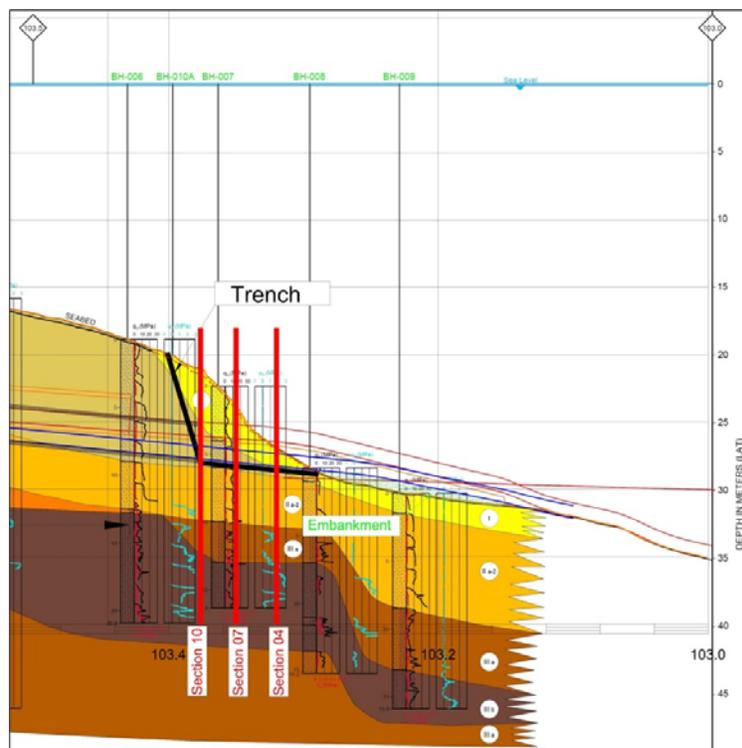


Figura 17-7 Profilo longitudinale con le unita del suolo

	TAP AG Nr. Doc.:	OPL00-C10713-160-G-TRE-0001	Nr. Rev.:	0
	Titolo Doc.:	Progetto costruttivo dell'uscita offshore del MT	Pagina:	62 of 95

Unit	BH-001		BH-002/ BH-002A		BH-003		BH-004/ BH-004A		BH-005		BH-006		BH-007		BH-008		BH-009		BH-010A			
	From (m)	To (m)	From (m)	To (m)	From (m)	To (m)	From (m)	To (m)	From (m)	To (m)	From (m)	To (m)	From (m)	To (m)	From (m)	To (m)	From (m)	To (m)	From (m)	To (m)		
I	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.00	4.00	0.00	1.00	0.00	1.50	-	-
II a-1	0.00	3.50	0.00	3.30	0.00	4.00	0.00	6.00	0.00	8.00	0.00	9.00	4.00	6.00	-	-	-	-	0.00	9.00	-	-
II a-2	3.50	5.00	3.30	7.50	4.00	7.10	6.00	9.00	8.00	12.80	9.00	12.50	6.00	10.00	1.00	4.50	1.50	8.50	9.00	12.00	-	-
II a-3	5.00	6.30	7.50	8.30	7.10	8.10	9.00	11.00	12.80	15.10	12.50	12.75	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	8.40	9.00																				
III a	6.30	8.40	8.30	12.80	8.10	15.00	11.00	15.00	21.00	30.22 ⁽¹⁾	-	-	10.00	13.00	4.50	7.00	8.50	13.00	-	-	-	-
	9.00	13.00																				
	15.10	17.50	15.0	21.00	17.50	22.50	19.5	30.80 ⁽¹⁾	13.50	15.15 ⁽¹⁾	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
	23.50	26.00	26.50	31.40 ⁽¹⁾	26.50	30.40 ⁽¹⁾	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	26.15	26.90	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
30.10	31.30 ⁽¹⁾	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
III b	13.00	15.10	12.80	15.00	15.00	17.50	15.00	19.50	15.10	21.00	12.75	20.92 ⁽¹⁾	13.00	16.36 ⁽¹⁾	7.00	13.50	13.00	15.90 ⁽¹⁾	12.00	20.92 ⁽¹⁾	-	-
	17.50	23.50	21.00	26.50	22.50	26.50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
IV b	26.00	26.15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	26.90	30.10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Notes: ⁽¹⁾ EOB.

Tabella 17-5: Unità del suolo individuate in ciascun sondaggio..

	TAP AG Nr. Doc.:	OPL00-C10713-160-G-TRE-0001	Nr. Rev.:	0
	Titolo Doc.:	Progetto costruttivo dell'uscita offshore del MT	Pagina:	63 of 95

Unità	Profondità dello strato Minimo e massimo (m)	Spessore minimo e massimo (m)	Peso totale γ (kN/m ³)		Densità Relativa D _R (%)		Angolo di Attrito drenato ϕ'_d (°)	
			Lower	Best	Lower	Best	Lower	Best
I ⁽¹⁾	1.00 – 4.00	1.00 – 4.00	17.0 [0.0 - 2.0m] 18.0 [2.0 - 4.0m]	17.5 [0.0 - 2.0m] 18.5 [2.0 - 4.0m]	55.0 [0.0 - 1.2m] 30.0 [1.2 - 4.0m]	70.0 [0.0 - 1.2m] 45.0 [1.2 - 4.0m]	35.0 [0.0 - 1.2m] 33.0 [1.2 - 4.0m]	37.0 [0.0 - 1.2m] 35.0 [1.2 - 4.0m]
II a-1	3.30 – 9.00	2.00 – 9.00	18.5 [0.0 - 6.0m] 17.7 [6.0 - 9.0m]	19.5 [0.0 - 6.0m] 18.5 [6.0 - 9.0m]	85.0 [0.0 - 9.0m]	100.0 [0.0 - 9.0m]	41.0 [0.0 - 2.5m] 40.0 [2.5 - 9.0m]	43.0 [0.0 - 2.5m] 41.5 [2.5 - 9.0m]
II a-2	4.50 – 12.80	1.50 – 7.00	18.5 [1.0 - 6.0m] 17.8 [6.0 - 12.8m]	19.5 [1.0 - 6.0m] 18.5 [6.0 - 12.8m]	87.0 [1.0 - 4.0m] 70.0 [4.0 - 8.0m] 69.0 [8.0 - 12.8m]	92.0 [1.0 - 4.0m] 76.0 [4.0 - 8.0m] 74.0 [8.0 - 12.8m]	41.0 [1.0 - 5.0m] 38.0 [5.0 - 12.8m]	43.0 [1.0 - 5.0m] 40.5 [5.0 - 12.8m]
II a-3	6.30 – 15.10	0.25 – 2.30	18.0 [5.0 - 9.0m] 17.5 [9.0 - 15.1m]	19.0 [5.0 - 9.0m] 18.0 [9.0 - 15.1m]	80.0 [5.0 - 9.0m] 50.0 [9.0 - 15.1m]	87.0 [5.0 - 9.0m] 67.0 [9.0 - 15.1m]	37.0 [5.0 - 15.1m]	40.0 [5.0 - 15.1m]
III a	7.00 – 31.40 ⁽³⁾	0.75 – 11.30	17.9 [4.5 - 6.5m] 17.2 [6.5 - 11.0m] 18.0 [11.0 - 17.5m] 17.5 [17.5 - 31.4m]	18.8 [4.5 - 6.5m] 17.8 [6.5 - 11.0m] 19.2 [11.0 - 17.5m] 18.5 [17.5 - 31.4m]	65.0 [4.5 - 8.0m] 38.0 [8.0 - 15.0m] 21.0 [15.0 - 20.0m] 40.0 [20.0 - 31.4m]	75.0 [4.5 - 8.0m] 57.0 [8.0 - 15.0m] 33.0 [15.0 - 20.0m] 50.0 [20.0 - 31.4m]	38.0 [4.5 - 8.0m] 33.0 [8.0 - 17.0m] 32.0 [17.0 - 31.4m]	40.0 [4.5 - 8.0m] 36.5 [8.0 - 17.0m] 35.0 [17.0 - 31.4m]
III b	13.50 – 26.50	2.10 – 8.92	17.0 [7.0 - 14.0m] 17.5 [14.0 - 18.5m] 16.8 [18.5 - 21.0m] 18.1 [21.0 - 26.5m]	18.0 [7.0 - 14.0m] 18.5 [14.0 - 18.5m] 17.8 [18.5 - 21.0m] 18.8 [21.0 - 26.5m]	35.0 [7.0 - 26.5m]	50.0 [7.0 - 26.5m]	27.5 [7.0 - 26.5m]	33.0 [7.0 - 26.5m]

Tabella 17-6: Parametri geotecnici di progetto..

	TAP AG Nr. Doc.:	OPL00-C10713-160-G-TRE-0001	Nr. Rev.:	0
	Titolo Doc.:	Progetto costruttivo dell'uscita offshore del MT	Pagina:	64 of 95

Parametri del suolo per il calcolo delle sovrappressioni interstiziali indotte

Le seguenti informazioni riassumono le informazioni di base e le metodologie adottate per ricavare i parametri di permeabilità del suolo e modulo edometrico (riassunti in Tabella 17-7) necessari per il calcolo delle sovrappressioni interstiziali (dovute all'azione dell'onda).

Permeabilità

La permeabilità è basata sui risultati dei test di laboratorio effettuati nella zona dell'uscita del Microtunnel. Per i terreni sabbiosi, i valori sono compresi tra 1.1×10^{-5} m/s e 6.1×10^{-6} m/s. I valori riportati in Tabella 17-7 rappresentano i valori medi che sono stati applicati nel calcolo delle sovrappressioni interstiziali.

Coefficiente di compressibilità di volume e Modulo edometrico

Il coefficiente di compressibilità di volume (m_v) è richiesto per il calcolo delle sovrappressioni interstiziali indotte dal moto ondoso ed è stato definito utilizzando la seguente relazione:

$$m_v = \frac{1}{M_0}$$

Il modulo edometrico (M_0) è stato ottenuto attraverso la seguente relazione:

$$M_0 = \frac{E(1-\nu)}{(1+\nu)(1-2\nu)}$$

Il modulo di Poisson, ν è stato assunto uguale a 0.3 e il modulo di Young E si può ottenere con la seguente equazione:

$$E = \frac{G_{MAX}}{2}$$

Il valore medio del modulo di taglio per piccole deformazioni G_{MAX} di 30 MPa (riferito alla Unità I) è stato considerato in accordo con le risultanze delle indagini geognostiche condotte.

γ_{ave} (kN/m ³)	WD (m)	k_z (m/s)	m_v (m ² /kN)
18,5-19,0	20	1,1E-05	5,0E-05

Tabella 17-7: Parametri del suolo considerati per il calcolo delle sovrappressioni generate dal moto ondoso

	TAP AG Nr. Doc.:	OPL00-C10713-160-G-TRE-0001	Nr. Rev.:	0
	Titolo Doc.:	Progetto costruttivo dell'uscita offshore del MT	Pagina:	65 of 95

17.3.4 Dati di onda

I dati di onda (periodo di ritorno di 1 anno) derivano dalle serie storiche di riferimento. Le condizioni del moto ondoso e le altezze d'acqua di riferimento sono riportate in Tabella 17-8.

Per l'approdo Italiano, i dati disponibili ad una profondità di 30m sono stati conservativamente applicati anche alla profondità di interesse analizzata (20m).

Periodo di ritorno = 1 anno				
KP	Profondità	H _s	T _z	L
	(m)	(m)	(s)	(m)
KP 103	30	3,93	9,19	120,7
KP 103	20	3,93	9,19	108,3

Tabella 17-8: Dati del moto ondoso per l'analisi di generazione della sovrappressione interstiziale

17.3.5 Metodologia

Questa sezione riassume la metodologia considerata per le seguenti analisi:

- Analisi di stabilità 2D in condizioni statiche;
- Valutazione delle sovrappressioni interstiziali generate dall'azione dell'onda;
- Analisi di stabilità 2D includendo gli effetti delle sovrappressioni interstiziali generate dall'azione dell'onda.

17.3.5.1 ANALISI DI STABILITA' 2D

L'analisi di stabilità 2D è stata effettuata usando il software SLOPE/W 2007, che implementa il modello dell'equilibrio limite per il calcolo dei fattori di sicurezza dei pendii (Rif. [11]).

La stabilità di un pendio può essere analizzata usando differenti formulazioni dell'equilibrio limite, basate sul "metodo dei conci". La differenza tra i metodi è dovuta alla definizione dell'equilibrio statico (di forze e momenti) che deve essere soddisfatto ed alla selezione delle forze di interazione tra i conci. Nelle analisi è stato utilizzato il metodo di Morgenstern e Price. Tale metodo soddisfa l'equilibrio delle forze e dei momenti e considera sia le forze di interazione tangenziali che quelle normali.

Il concetto alla base del metodo dell'equilibrio limite è quello di assumere una superficie di rottura e trovare lo stato di sforzo lungo tale superficie in modo che il corpo libero contenuto tra la superficie stessa e il piano sommitale sia in equilibrio statico. Tale stato di sforzo, noto come sforzo mobilitato, non è necessariamente lo stato di sforzo reale lungo la superficie, ma è quello comparato con la resistenza a disposizione (cioè lo stato di sforzo necessario per causare la rottura del pendio).

Il fattore di sicurezza SF è definito come quel fattore per il quale la resistenza dovrebbe essere ridotta per equilibrare lo sforzo mobilitato.

Il fattore di sovrappressione R_u è stato considerato in modo da tenere in conto le sovrappressioni interstiziali generate dall'azione dell'onda.

	TAP AG Nr. Doc.:	OPL00-C10713-160-G-TRE-0001	Nr. Rev.:	0
	Titolo Doc.:	Progetto costruttivo dell'uscita offshore del MT	Pagina:	66 of 95

R_u è il fattore che mette in relazione le sovrappressioni interstiziali con le tensioni litostatiche ed è definito come:

$$R_u = \frac{u}{\gamma_t \cdot H} \text{ dove:}$$

- u = la sovrappressione calcolata in accordo con la metodologia presentata in sezione 17.3.5.2
- γ_t = il peso totale del terreno
- H = l'altezza della colonna di terreno considerata.

La sovrappressione interstiziale u , si ottiene attraverso la relazione sotto:

$$u = \gamma_t \cdot H \cdot R_u$$

L'aumento delle sovrappressioni interstiziali induce una diminuzione della resistenza del terreno nell'analisi in tensioni efficaci, come descritto nella seguente relazione di Mohr Coulomb:

$$\tau = c' + (\sigma_v - u) \cdot \tan(\phi')$$

dove:

- τ = resistenza tangenziale,
- c' = coesione del terreno,
- σ_v = sforzo normale al piano di taglio,
- ϕ' = angolo di attrito interno del terreno.

17.3.5.2 Sovrappressioni interstiziali generate dall'azione del moto ondoso

Lo studio del progressivo incremento delle sovrappressioni interstiziali causato dalle sollecitazioni cicliche indotte dall'azione dell'onda è stato effettuato utilizzando il metodo di Rahman & Jaber (Rif. [9]), valido per condizioni di suolo verticalmente omogenee).

Tale metodo è basato sulla soluzione analitica dell'equazione monodimensionale per l'accumulo delle sovrappressioni dovuto alla sollecitazione di taglio dell'onda, tenendo conto della dissipazione delle sovrappressioni dovute alla permeabilità del terreno.

17.3.6 Risultati

Questa sezione descrive i risultati delle seguenti analisi:

- Calcolo delle sovrappressioni generate dall'azione ciclica del moto ondoso;
- Analisi di stabilità della parete della trincea;

17.3.6.1 Sovrappressioni interstiziali generate dall'azione del moto ondoso

Il calcolo delle sovrappressioni interstiziali è stato effettuato considerando i parametri del suolo presentati in Tabella 17-6 (i.e. Best Estimate). La metodologia considerata è presentata nella sezione 17.3.5.

	TAP AG Nr. Doc.:	OPL00-C10713-160-G-TRE-0001	Nr. Rev.:	0
	Titolo Doc.:	Progetto costruttivo dell'uscita offshore del MT	Pagina:	67 of 95

Le seguenti condizioni di input sono state tenute in conto:

- I parametri della Unità I sono stati considerati, in quanto tale unità è la principale nell'area di scavo;
- Tempo di ritorno di 1 anno, data la condizione temporanea dell'analisi;
- Durata tipica della tempesta pari a 3 ore ($1000 \cdot T_s$);

Il valore tipico del parametro di sovrappressione interstiziale R_u , calcolato come il rapporto tra la pressione indotta dall'azione del moto ondoso e le tensioni litostatiche totali del terreno sono presentati in .

Unità del suolo	Durata	RP	r_u
-	-	Anni	-
I	$1000 T_s$	1	0,10

Tabella 17-9: Incremento della sovrappressione interstiziale R_u dovuto all'azione del moto ondoso

17.3.6.2 Verifica di stabilità

La verifica preliminare della trincea è stata eseguita in condizioni statiche (senza carico da onda) per una trincea semplificata e considerando parametri del suolo conservativi, per una trincea con pendenza nominale di 1:3.

Nell'analisi è stata utilizzata la seguente stratigrafia e valori di angolo di attrito interno (lower bound):

- Da 0,0m fino a 1,2m: **Unit I** (Sabbia densa) - $\phi = 35^\circ$
- Da 1,2m fino a 4,0m: **Unit I** (sabbia sciolta) - $\phi = 33^\circ$
- Da 4,0 fino al fondo della trincea: **Unit II a-1** - $\phi = 40^\circ$

La configurazione analizzata mostra un fattore di sicurezza minimo di 1,55 (Figura 17-8) che è superiore al minimo richiesto ($SF > 1,1$). La superficie di scivolamento corrispondente al coefficiente di sicurezza minimo ha una profondità massima di 0,2m. A superfici più profonde corrispondono coefficienti di sicurezza più elevati.

	TAP AG Nr. Doc.:	OPL00-C10713-160-G-TRE-0001	Nr. Rev.:	0
	Titolo Doc.:	Progetto costruttivo dell'uscita offshore del MT	Pagina:	68 of 95

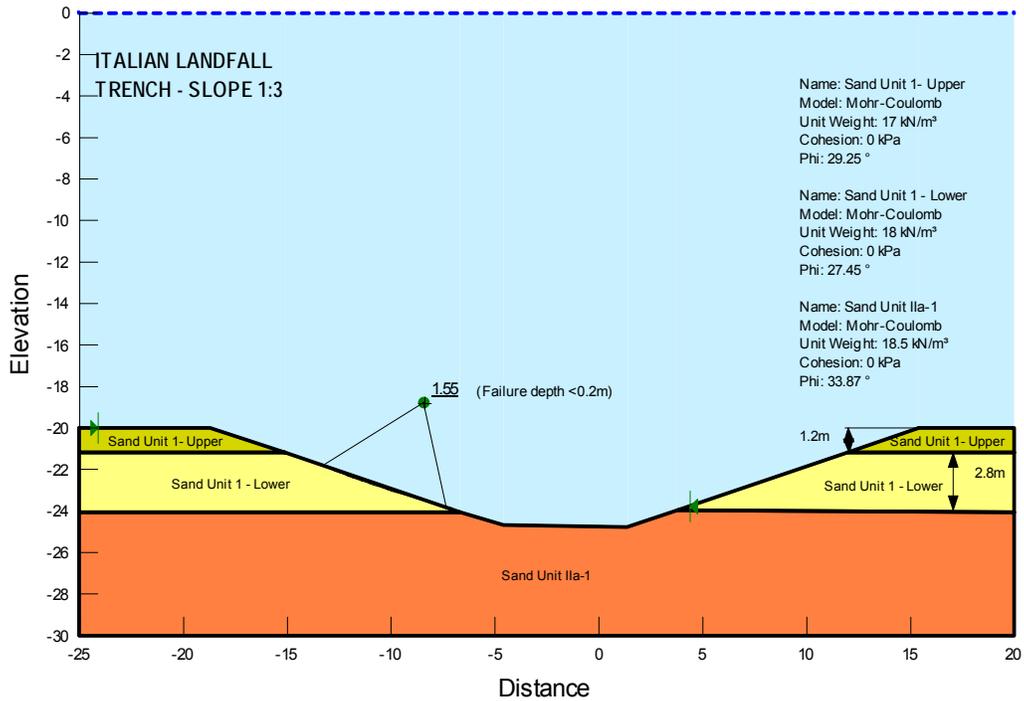


Figura 17-8 Analisi di stabilità – Pendenza 1:3 – Parametri del suolo conservativi (Lower bound)

L'analisi dettagliata della stabilità della trincea (sul profilo reale calcolato sulla batimetria) è stata eseguita lungo tre sezioni trasversali (Figura 17-9) che descrivono la variabilità della geometria della trincea e delle condizioni del suolo nella zona di scavo:

- Sezione 04 (KP 103,320);
- Sezione 07 (KP 103,350);
- Sezione 10 (KP 103,376).

Per queste sezioni è stata analizzata la configurazione con pendenza laterale di 1:3.

 Trans Adriatic Pipeline	TAP AG Nr. Doc.:	OPL00-C10713-160-G-TRE-0001	Nr. Rev.:	0
 SAIPEM	Titolo Doc.:	Progetto costruttivo dell'uscita offshore del MT	Pagina:	69 of 95

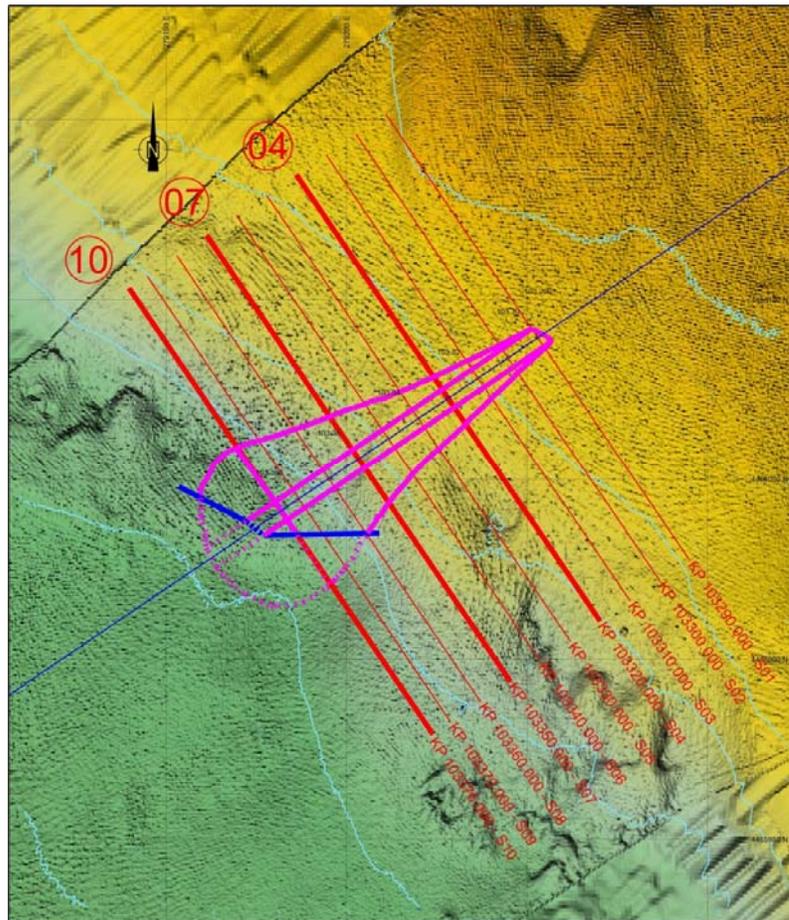


Figura 17-9 Area della trincea con evidenziate le sezioni analizzate

L'analisi è stata eseguita per verificare le seguenti condizioni:

- Condizioni statica;
- Condizioni statica considerando l'incremento di pressione interstiziale generato dall'azione ciclica del moto ondoso.

	TAP AG Nr. Doc.:	OPL00-C10713-160-G-TRE-0001	Nr. Rev.:	0
	Titolo Doc.:	Progetto costruttivo dell'uscita offshore del MT	Pagina:	70 of 95

Analisi Statica

L'analisi di stabilità in condizioni statiche è stata effettuata considerando il Lower Bound delle condizioni di suolo (1.2m di suolo superficiale maggiormente addensato è stato conservativamente trascurato nell'analisi). I coefficienti di sicurezza ottenuti sono presentati in Tabella 17-10. Gli output grafici delle analisi sono presentati in Figura 17-10, Figura 17-12 e Figura 17-14 rispettivamente per le sezioni 04, 07 e 10.

I risultati mostrano che i coefficienti di sicurezza sono sempre superiori a quelli ammissibili ed inoltre, il valore minimo corrisponde a superfici di scivolamento superficiali (< 0.4m).

Sezione	Pendenza	Parametri del suolo	SF	SF _{ammissibile}
S04	1:3	LB	1,665	1,1
S07			1,563	
S10			1,559	

Tabella 17-10: Condizioni statiche – risultati dell'analisi di stabilità – coefficienti di sicurezza

Analisi statica considerando l'effetto delle sovrappressioni generate dall'azione del moto ondoso

La possibile influenza dell'azione del moto ondoso nella stabilità della parete della trincea è stata studiata includendo nell'analisi di stabilità la presenza delle sovrappressioni interstiziali generate dall'azione ciclica dell'onda.

Questo calcolo è stato eseguito usando l'approccio del coefficient R_u implementato nel software Slope/W. Tale approccio, che induce una forte riduzione della resistenza del suolo è ritenuto conservativo e quindi questa analisi supplementare è stata eseguita considerando il Best Estimate dei parametri del suolo.

I risultati dell'analisi di stabilità eseguita con Slope/W, in termini di fattori di sicurezza sono presentati in Tabella 17-11. Gli output grafici delle analisi sono presentati in Figura 17-11, Figura 17-13 e Figura 17-15 rispettivamente per le sezioni 04, 07 e 10.

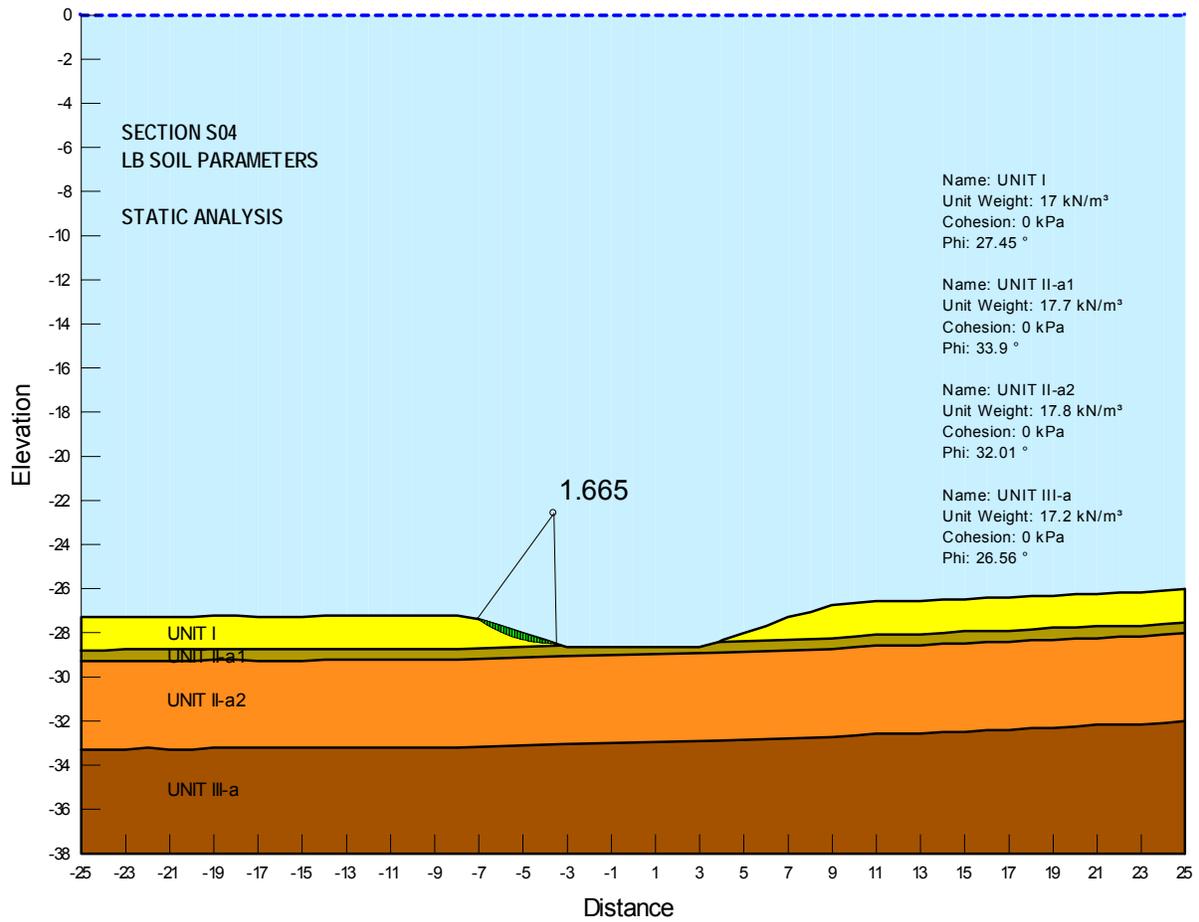
I risultati mostrano che i coefficienti di sicurezza sono sempre superiori a quelli ammissibili ed inoltre, il valore minimo corrisponde a superfici di scivolamento superficiali (< 0.2m).

Si evidenzia che coefficienti di sicurezza superiori all'ammissibile, sono ottenuti anche con i parametri del suolo conservativi.

Sezione	Pendenza	Parametri del suolo	SF	SF _{ammissibile}
S04	1:3	BE	1,267	1,1
S07			1,239	
S10			1,242	

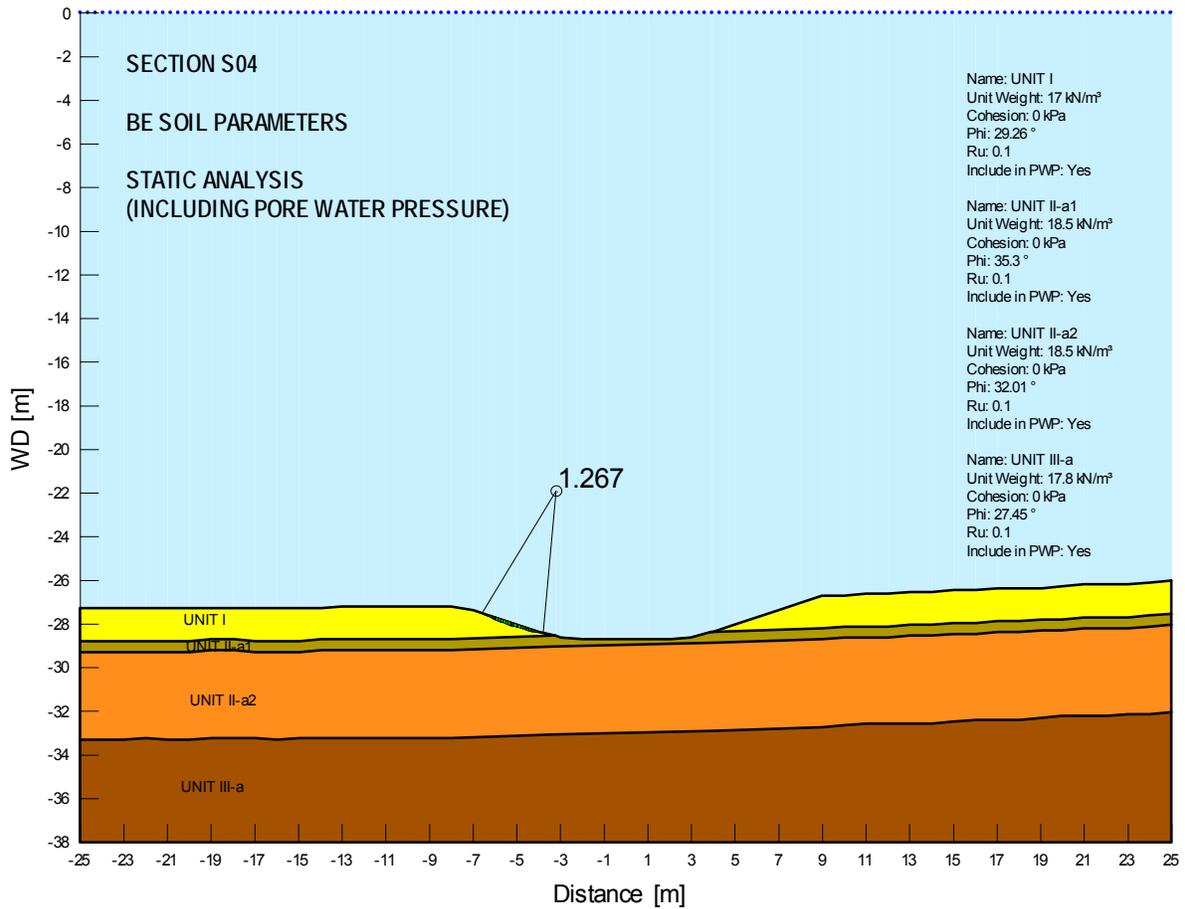
Tabella 17-11: Condizioni statiche con incremento di pressione interstiziale – risultati dell'analisi di stabilità – coefficienti di sicurezza

	TAP AG Nr. Doc.:	OPL00-C10713-160-G-TRE-0001	Nr. Rev.:	0
	Titolo Doc.:	Progetto costruttivo dell'uscita offshore del MT	Pagina:	71 of 95



**Figura 17-10 Analisi di stabilità della parete della trincea- Sezione S04 – Pendenza 1:3
(Analisi statica)**

	TAP AG Nr. Doc.:	OPL00-C10713-160-G-TRE-0001	Nr. Rev.:	0
	Titolo Doc.:	Progetto costruttivo dell'uscita offshore del MT	Pagina:	72 of 95



**Figura 17-11 Analisi di stabilità della parete della trincea- Sezione S04 – Pendenza 1:3
(Analisi statica con sovrappressioni interstiziali incluse)**

	TAP AG Nr. Doc.:	OPL00-C10713-160-G-TRE-0001	Nr. Rev.:	0
	Titolo Doc.:	Progetto costruttivo dell'uscita offshore del MT	Pagina:	73 of 95

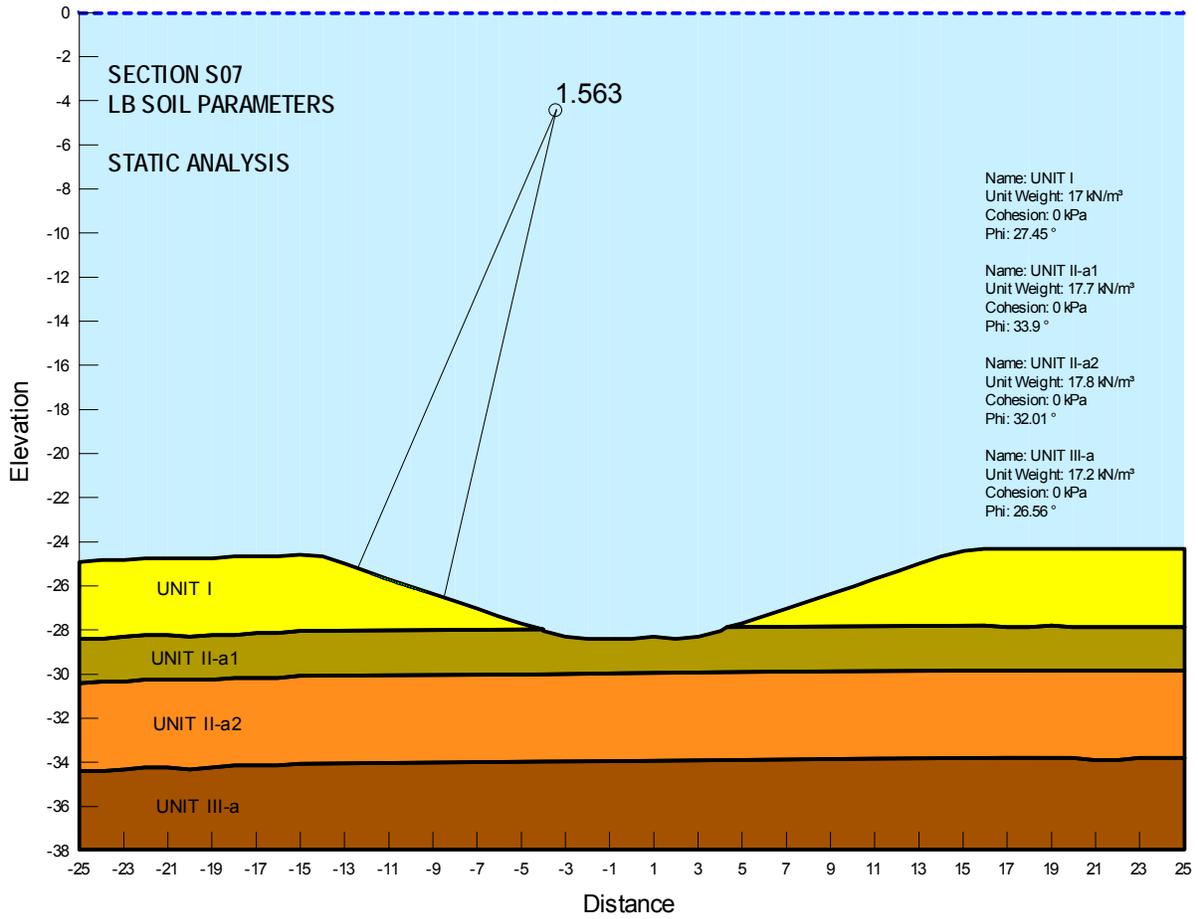


Figura 17-12 Analisi di stabilità della parete della trincea- Sezione S07 – Pendenza 1:3 (Analisi statica)

	TAP AG Nr. Doc.:	OPL00-C10713-160-G-TRE-0001	Nr. Rev.:	0
	Titolo Doc.:	Progetto costruttivo dell'uscita offshore del MT	Pagina:	74 of 95

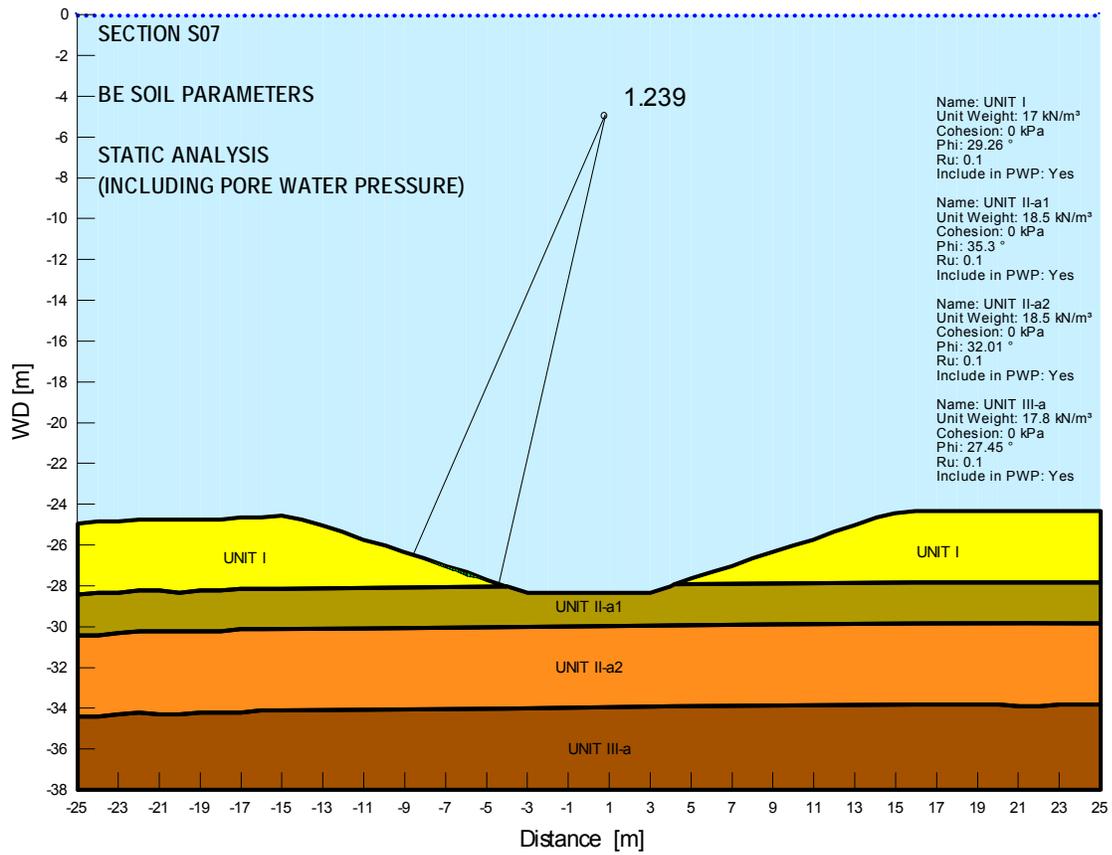


Figura 17-13 Analisi di stabilità della parete della trincea- Sezione S07 – Pendenza 1:3 (Analisi statica con sovrappressioni interstiziali incluse)

	TAP AG Nr. Doc.:	OPL00-C10713-160-G-TRE-0001	Nr. Rev.:	0
	Titolo Doc.:	Progetto costruttivo dell'uscita offshore del MT	Pagina:	75 of 95

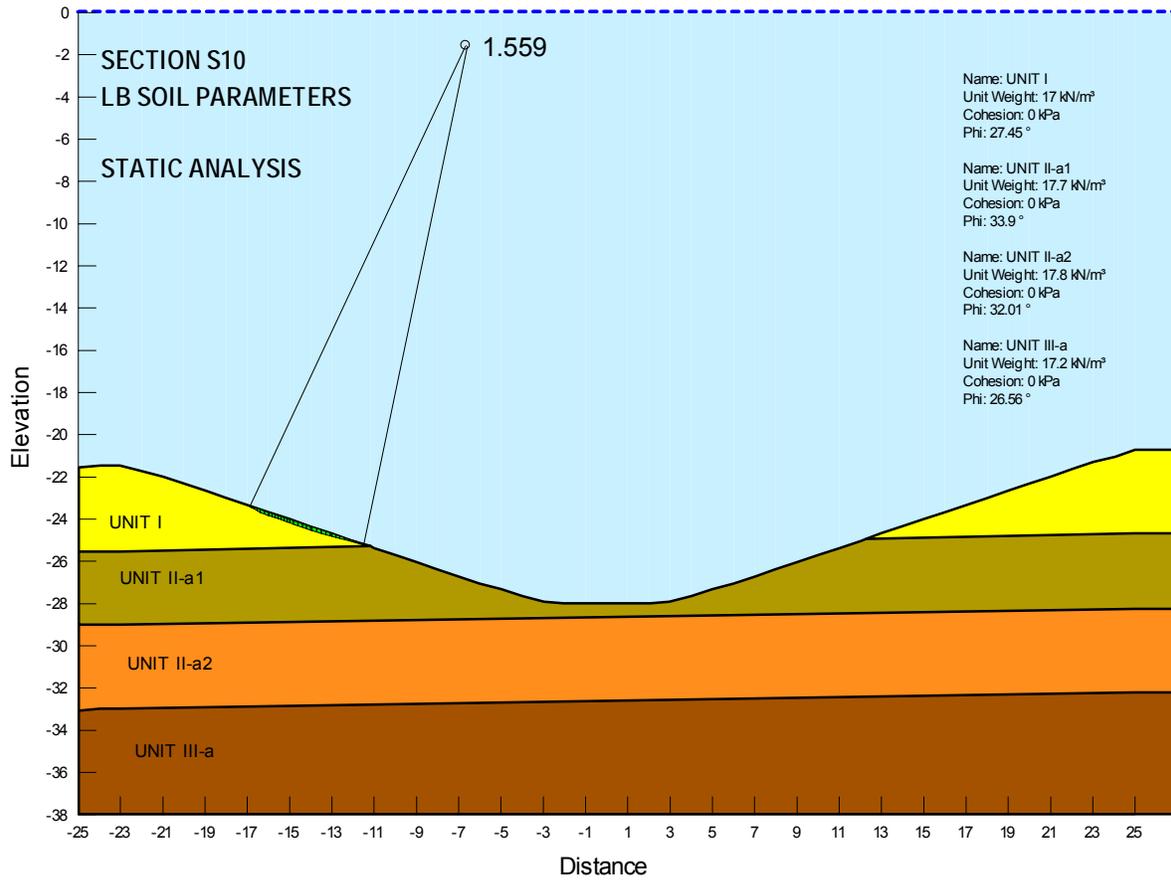
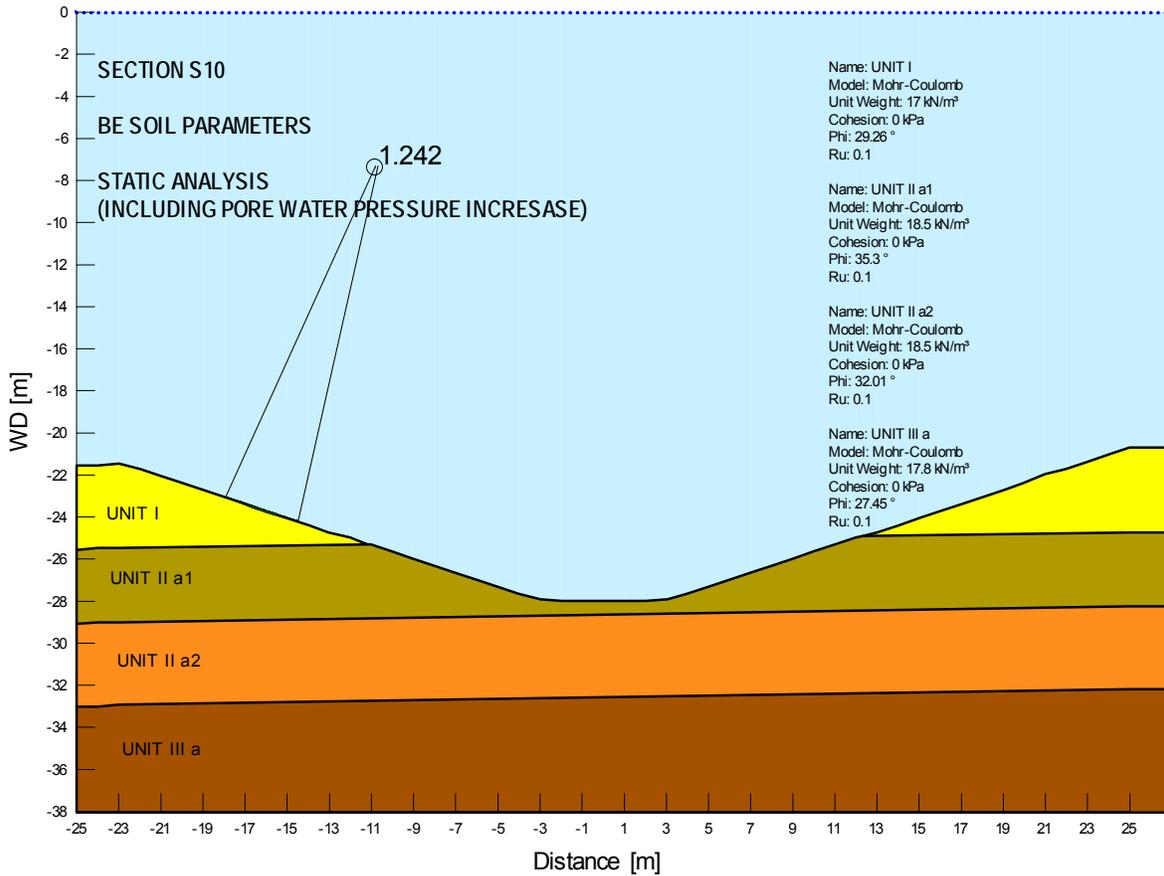


Figura 17-14 Analisi di stabilità della parete della trincea- Sezione S10 – Pendenza 1:3 (Analisi statica)

	TAP AG Nr. Doc.:	OPL00-C10713-160-G-TRE-0001	Nr. Rev.:	0
	Titolo Doc.:	Progetto costruttivo dell'uscita offshore del MT	Pagina:	76 of 95



**Figura 17-15 Analisi di stabilità della parete della trincea- Sezione S10 – Pendenza 1:3
(Analisi statica con sovrappressioni interstiziali incluse)**

	TAP AG Nr. Doc.:	OPL00-C10713-160-G-TRE-0001	Nr. Rev.:	0
	Titolo Doc.:	Progetto costruttivo dell'uscita offshore del MT	Pagina:	77 of 95

17.4 ANALISI DI STABILITÀ DEL TERRAPIENO

Scopo dell'analisi è la verifica della stabilità del terrapieno previsto in corrispondenza dell'uscita del Microtunnel che verrà realizzato nell'approdo italiano del Trans Adriatic Pipeline (TAP).

La stabilità geotecnica del terrapieno è stata eseguita per le seguenti condizioni di carico:

- Condizione statica;
- Condizione sismica.

17.4.1 Sommario e Conclusioni

Questa appendice presenta l'analisi di stabilità del terrapieno previsto per supportare la condotta all'uscita del microtunnel.

La verifica di stabilità è stata effettuata in accordo ai requisiti della normativa italiana (Rif. [5]) usando il software Slope/W (Rif. [11]), e considerando:

- Condizioni statiche
- Condizioni sismiche

È stata analizzata la sezione più critica in termini di altezza del terrapieno e pendenza del fondale, e applicando i parametri del suolo conservativi definiti dalle indagini geotecniche eseguite nell'area.

Il carico sismico, è estratto dall'analisi sismica condotta per i microtunnel e considera due periodi di ritorno: 201 anni (SLD) e 1898 anni (SLV)

I risultati completi delle analisi sono riportati in sezione 17.4.5 dai quali risulta che il terrapieno è stabile e soddisfa i requisiti di sicurezza richiesti dalla normativa di riferimento con i seguenti valori:

- in condizioni statiche il terrapieno è stabile con coefficiente di sicurezza minimo SF=2,75.
- in condizioni sismiche, considerando il carico più gravoso (1898 anni) il terrapieno è stabile con coefficiente di sicurezza minimo SF=2,10.

L'analisi con tempo di ritorno di 10000 anni, riduce leggermente i coefficienti di sicurezza che rimangono comunque superiori a quelli ammissibili.

17.4.2 Normativa di Riferimento ed azione sismica

La verifica del terrapieno, nei riguardi degli stati limite ultimi di resistenza, è stata effettuata con il "metodo dei coefficienti parziali" di sicurezza per soddisfare l'equazione base definita al paragrafo 17.3.2:

$$E_d \leq R_d$$

In accordo alla normativa in Rif. [5] ("Fondazioni Superficiali" al paragrafo 6.4.2), sono state effettuate le seguenti verifiche:

	TAP AG Nr. Doc.:	OPL00-C10713-160-G-TRE-0001	Nr. Rev.:	0
	Titolo Doc.:	Progetto costruttivo dell'uscita offshore del MT	Pagina:	78 of 95

- Combinazione 1: A1 + M1 + R1
- Combinazione 2: A2 + M2 + R2

I relativi coefficienti parziali sono definiti nella **Tabella 17-2** e **Tabella 17-3**, mentre devono essere verificati i requisiti di resistenza definiti in Tabella 17-12.

Verifica	Simbolo	Coefficiente Parziale		
		R1	R2	R3
Capacità Portante	γ_r	1,0	1,8	2,3
Scorrimento		1,0	1,1	1,1

Tabella 17-12: Coefficienti parziali (γ_R) per le verifiche agli stati limite ultimi di fondazioni superficiali

Come carico permanente è stato considerato il peso del materiale di cui è costituito il terrapieno e come carico permanente non strutturale, il carico del tubo. Per quest'ultimo è stato applicato il peso del tubo in condizioni allagate che corrisponde a 14,56 kN/m.

Il terrapieno è stato verificato anche considerando l'azione del sisma, utilizzando l'approccio pseudostatico ed applicando le accelerazioni al suolo derivanti dall'analisi sismica condotta per il microtunnel, per la verifica allo stato limite di esercizio (SLE) è stato considerato lo stato limite di Danno (SLD) e lo stato limite di salvaguardia della Vita (SLV) per lo stato limite ultimo (SLU). Un'ulteriore verifica è stata effettuata utilizzando le accelerazioni al suolo con tempo di ritorno di 10000 anni, definite da uno studio specifico di amplificazione del suolo per l'approdo italiano. Il carico sismico di 10000 anni soddisfa la verifica per carico limite accidentale (ALS) nella normativa DNV (Rif. [1]).

La combinazione di carichi e resistenze sono definite in **Tabella 17-2** e **Tabella 17-3** ma considerando i coefficienti parziali sulle azioni uguali ad 1 (sezione 7.11.1 in Rif. [5]).

L'approccio pseudo-statico considera un'azione sismica equivalente, costante nello spazio e nel tempo, la cui direzione è modulata da due coefficienti (K_h e K_v), calcolati come segue:

- Coefficiente orizzontale (K_h) = $\beta_s \times a_g \times S_s \times S_T$
- Coefficiente verticale (K_v) = $\frac{1}{2} K_h$

Dove:

- a_g = accelerazione orizzontale massima attesa al bedrock con superficie topografica orizzontale (vedi analisi sismica condotta per il microtunnel per la definizione delle accelerazioni e dei tempi di ritorno);
- β_s = 0,2 un coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito, il cui valore è suggerito dalla normativa (Tabella 7.11.I delle NTC 2008 in Rif. [5]) in relazione alle accelerazioni massime attese al sito.
- S_s = è il coefficiente stratigrafico ed è preso =1,8 per le caratteristiche meccaniche dei terreni associate ad una categoria di sottosuolo di tipo D nella classificazione delle NTC 2008 (tabella 3.2.II in Rif. [5]);
- S_t = è il coefficiente topografico preso uguale ad 1 (tabella 3.2.VI in Rif. [5]).

L'analisi è stata quindi eseguita considerando i carichi sismici riportati in Tabella 17-13. (Nota 1 Tabella 17-13: l'accelerazione, a_g , riportata per i 10000 anni è già riferita alla superficie del suolo quindi non viene applicato il coefficiente stratigrafico per il calcolo delle accelerazioni da applicare nelle analisi di stabilità.

	TAP AG Nr. Doc.:	OPL00-C10713-160-G-TRE-0001	Nr. Rev.:	0
	Titolo Doc.:	Progetto costruttivo dell'uscita offshore del MT	Pagina:	79 of 95

Verifica	Tempo di Ritorno (anni)	a_g (al bedrock) (g)	K_h (g)	K_v (g)
SLD	201	0,035	0,0126	0,0063
SLV	1898	0,093	0,0335	0,0167
ALS	10000	0,182	0,0364	0,0182

Tabella 17-13: Valori di accelerazione orizzontale al sito (a_g) e azione sismica applicata nelle analisi di stabilità del terrapieno (K_h e K_v)

17.4.3 Dati Geotecnici del terreno e del terrapieno

In accordo ai risultati delle indagini geotecniche ed in particolare ai risultati dei singoli sondaggi BH-009 e BH-008 (Figura 17-16), il terrapieno è localizzato su un suolo sabbioso con caratteristiche geotecniche appartenenti alle unità I e II-a2 (**Tabella 17-5**).

In dettaglio, il terrapieno è stato verificato con i seguenti parametri geotecnici (lower bound nella):

- Strato 1 (profondità da 0 a 1,5m): peso di volume $\gamma = 18 \text{ kN/m}^3$ – Angolo di attrito interno $\phi = 33^\circ$;
- Strato 2 (profondità > 1,5m): peso di volume $\gamma = 17,8 \text{ kN/m}^3$ – Angolo di attrito interno $\phi = 38^\circ$.

Il terrapieno è stato simulato con i seguenti parametri: peso di volume $\gamma = 20,0 \text{ kN/m}^3$ – Angolo di attrito interno $\phi = 38^\circ$ (sezione 10).

17.4.4 Metodologia

L'analisi di stabilità è stata verificata con il software SLOPE/W 2007 già descritto al paragrafo 17.3.5.1 a cui si rimanda per ulteriori dettagli.

17.4.5 Sezione di verifica e risultati delle analisi

L'analisi di stabilità è stata effettuata lungo la sezione più critica per altezza del terrapieno e pendenza del fondale. La traccia della sezione è visibile nella Figura 17-16. La massima altezza del terrapieno risulta di 0,9m e la massima pendenza è minore di 3° .

	TAP AG Nr. Doc.:	OPL00-C10713-160-G-TRE-0001	Nr. Rev.:	0
	Titolo Doc.:	Progetto costruttivo dell'uscita offshore del MT	Pagina:	80 of 95

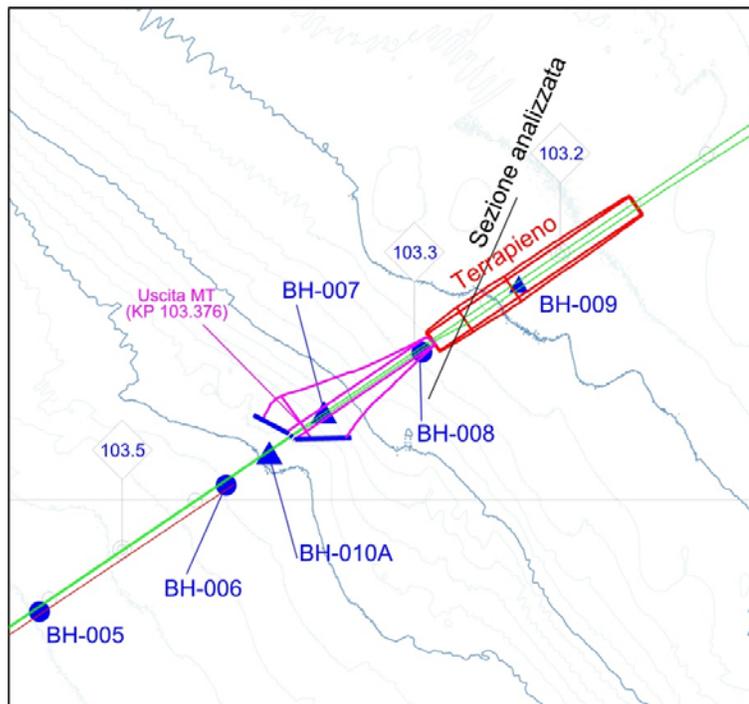


Figura 17-16 Vista in pianta della trincea e del terrapieno con la posizione dei sondaggi disponibili e sezione di verifica per la stabilità del terrapieno)

I risultati delle analisi indicano che il terrapieno è stabile sia in condizioni statiche che sismiche e soddisfa i requisiti di sicurezza imposti dalla normativa in Rif. [5]. I risultati in dettaglio sono riportati in Tabella 17-14 da cui risulta che la Combinazione 2 è sempre la più gravosa con coefficienti di sicurezza minimi $FS=2,75$ in statica e $FS=2,10$ in condizioni sismiche. Anche la verifica considerando un tempo di ritorno di 10000, soddisfa i requisiti richiesti.

Gli output in forma grafica (per le condizioni statiche e SLV) sono presentati nelle figure da Figura 17-17 a Figura 17-24.

Verifica		COMBINAZIONE 1		COMBINAZIONE 2	
		Fattore di sicurezza ottenuto	Fattore di sicurezza ammissibile	Fattore di sicurezza ottenuto	Fattore di sicurezza ammissibile
Statica	Capacità Portante	3,44	1,0	2,75	1,8
	Scorrimento	4,02	1,0	3,43	1,1
Sismica SLD	Capacità Portante	3,10	1,0	2,49	1,8
	Scorrimento	4,91	1,0	3,88	1,1
Sismica SLV	Capacità Portante	2,62	1,0	2,10	1,8
	Scorrimento	3,25	1,0	2,62	1,1
Sismica ALS	Capacità Portante	2,56	1,0	2,05	1,8
	Scorrimento	3,17	1,0	2,54	1,1

Tabella 17-14: Analisi di stabilità del terrapieno – Coefficienti di sicurezza

	TAP AG Nr. Doc.:	OPL00-C10713-160-G-TRE-0001	Nr. Rev.:	0
	Titolo Doc.:	Progetto costruttivo dell'uscita offshore del MT	Pagina:	81 of 95

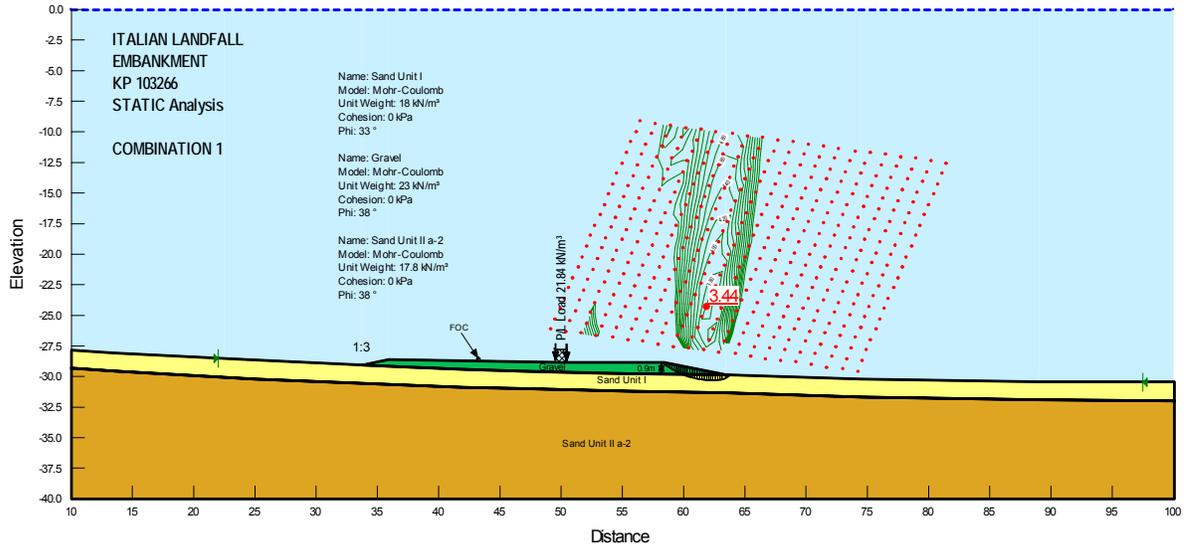


Figura 17-17 Analisi di stabilità del terrapieno – Statica – Combinazione 1 – Capacità portante

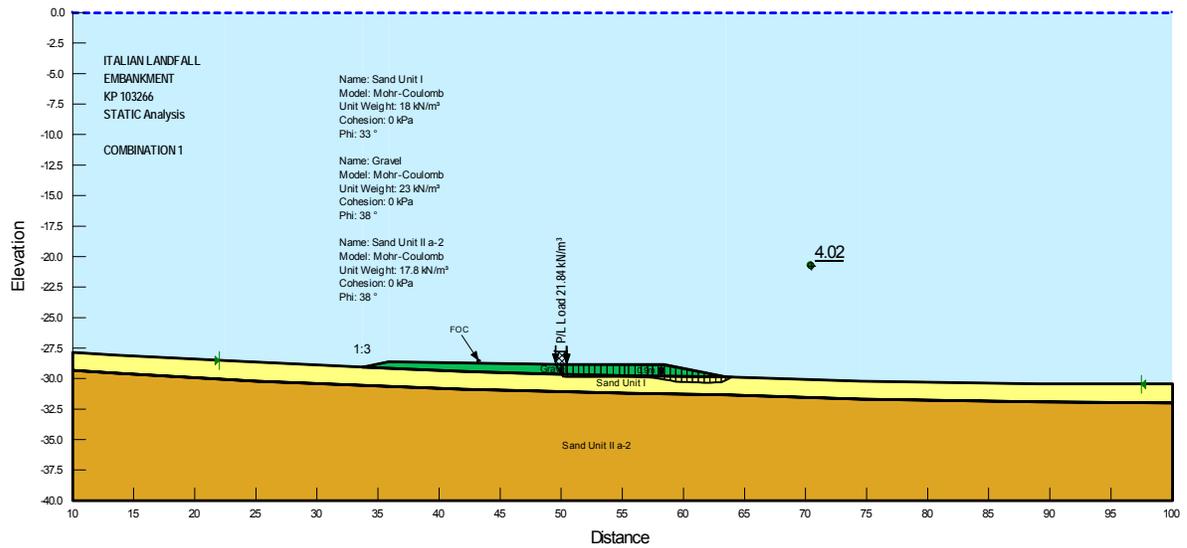


Figura 17-18 Analisi di stabilità del terrapieno – Statica – Combinazione 1 – Scorrimento Globale

	TAP AG Nr. Doc.:	OPL00-C10713-160-G-TRE-0001	Nr. Rev.:	0
	Titolo Doc.:	Progetto costruttivo dell'uscita offshore del MT	Pagina:	82 of 95

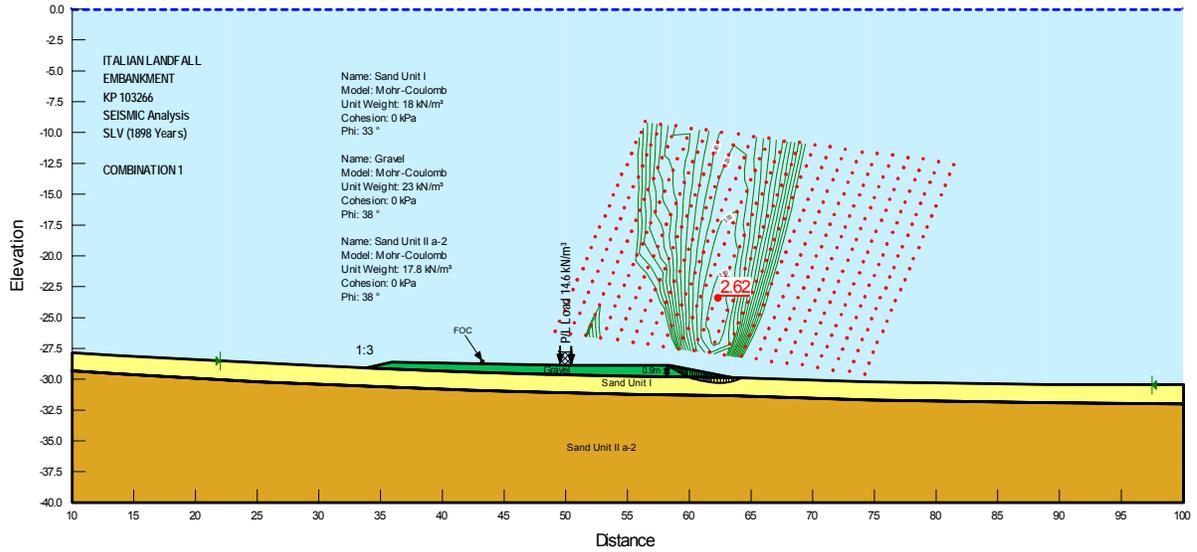


Figura 17-19 Analisi di stabilità del terrapieno – Sismica SLV – Combinazione 1 – Capacità Portante

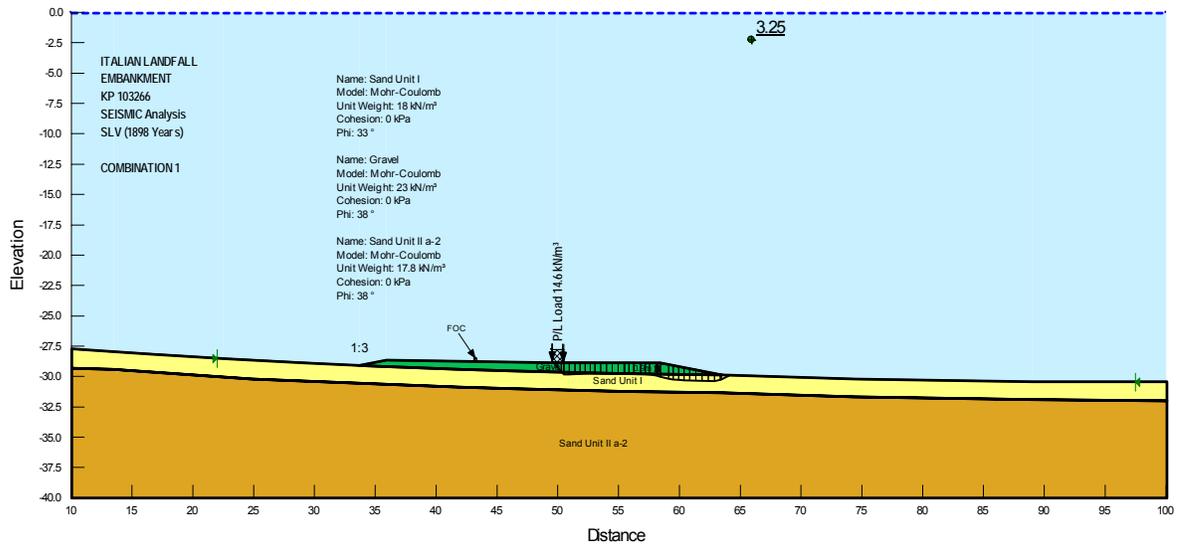


Figura 17-20 Analisi di stabilità del terrapieno – Sismica SLV – Combinazione 1 – Scorrimento Globale

	TAP AG Nr. Doc.:	OPL00-C10713-160-G-TRE-0001	Nr. Rev.:	0
	Titolo Doc.:	Progetto costruttivo dell'uscita offshore del MT	Pagina:	83 of 95

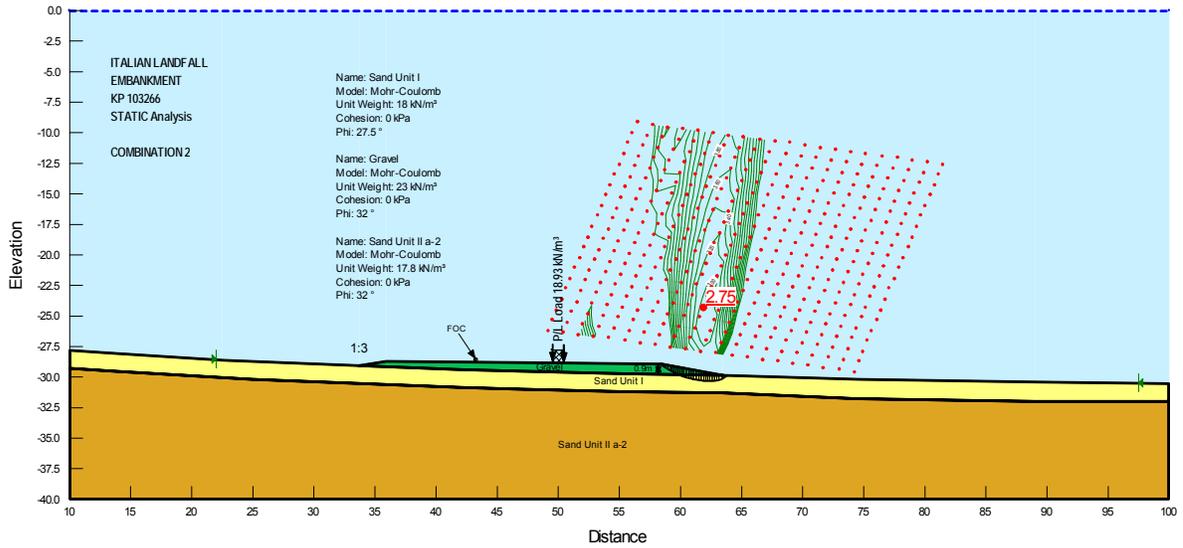


Figura 17-21 Analisi di stabilita del terrapieno – Statica – Combinazione 2 – Scorrimento Globale

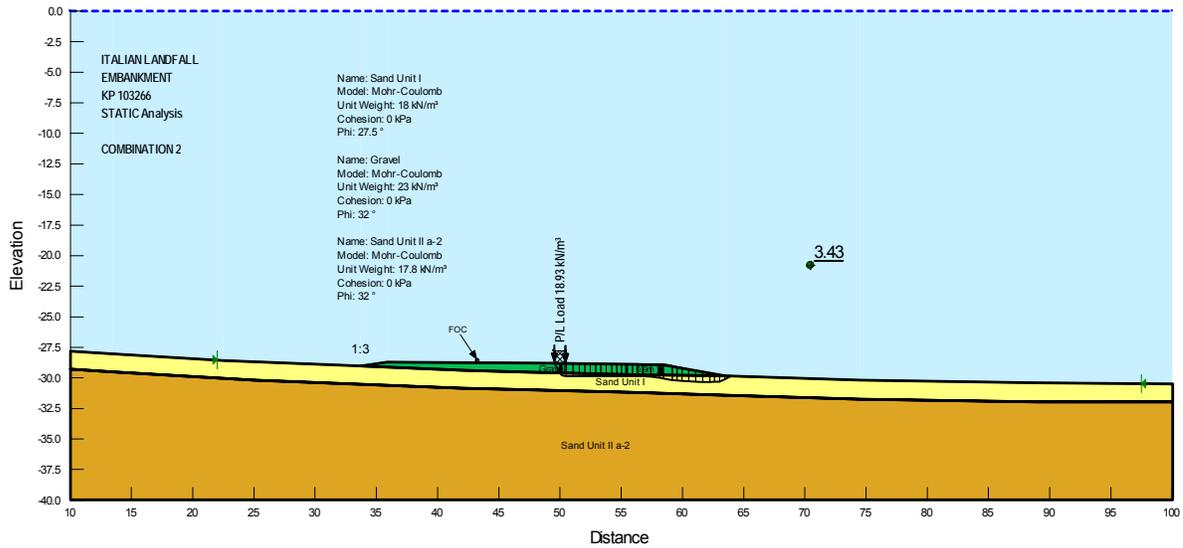


Figura 17-22 Analisi di stabilita del terrapieno – Statica – Combinazione 2 – Scorrimento Globale

	TAP AG Nr. Doc.:	OPL00-C10713-160-G-TRE-0001	Nr. Rev.:	0
	Titolo Doc.:	Progetto costruttivo dell'uscita offshore del MT	Pagina:	84 of 95

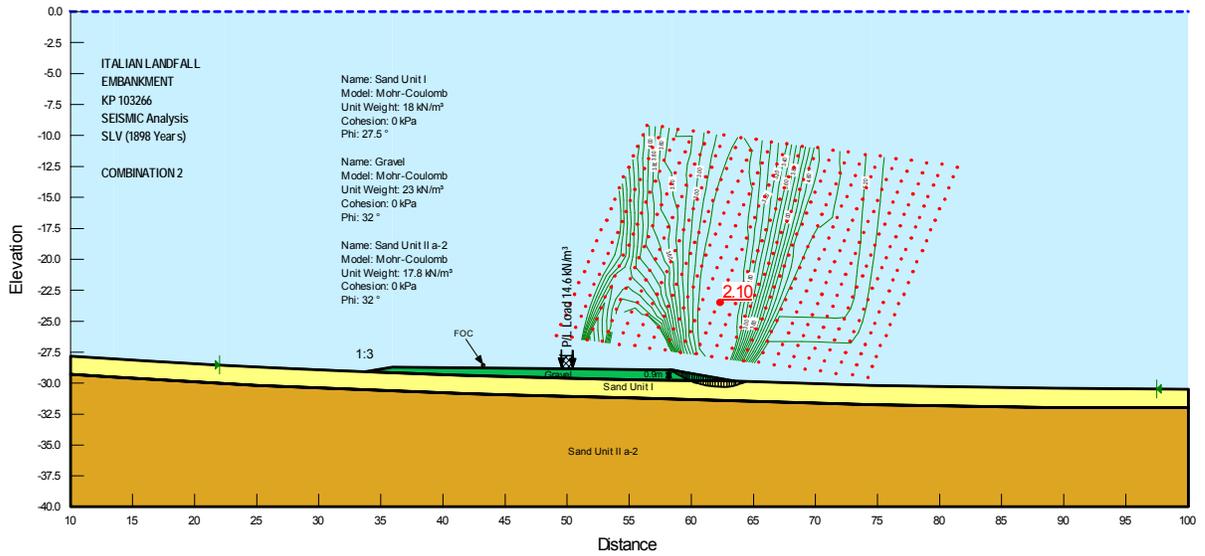


Figura 17-23 Analisi di stabilità del terrapieno – Sismica SLV – Combinazione 2– Capacità Portante

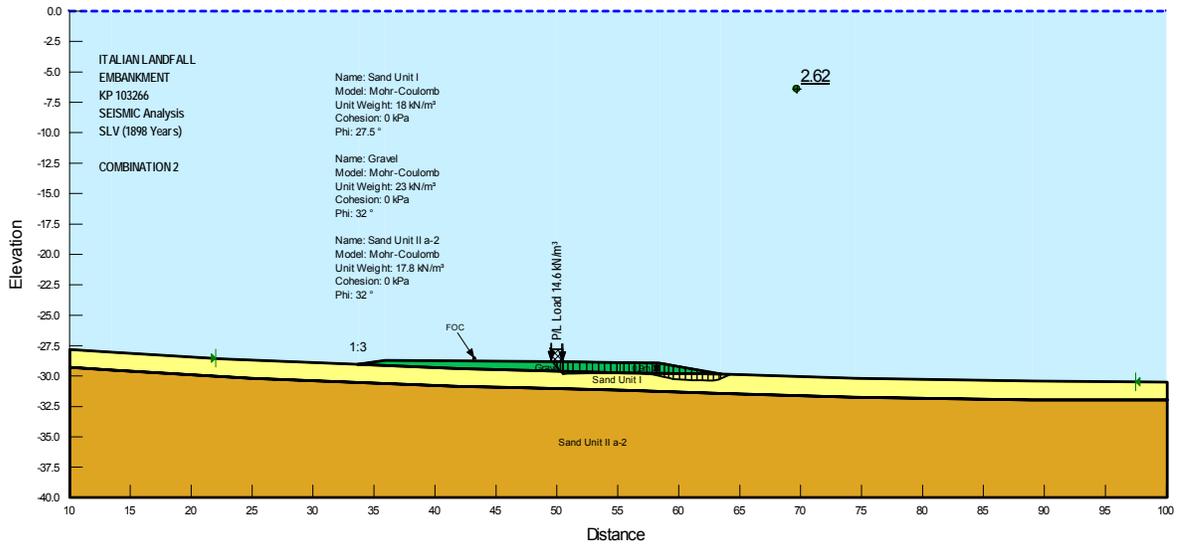


Figura 17-24 Analisi di stabilità del terrapieno – Sismica SLV – Combinazione 2 – Scorrimento Globale

 Trans Adriatic Pipeline	TAP AG Nr. Doc.:	OPL00-C10713-160-G-TRE-0001	Nr. Rev.:	0
 SAIPEM	Titolo Doc.:	Progetto costruttivo dell'uscita offshore del MT	Pagina:	85 of 95

17.5 CARATTERISTICHE DEI MEZZI NAVALI

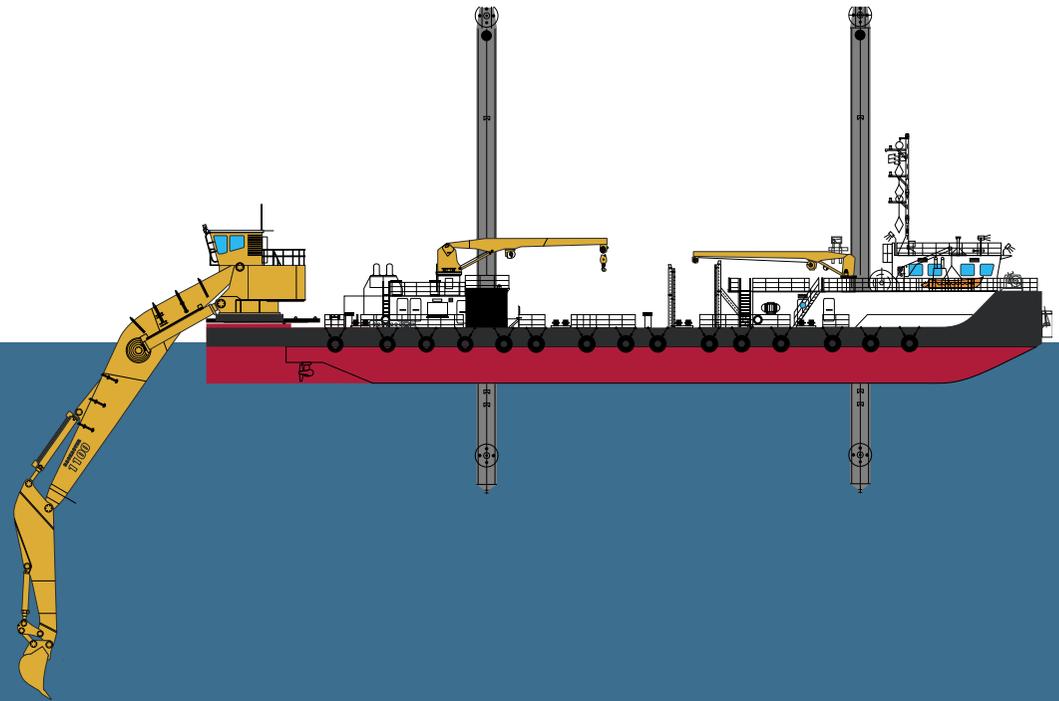


Jan De Nul
GROUP

www.jandenul.com

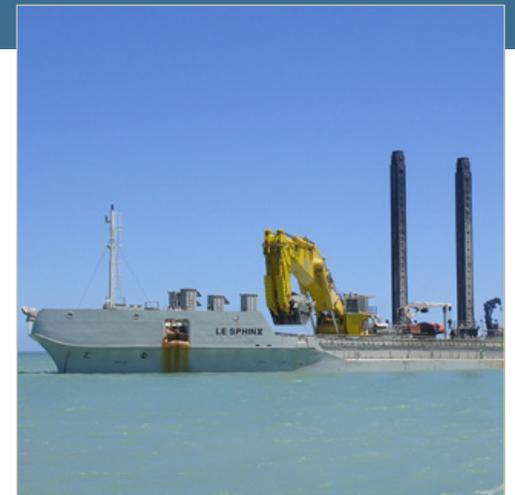
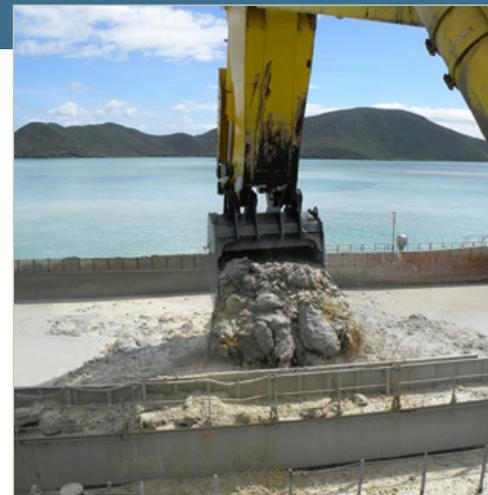
MIMAR SINAN

Length o.a.	64.9 m
Breadth	20.4 m
Draught	3.35 m
Dredging depth	18 / 26 / 32 m
Excavator type	Backacter 1100
Bucket / Grab capacity	15 / 25 / 40 m ³
Total installed diesel power	3,700 kW
Installed power excavator	3,460 kW
Propulsion power	2 x 500 kW
Built in	2008 / 2013



V2013-3

The content of this document is provided strictly for information purposes only. Whilst it has been endeavoured to procure completeness and accuracy, no warranty - express or implied - is given, in particular of fitness for a particular purpose. In no event any Jan De Nul Group company will be liable for any whatsoever damages arising directly or indirectly from the use of or reliance on the content provided herein, even if (previous) advice has been given/received that such damages may occur.



L'AIGLE | L'ÉTOILE | LE SPHINX | LE GUERRIER | LA BOUDEUSE



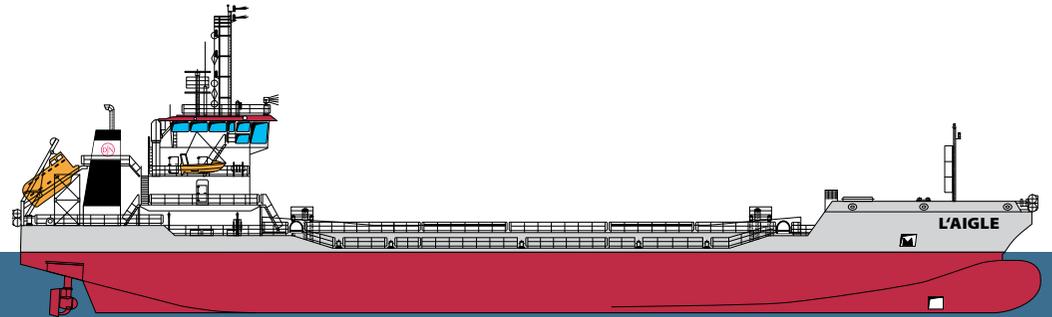
Jan De Nul
GROUP

www.jandenul.com

Split Hopper Barge

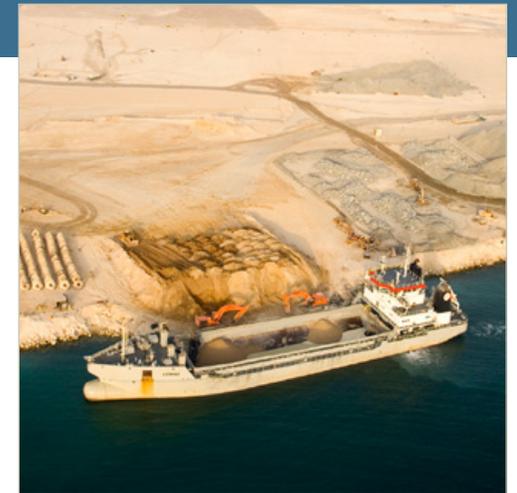
L'AIGLE | L'ÉTOILE | LE SPHINX LE GUERRIER | LA BOUDEUSE

Hopper capacity	3,700 m ³
Deadweight	6,310 ton
Length o.a.	99.5 m
Breadth	19.4 m
Draught loaded	5.85 m
Propulsion power	2 x 1,850 kW
Bow thruster power	550 kW
Speed	13.0 kn
Accommodation	10
Built in	2005 / 2006 / 2007



V2013-2

The content of this document is provided strictly for information purposes only. Whilst it has been endeavoured to procure completeness and accuracy, no warranty - express or implied - is given, in particular of fitness for a particular purpose. In no event any Jan De Nul Group company will be liable for any whatsoever damages arising directly or indirectly from the use of or reliance on the content provided herein, even if (previous) advice has been given/received that such damages may occur.



SIMON STEVIN



Photographer: Lotvedt (Bergen)



Jan De Nul
GROUP

www.jandenul.com

DP2 Fall Pipe Rock Installation Vessel

SIMON STEVIN

Length o.a.	191.5 m
Breadth	40.0 m
Draught loaded	9.25 m (at full deadweight)
Dynamic positioning	DYNAPOS AM/AT R Class 2
Propulsion power	4 x 3,350 kW
Bow thruster power	4 x 2,000 kW
Total installed diesel power	24,350 kW
Speed	15.5 kn
Accommodation	70
Rock carrying capacity	31,500 ton
Discharge capacity	2,000 ton/hour
Fall pipe diameter	1,000 mm
Max. discharge depth	2,000 m
Built in	2010



With a rock carrying capacity of 31,500 tonnes, this fallpipe rock installation vessel is together with its sister vessel, *Joseph Plateau*, the largest of its kind in the world and one of the few vessels equipped for rock installation in water depths of 2,000 m. Beside the very large operational depth, a unique feature of the vessel's feeding system to the fall pipe is that it is capable to deal with rock size of 400 mm, which is more than any other fall pipe vessel. For shallow water pipeline sections and scour protection alongside offshore platforms where the stability of the rock is defined by seabed currents, this allows to reduce the rock volume and resulting costs.

V2015-5



The content of this document is provided strictly for information purposes only. Whilst it has been endeavoured to procure completeness and accuracy, no warranty - express or implied - is given, in particular of fitness for a particular purpose. In no event any Jan De Nul Group company will be liable for any whatsoever damages arising directly or indirectly from the use of or reliance on the content provided herein, even if (previous) advice has been given/received that such damages may occur.



Workclass ROV



Fall Pipe ROV



ADHÉMAR DE SAINT-VENANT



Jan De Nul
GROUP

www.jandenul.com

MULTIPURPOSE VESSEL
DP2 Trenching and Offshore Support Vessel
Subsea Rock Installation Vessel

ADHÉMAR DE SAINT-VENANT

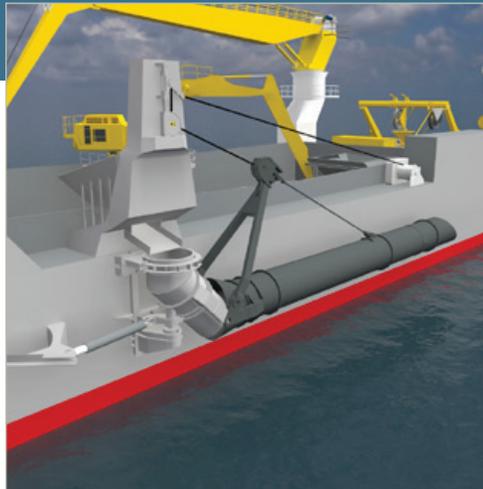
Deadweight	6,200 ton
Rock carrying capacity	About 5,100 ton
Length o.a.	95 m
Breadth	22 m
Draught loaded	6.5 m
Dynamic positioning	DYNAPOS AM/AT R Class 2
Propulsion power	2 x 1,250 kW
Bow thruster power	2 x 1,250 kW
Total installed diesel power	7,610 kW
Speed	11.5 kn
Accommodation	60 persons (notation Special Purpose Ship)
Built in	under construction - 2017
Max fall pipe depth	600 m
Inclined fall pipe diam.	1,800 mm
Optional equipment	ROV Trencher Workclass ROV A-Frame AHC Deckcrane: 25 ton



In the **Subsea Rock Installation mode**, the vessel can install about **5,100 ton of rock** in a single load by means of the excavator, conveyor belt and the fall pipe for accurate rock installation at up to 600 m water depth. Alternatively the rock can be handled through an inclined fall pipe, for secure installation against offshore structures such as jacket platforms, gravity bases or monopile foundations.

V2016-1

The content of this document is provided strictly for information purposes only. Whilst it has been endeavoured to procure completeness and accuracy, no warranty - express or implied - is given, in particular of fitness for a particular purpose. In no event any Jan De Nul Group company will be liable for any whatsoever damages arising directly or indirectly from the use of or reliance on the content provided herein, even if (previous) advice has been given/received that such damages may occur.



 Trans Adriatic Pipeline	TAP AG Nr. Doc.:	OPL00-C10713-160-G-TRE-0001	Nr. Rev.:	0
 SAIPEM	Titolo Doc.:	Progetto Esecutivo dell'uscita offshore del MT	Pagina:	87 of 87

17.6 PROGRAMMA LAVORI

ID	Task Name	Duration	Start	Finish	2018		2019	
					H1	H2	H1	H2
1	PERIODI DI RESTRIZIONE DEL PROGETTO	486 days	Fri 01/06/18	Mon 30/09/19	PERIODI DI RESTRIZIONE DEL PROGETTO			
2	Periodo di Restrizione 2018 - Costa Italiana	121 days	Fri 01/06/18	Sun 30/09/18	Periodo di Restrizione 2018 - Costa Italiana			
3	Periodo di Restrizione 2018 - Costa Albanese	91 days	Fri 01/06/18	Fri 31/08/18	Periodo di Restrizione 2018 - Costa Albanese			
4	Periodo di Restrizione 2019 - Costa Italiana	121 days	Sat 01/06/19	Mon 30/09/19	Periodo di Restrizione 2019 - Costa Italiana			
5	Periodo di Restrizione 2019 - Costa Albanese	91 days	Sat 01/06/19	Sat 31/08/19	Periodo di Restrizione 2019 - Costa Albanese			
119	LAVORI IN ITALIA (FUORI COSTA) ALL'USCITA DEL MICROTUNNEL	408,1 days	Thu 15/03/18	Sat 27/04/19	LAVORI IN ITALIA (FUORI COSTA) ALL'USCITA DEL MICROTUNNEL			
120	Interventi di Pre-Posa	233 days	Thu 15/03/18	Sat 03/11/18	Interventi di Pre-Posa			
121	FPV 2 "Adhémar de Saint-Venant" - Installazione delle palancole all'uscita del Microtunnel	52 days	Thu 15/03/18	Sun 06/05/18	FPV 2 "Adhémar de Saint-Venant" - Installazione delle palancole all'uscita del Microtunnel			
122	BHD 2 "Mimar Sinan" - Dragaggio all'uscita del Microtunnel - Fase 1 [KP 103.32 to 103.43]	17 days	Mon 01/10/18	Thu 18/10/18	BHD 2 "Mimar Sinan" - Dragaggio all'uscita del Microtunnel - Fase 1 [KP 103.32 to 103.43]			
123	SHB spread - Dragaggio all'uscita del Microtunnel - Phase 1	17 days	Mon 01/10/18	Thu 18/10/18	SHB spread - Dragaggio all'uscita del Microtunnel - Phase 1			
124	FPV 2 "Adhémar de Saint-Venant" - Assistenza ed Ispezione delle palancole durante il dragaggio all'uscita del Microtunnel	17 days	Mon 01/10/18	Thu 18/10/18	FPV 2 "Adhémar de Saint-Venant" - Assistenza ed Ispezione delle palancole durante il dragaggio all'uscita del Microtunnel			
125	Recupero della TBM	8 days	Thu 18/10/18	Fri 26/10/18	Recupero della TBM			
126	BHD 2 "Mimar Sinan" - Dragaggio all'uscita del Microtunnel - Phase 2 (Pulizia) [KP 103.32 to 103.43]	1 day	Wed 31/10/18	Thu 01/11/18	BHD 2 "Mimar Sinan" - Dragaggio all'uscita del Microtunnel - Phase 2 (Pulizia) [KP 103.32 to 103.43]			
127	BHD 2 "Mimar Sinan" - Preparazione del piano di Posa [KP 103.32 to 103.43]	2 days	Thu 01/11/18	Sat 03/11/18	BHD 2 "Mimar Sinan" - Preparazione del piano di Posa [KP 103.32 to 103.43]			
128	FPV 2 "Adhémar de Saint-Venant" - Costruzione dell'argine [KP 103.32 to 103.43]	3 days	Fri 26/10/18	Mon 29/10/18	FPV 2 "Adhémar de Saint-Venant" - Costruzione dell'argine [KP 103.32 to 103.43]			
129	Attività per Preparazione Tiro Tubazione	79,5 days	Tue 25/09/18	Thu 13/12/18	Attività per Preparazione Tiro Tubazione			
130	Preparazione Fondazione per il Verricello	32 days	Tue 25/09/18	Sat 27/10/18	Preparazione Fondazione per il Verricello			
131	Installazione Verricello	7 days	Sat 27/10/18	Sat 03/11/18	Installazione Verricello			
132	BHD 2 "Mimar Sinan" - Installazione del Cavo per il tiro Tubazione	3 days	Sat 03/11/18	Tue 06/11/18	BHD 2 "Mimar Sinan" - Installazione del Cavo per il tiro Tubazione			
133	Rimozione Verricello dalla Fondazione	14 days	Thu 15/11/18	Thu 29/11/18	Rimozione Verricello dalla Fondazione			
134	Rimozione Fondazione Verricello	14 days	Thu 29/11/18	Thu 13/12/18	Rimozione Fondazione Verricello			
135	Attività per Preparazione Tiro Cavo a Fibra Ottica	65,98 days	Mon 03/12/18	Wed 06/02/19	Attività per Preparazione Tiro Cavo a Fibra Ottica			
136	Preparazione Fondazione per il Verricello	21 days	Mon 03/12/18	Mon 24/12/18	Preparazione Fondazione per il Verricello			
137	Installazione Verricello	7 days	Mon 24/12/18	Mon 31/12/18	Installazione Verricello			
138	Rimozione Verricello dalla Fondazione	14 days	Wed 09/01/19	Wed 23/01/19	Rimozione Verricello dalla Fondazione			
139	Rimozione Fondazione Verricello	14 days	Wed 23/01/19	Wed 06/02/19	Rimozione Fondazione Verricello			
140	Interventi Post Posa	90,1 days	Sun 27/01/19	Sat 27/04/19	Interventi Post Posa			
141	FPV 1 "Simon Stevin" - Riempimento con Materiale Ingegnerizzato [KP 103.32 to 103.42]	1 day	Sun 27/01/19	Mon 28/01/19	FPV 1 "Simon Stevin" - Riempimento con Materiale Ingegnerizzato [KP 103.32 to 103.42]			
142	FPV 1 "Simon Stevin" - Riempimento con Materiale di Scavo [KP 103.32 to 103.43]	15,4 days	Mon 11/03/19	Tue 26/03/19	FPV 1 "Simon Stevin" - Riempimento con Materiale di Scavo [KP 103.32 to 103.43]			
143	FPV 2 "Adhémar de Saint-Venant" - Rimozione delle Palancole all'uscita del Microtunnel	38 days	Wed 20/03/19	Sat 27/04/19	FPV 2 "Adhémar de Saint-Venant" - Rimozione delle Palancole all'uscita del Microtunnel			
144	Risistemazione della Parte a Terra	21 days	Wed 06/02/19	Wed 27/02/19	Risistemazione della Parte a Terra			
201	ALTRE ATTIVITA' IN ITALIA (FUORI COSTA) ALL'USCITA DEL MICROTUNNEL	133 days	Mon 29/10/18	Mon 11/03/19	ALTRE ATTIVITA' IN ITALIA (FUORI COSTA) ALL'USCITA DEL MICROTUNNEL			
202	Installazione della Campana del Microtunnel (Bellmouth)	2 days	Mon 29/10/18	Wed 31/10/18	Installazione della Campana del Microtunnel (Bellmouth)			
203	Tiro del Tubo Lato Italia	6,5 days	Fri 09/11/18	Thu 15/11/18	Tiro del Tubo Lato Italia			
204	Tiro del Cavo a Fibra Ottica Lato Italia	8 days	Tue 01/01/19	Wed 09/01/19	Tiro del Cavo a Fibra Ottica Lato Italia			
207	Rimozione della Grata ed Installazione della Paratia	4 days	Thu 07/03/19	Mon 11/03/19	Rimozione della Grata ed Installazione della Paratia			