

Piano di Campionamento dell'Area di Costruzione del Microtunnel

Doc n°: IAL00-ERM-643-Y-TAE-1031
Rev. 01
Marzo 2016

Lorenzo Bertolo





IAL00-ERM-643-Y-TAE-1031
Rev.: 01

Proponente: Trans Adriatic Pipeline AG

Autore: Environmental Resources Management

Titolo Progetto: **Trans Adriatic Pipeline – TAP**

Titolo Documento:
Piano di Campionamento dell'Area di Costruzione del Microtunnel

Rev.	Emissione	Descrizione	Aut.	Data
01	Emesso per Informazione		ERM	2016-03-18

Emissione Finale: Procedure di VIA

	CONTRACTOR			TSP East	
	Autore	Verificato	Approvato	Verificato	Approvato
Nome/Firma	ERM	ERM	ERM		
Data	2016-03-18	2016-03-18	2016-03-18		
Org. / Dip.	ERM	ERM	ERM		
Stato del Documento	Redatto	Verificato	Approvato	Checked	Accepted / Approved

Titolo Progetto: **Trans Adriatic Pipeline – TAP**
 Titolo Documento: **Piano di Campionamento dell'Area di Costruzione
del Microtunnel**

IAL00-ERM-643-Y-TAE-1031
 Rev.:01

INDICE1

1	INTRODUZIONE	5
1.1	Obiettivi del PDC-A	6
2	RIFERIMENTI NORMATIVI	8
3	SINTESI DEI PRINCIPALI ASPETTI PROGETTUALI	9
3.1	Area di Costruzione del Microtunnel	11
4	INQUADRAMENTO DELL'AREA DI COSTRUZIONE DEL MICROTUNNEL	13
4.1	Modello Geologico	13
4.2	Assetto Idrogeologico	15
4.3	Uso del suolo	19
4.4	Caratterizzazione Ambientale Preliminare delle Matrici Suolo e Acque Sotterranee	19
4.4.1	Qualità della Matrice Suolo	19
4.4.2	Qualità della Matrice Acque Sotterranee	28
4.5	Proposta di Campionamento Acque Sotterranee	36
5	PIANO DI CAMPIONAMENTO DELL'AREA DI COSTRUZIONE DEL MICROTUNNEL (PDC-A)	39
5.1	Ubicazione Punti di Campionamento	39
5.1.1	Area per il Collaudo Idraulico (RFO)	40
5.1.2	Cantiere Temporaneo del Microtunnel (MT-WS)	40
5.1.3	Rampa di Tiro (TW)	40
5.1.4	Conclusioni	41
5.2	Modalità di Prelievo Campioni	41
5.2.1	Prelievo manuale	41
5.2.2	Esecuzione di Sondaggi	42
5.3	Modalità di Campionamento dei Terreni	42
5.3.1	Campionamento Terreno Superficiale -Top Soil	43
5.3.2	Campionamento Terreni Profondi	43
5.4	Piano di Analisi	44
5.5	Controllo Qualità	46

Titolo Progetto: **Trans Adriatic Pipeline – TAP**

 Titolo Documento: **Piano di Campionamento dell'Area di Costruzione del Microtunnel**

 IAL00-ERM-643-Y-TAE-1031
Rev.:01

ELENCO DELLE TABELLE

Tabella 4-1	Soggiacenze Luglio 2015 e Dicembre 2015 – Piezometri di Nuova Realizzazione	16
Tabella 4-2	Punti Campionati	20
Tabella 4-3	Risultati Analitici (TSA-TSE, TS0-TS7, TS ARQ)	22
Tabella 4-4	Risultati Analitici (TS8-TS17, TS PRT)	24
Tabella 4-5	Punti Campionati	26
Tabella 4-6	Risultati Analitici TS1 – TS5 - TS6 – TS11	27
Tabella 4-7	Parametri Chimico-Fisici delle Acque Sotterranee	29
Tabella 4-8	Risultati Analitici	31
Tabella 4-9	Set Analitico Proposto – Acque Sotterranee	37
Tabella 5-1	Numero Punti di Prelievo	41
Tabella 5-2	Set Analitico Proposto - Terreni	45

ELENCO DELLE FIGURE

Figura 3-1	Opere a Progetto - Sezione onshore TAP	9
Figura 3-2	Area di Costruzione del Microtunnel	12
Figura 3-3	Aree cantiere MT- WS e TW	12
Figura 4-1	Carta Geologica	14
Figura 4-2	Isofreatiche di Luglio 2015 - Acquifero Superficiale	16
Figura 4-3	Tracciato del gasdotto e microtunnel e carta della vulnerabilità idrogeologica del PTCP (Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale) di Lecce	17
Figura 4-4	Uso del Suolo (RFO;MT-WS;TW e MT)	19
Figura 4-5	Ubicazioni Postazioni di Campionamento del Suolo	21
Figura 4-6	Ubicazioni Postazioni TS1 – TS5 - TS6 – TS11	26
Figura 4-7	Campionamento delle Acque Sotterranee	29
Figura 4-8	Ubicazione Indicativa dei Piezometri (Piezo 3 – Piezo 7 - Piezo 8)	38

	Pagina 4 di 48				
	Stato	Società Incaricata	Codice Sistema	Disciplina	Tipo Doc.
Titolo Progetto: Trans Adriatic Pipeline – TAP Titolo Documento: Piano di Campionamento dell'Area di Costruzione del Microtunnel	IAL00-ERM-643-Y-TAE-1031 Rev.:01				

Appendice 1

- Tavola 1 – Indagini Proposte

Appendice 2

- IPL00-URS-000-Q-TRS-0001 - Studio Idrogeologico nell'area della Pipeline e del Microtunnel (Italia);
- IPL00-URS-000-Q-TRG-0002 - Studio geotecnico e geofisico nell'area del Microtunnel – ITALIA;
- IPL00-URS-000-Q-TRG-0001 - Studio geotecnico e geofisico lungo il tracciato del gasdotto – ITALIA;
- OPL00-SPF-200-G-TRX-0019 Potenziale interferenza del microtunnel sull'assetto idrogeologico locale.

Acronimi e abbreviazioni

APAT	Agenzia per la protezione dell'ambiente e per i servizi tecnici
BVS	<i>Block Valve Station</i> - Valvola di Intercettazione di linea
CSC	Concentrazioni Soglia di Contaminazione
DM	Decreto Ministeriale
EPA	<i>Environmental Protection Agency</i> - Agenzia per la protezione dell'ambiente
MT	Microtunnel
MT-WS	<i>Microtunnel Work Site</i> - Cantiere Temporaneo del Microtunnel
p.c.	Piano Campagna
PDC-A	Piano di Campionamento dell'Area di Costruzione del Microtunnel
PDC-O	Piano di Campionamento Onshore
PRT	<i>Pipeline Receiving Terminal</i> - Terminale di Ricezione del Gasdotto
RFO	Area per il Collaudo Idraulico
RoW	<i>Right of Way</i> - Pista di Lavoro
TW	Rampa di Tiro

	Pagina 5 di 48				
	Stato	Società Incaricata	Codice Sistema	Disciplina	Tipo Doc.
Titolo Progetto: Trans Adriatic Pipeline – TAP Titolo Documento: Piano di Campionamento dell'Area di Costruzione del Microtunnel	IAL00-ERM-643-Y-TAE-1031 Rev.:01				

1 INTRODUZIONE

Il presente Piano di Campionamento dell'Area di Costruzione del Microtunnel (PDC-A) è redatto in conformità con quanto stabilito dall'Art.186 del D.Lgs 152/2006 e s.m.i., al fine di ottemperare quanto richiesto nella prescrizione A25 comma a) del decreto di compatibilità ambientale del progetto TAP (D.M. 223 del 11/09/2014). Qui di seguito si riporta un estratto del decreto di compatibilità ambientale con la prescrizione in oggetto.

A25. "In merito alla gestione delle terre e rocce da scavo, prodotte dalla realizzazione dell'intera opera (condotta, Area di Costruzione del Microtunnel, area di cantiere, PRT, ecc.) in conformità a quanto stabilito dall'art.186 del D.Lgs. n. 152/2006 e s.m.i.:

a) Il proponente dovrà effettuare ulteriormente il campionamento dei terreni nell'area interessata dai lavori per la caratterizzazione chimica e chimica-fisica di essi, al fine di accertare la piena compatibilità ambientale delle terre e rocce rispetto al loro riutilizzo. Il Piano di Campionamento, che dovrà essere approvato dalla competente ARPA Puglia, dovrà considerare la potenziale presenza di sostanze inquinanti connesse con le attività antropiche e con le fonti di pressione ambientale riscontrate sull'area interessata dai lavori."

Il presente PDC-A è relativo al campionamento delle terre e rocce da scavo dell'Area di Costruzione del Microtunnel. Queste derivano dalle seguenti attività:

- scotico dell' Area per il Collaudo Idraulico (RFO) e dell'area di Cantiere Temporaneo del Microtunnel (MT-WS). Quest'ultima ubicata all'interno dell'area RFO;
- scavo del Cantiere Temporaneo del Microtunnel (MT-WS) costituito dal:
 - Pozzo di Spinta;
 - Aree di stoccaggio per cui è previsto uno scotico superficiale;
- scavo della Rampa di Tiro (TW).

Il presente PdC, non considera i materiali derivanti dallo scavo del *Microtunnel* e del Tubo di Protezione (localizzato tra la rampa di tiro e il pozzo di spinta), infatti, tali materiali di scavo e i fanghi di perforazione non più riutilizzati saranno smaltiti come rifiuto e pertanto la loro gestione sarà dettagliata in un apposito Piano di Gestione dei Rifiuti.

Per quanto concerne il campionamento delle restanti terre e rocce da scavo *del Tratto Onshore*, derivanti dallo:

- scotico dell'area della *Valvola di Intercettazione di linea (BVS)*;
- scotico e scavo dell'area del *Terminale di Ricezione del Gasdotto (PRT)*;
- scavo della *Pista di Lavoro (RoW)*.

	Pagina 6 di 48				
	Stato	Società Incaricata	Codice Sistema	Disciplina	Tipo Doc.
Titolo Progetto: Trans Adriatic Pipeline – TAP Titolo Documento: Piano di Campionamento dell'Area di Costruzione del Microtunnel	IAL00-ERM-643-Y-TAE-1031 Rev.:01				

- Scavo della trincea di posa del gasdotto;

si rimanda a quanto riportato nel Piano di Campionamento Onshore (PDC-O). Il PDC-A e il PDC-O costituiscono il Piano di Campionamento dei Terreni richiesto nella prescrizione A25 comma a) del decreto di compatibilità ambientale del progetto TAP (D.M. 223 del 11/09/2014).

1.1 Obiettivi del PDC-A

Il *Piano di Campionamento dell'Area di Costruzione del Microtunnel* ha lo scopo di definire le metodiche e i criteri per la caratterizzazione dei materiali da scavo che saranno oggetto di scavo o scotico superficiale, nell'area di Costruzione del Microtunnel, durante la realizzazione della parte italiana del progetto denominato Trans Adriatic Pipeline (TAP). Tale caratterizzazione ha come scopo quello di accertare l'idoneità del materiale di scavo al fine di poterlo utilizzare come sottoprodotto. Infatti, come riportato nell'Art. 186 del D. Lgs 152/06 e s.m.i., *“Fatto salvo quanto previsto dall'articolo 185, le terre e rocce da scavo, anche di gallerie, ottenute quali sottoprodotti, possono essere utilizzate per reinterri, riempimenti, rimodellazioni e rilevati purché: ...[omissis]...f) le loro caratteristiche chimiche e chimico-fisiche siano tali che il loro impiego nel sito prescelto non determini rischi per la salute e per la qualità delle matrici ambientali interessate ed avvenga nel rispetto delle norme di tutela delle acque superficiali e sotterranee, della flora, della fauna, degli habitat e delle aree naturali protette. In particolare deve essere dimostrato che il materiale da utilizzare non è contaminato con riferimento alla destinazione d'uso del medesimo, nonché la compatibilità di detto materiale con il sito di destinazione; “*

Il presente Piano di Campionamento dell'Area di Costruzione del Microtunnel stabilisce i seguenti elementi fondamentali:

- L'ubicazione delle verticali, la profondità di campionamento e il numero di campioni da prelevare;
- Le tecniche di prelievo (sondaggio o saggio di scavo);
- La metodologia di campionamento, conservazione, etichettatura, imballaggio e trasporto dei campioni;
- Il piano di analisi (pacchetto analitico e metodiche di analisi);
- Le procedure per il controllo qualità.

A seguito delle caratterizzazioni geologiche e geotecniche effettuate, verrà redatto un progetto di dettaglio dei volumi delle terre e rocce da scavo che saranno movimentate in corrispondenza delle aree di cantiere. In seguito alla definizione di dettaglio dei volumi oggetto di scavo, si procederà al campionamento dei terreni, così come definito nel presente Piano di Campionamento.

 Trans Adriatic Pipeline	Pagina 7 di 48				
	Stato	Società Incaricata	Codice Sitema	Disciplina	Tipo Doc.
Titolo Progetto: Trans Adriatic Pipeline – TAP Titolo Documento: Piano di Campionamento dell'Area di Costruzione del Microtunnel	IAL00-ERM-643-Y-TAE-1031 Rev.:01				

In seguito all'attività di campionamento per la fase ante operam e prima dell'inizio dei lavori di costruzione, TAP redigerà un apposito Progetto di Utilizzo in linea con quanto già riportata nell'Allegato 6 Terre e Rocce da Scavo e trasmesso agli Enti nell'Aprile 2014. Nel documento saranno definite:

- le aree di scavo, la quantità di materiale che sarà riutilizzata come sottoprodotto, la collocazione e durata degli stoccaggi temporanei e la collocazione definitiva di tali materiali;
- la quantità di materiale eccedente e le modalità di rimozione, raccolta e smaltimento come rifiuto.

	Pagina 8 di 48				
	Stato	Società Incaricata	Codice Sitema	Disciplina	Tipo Doc.
Titolo Progetto: Trans Adriatic Pipeline – TAP Titolo Documento: Piano di Campionamento dell'Area di Costruzione del Microtunnel	IAL00-ERM-643-Y-TAE-1031 Rev.:01				

2 RIFERIMENTI NORMATIVI

Il PDC-A è stato redatto in conformità con quanto previsto dall'art.186 del D.Lgs. n.152/2006 e s.m.i.

In assenza di specifiche linee guida per la pianificazione e la procedura di campionamento da seguire in fase di caratterizzazione ante operam dei suoli, i criteri e le metodologie riportate nel presente documento si basano anche su quanto riportato nel D.M. 161/2012 e s.m.i ed in particolare a quanto riportato nel:

- *Allegato 2 - Procedure di Campionamento in Fase di Progettazione;*
- *Allegato 4 - Procedure di Caratterizzazione Chimico-Fisiche e Accertamento delle Qualità Ambientali.*

Si sottolinea che il D.M. 161/2012 è stato utilizzato esclusivamente al fine di delineare al meglio i criteri e le metodiche di campionamento del materiale di scavo, infatti, come riportato nello Studio di Impatto Ambientale e Sociale, le terre e le rocce da scavo prodotte durante la realizzazione della sezione italiana del progetto TAP, verranno gestite in conformità a quanto previsto dall'Art. 186 del *D.Lgs. n.152/2006* e s.m.i..

Titolo Progetto: **Trans Adriatic Pipeline – TAP**

 Titolo Documento: **Piano di Campionamento dell'Area di Costruzione del Microtunnel**

 IAL00-ERM-643-Y-TAE-1031
Rev.:01

3 SINTESI DEI PRINCIPALI ASPETTI PROGETTUALI

Di seguito si riporta un inquadramento di massima del progetto nei suoi aspetti progettuali principali, descrivendone in sintesi le principali caratteristiche.

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 in Italia consiste di una condotta sottomarina (tratto offshore) lunga circa 45 km e di una condotta interrata (tratto onshore) lunga circa 8 km e di un Terminale di Ricezione del Gasdotto (PRT) ubicato nel Comune di Melendugno, in provincia di Lecce. Il sistema avrà inizialmente una portata di 10 miliardi di metri cubi di gas naturale all'anno che potrà essere incrementata fino a 20 miliardi di metri cubi all'anno. La *Figura 3-1* illustra il tracciato della condotta onshore e i principali Componenti del Progetto.

Figura 3-1 Opere a Progetto - Sezione onshore TAP



Fonte: ERM (luglio 2013)

	Pagina 10 di 48				
	Stato	Società Incaricata	Codice Sitema	Disciplina	Tipo Doc.
Titolo Progetto: Trans Adriatic Pipeline – TAP Titolo Documento: Piano di Campionamento dell'Area di Costruzione del Microtunnel	IAL00-ERM-643-Y-TAE-1031 Rev.:01				

Le attività di costruzione del progetto TAP avranno indicativamente uno sviluppo temporale nell'arco di quattro anni. Le attività non inizieranno contemporaneamente in tutte le sezioni del progetto, ma in periodi diversi in relazione delle aree di cantiere coinvolte:

- *Area di Costruzione del Microtunnel (RFO,MT-WS,TW,MT).* In tali aree le attività preliminari di predisposizione del sito incominceranno con l'accesso all'area e la rimozione della vegetazione arborea dell'Area per il *Collaudo Idraulico* e successivamente, per proseguire con il livellamento dell'area, recinzione e posizionamento mezzi meccanici. Successivamente inizieranno le attività di costruzione del *Pozzo di Spinta* e la realizzazione dello scavo per la *Rampa di Tiro* e per il *Tube di Protezione*. Infine si procederà alla perforazione del *Microtunnel*.
- *Tratto Onshore (RoW, PRT, BVS).* In tali aree l'inizio attività riguarderanno principalmente la costruzione del Terminale di Ricezione del Gasdotto e la posa della condotta lungo la Pista di Lavoro.

Il successivo Paragrafo riassume le attività di costruzione previste nell'area di costruzione del microtunnel, mentre nel Paragrafo 5 si riporta il piano di campionamento (PDC-A) predisposto per tale area.

	Pagina 11 di 48				
	Stato	Società Incaricata	Codice Sistema	Disciplina	Tipo Doc.
Titolo Progetto: Trans Adriatic Pipeline – TAP Titolo Documento: Piano di Campionamento dell'Area di Costruzione del Microtunnel	IAL00-ERM-643-Y-TAE-1031 Rev.:01				

3.1 Area di Costruzione del Microtunnel

Per quanto concerne l'area di costruzione del microtunnel, durante la fase di costruzione, le attività di movimento terra saranno legate principalmente allo:

- scotico e al livellamento dell'Area per il Collaudo Idraulico (RFO) e del Cantiere Temporaneo del Microtunnel (MT-WS). Quest'ultima è ubicata all'interno dell'area RFO;
- scavo del Cantiere Temporaneo del Microtunnel (MT-WS) costituito dal
 - Pozzo di Spinta;
 - Tubo di Protezione localizzato tra la rampa di tiro e il pozzo di spinta;
 - Aree di stoccaggio per cui è previsto uno scotico superficiale;
- scavo della Rampa di Tiro (TW);
- scavo del Microtunnel fino al punto di uscita dello stesso localizzato a circa 900 metri dalla costa (MT).

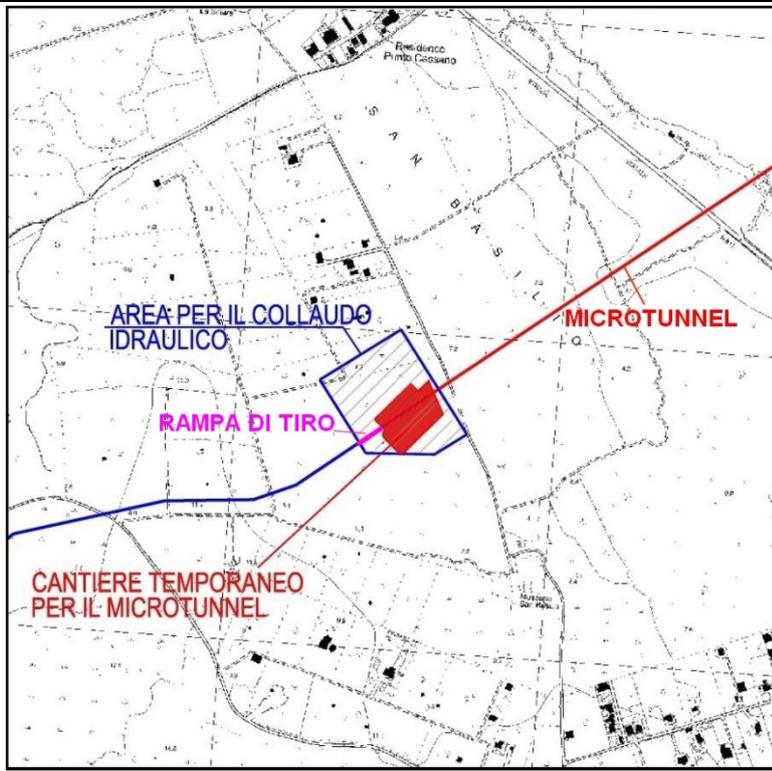
Si precisa, tuttavia, che i terreni generati dallo scavo del Microtunnel e del Tubo di Protezione non sono oggetto del presente PDC. Tali terreni saranno frantumati miscelati con acqua o fango bentonitico e trasportati in superficie, mediante un sistema idraulico costituito da una pompa a circuito chiuso. Successivamente il materiale di scavo e i fanghi di perforazione non più riutilizzati saranno smaltiti come rifiuto e pertanto la loro gestione sarà dettagliata in un apposito Piano di Gestione dei Rifiuti.

La seguente figura riporta, su Carta Tecnica Regionale, l'ubicazione delle quattro macro aree sopra menzionate.

Titolo Progetto: **Trans Adriatic Pipeline – TAP**
 Titolo Documento: **Piano di Campionamento dell'Area di Costruzione del Microtunnel**

IAL00-ERM-643-Y-TAE-1031
 Rev.:01

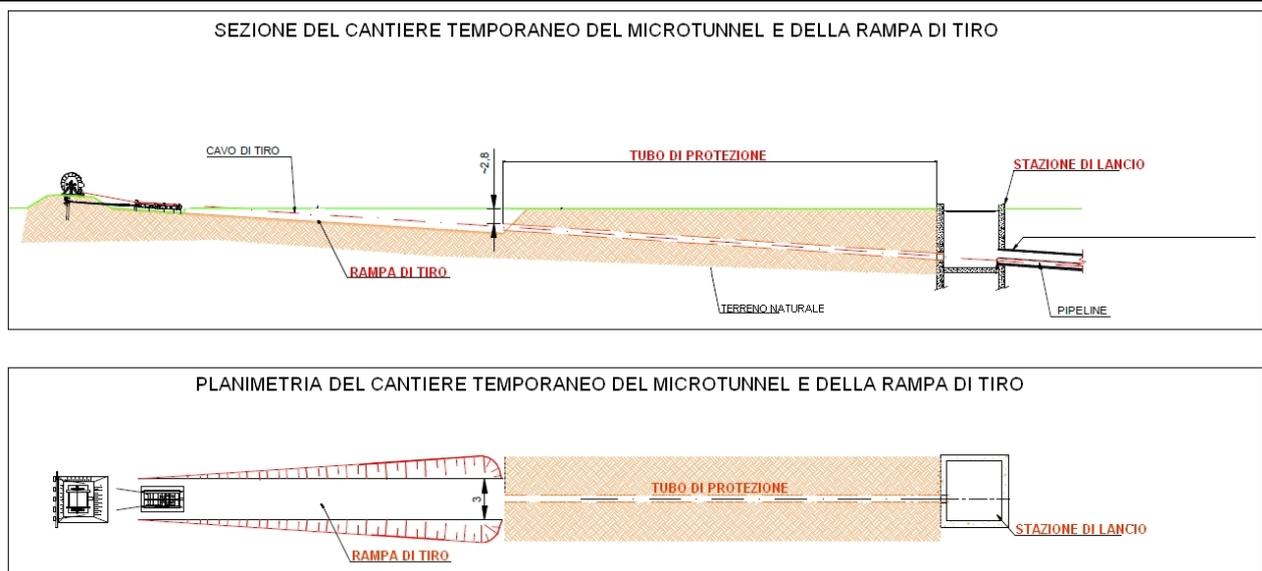
Figura 3-2 Area di Costruzione del Microtunnel



Fonte: Saipem (2014); ERM (2105)

Di seguito si riportano la sezione e la planimetria dell'area MT-WS e TW.

Figura 3-3 Aree cantiere MT- WS e TW



Fonte: Saipem (2014); ERM (2105)

	Pagina 13 di 48				
	Stato	Società Incaricata	Codice Sistema	Disciplina	Tipo Doc.
Titolo Progetto: Trans Adriatic Pipeline – TAP Titolo Documento: Piano di Campionamento dell'Area di Costruzione del Microtunnel	IAL00-ERM-643-Y-TAE-1031 Rev.:01				

4 INQUADRAMENTO DELL'AREA DI COSTRUZIONE DEL MICROTUNNEL

I seguenti paragrafi riassumono l'assetto geologico ed idrogeologico dell'area di Progetto sulla base delle informazioni riportate nell' ESIA e successivamente integrate con specifici studi redatti nel corso della procedura di Valutazione di Impatto Ambientale

Per maggiori dettagli si rimanda all'Appendice 2 in cui si riportano integralmente tali studi specifici.

- IPL00-URS-000-Q-TRS-0001 - Studio Idrogeologico nell'area della Pipeline e del Microtunnel (Italia);
- IPL00-URS-000-Q-TRG-0002 - Studio geotecnico e geofisico nell'area del Microtunnel – ITALIA;
- IPL00-URS-000-Q-TRG-0001 - Studio geotecnico e geofisico lungo il tracciato del gasdotto – ITALIA;
- OPL00-SPF-200-G-TRX-0019 Potenziale interferenza del microtunnel sull'assetto idrogeologico locale .

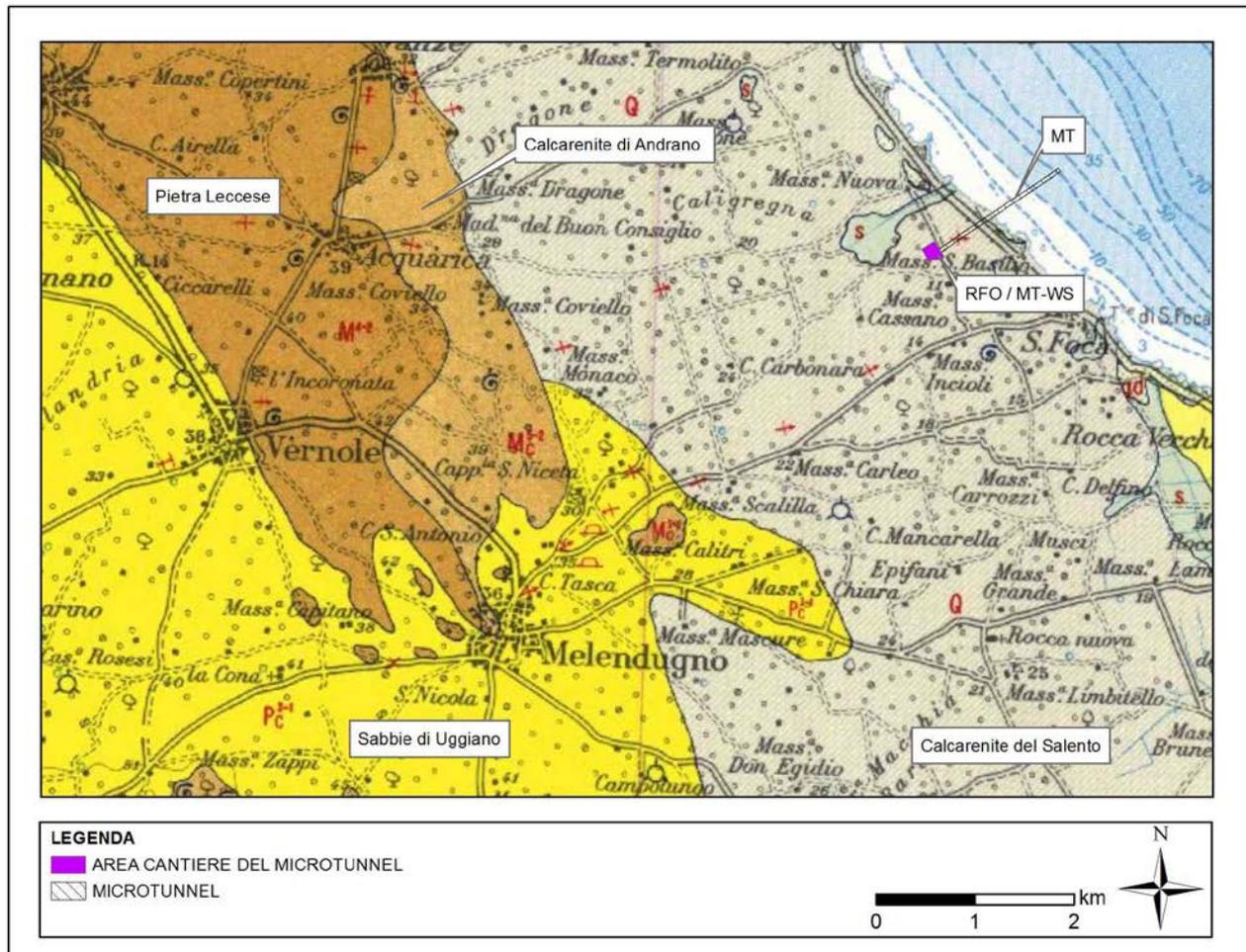
4.1 Modello Geologico

L'Area di Costruzione del Microtunnel si colloca nella regione della penisola salentina, la cui geologia è descritta nel Foglio 214 "Gallipoli" della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000.

Titolo Progetto: **Trans Adriatic Pipeline – TAP**

 Titolo Documento: **Piano di Campionamento dell'Area di Costruzione del Microtunnel**

 IAL00-ERM-643-Y-TAE-1031
Rev.:01

Figura 4-1 Carta Geologica


Fonte: Carta Geologica d'Italia, scala 1:100.000

Secondo quanto riportato dalla Carta Geologica d'Italia, le aree RFO, MT-WS e TW sono caratterizzate dalla presenza di Calcareniti del Salento. Tale formazione è caratterizzata da una considerevole variabilità litologica che comprende calcareniti marnose, da grana media a fine, poco coerenti, generalmente di colore giallo o grigio che mutano fino a calcareniti fossilifere a grana grossa e alla sabbia calcarea a grana grossa, più o meno cementata e argillosa, ricoperta da un crostone di colore giallo intenso o rossastro.

Sulla base delle indagini geotecniche e geofisiche svolte nel corso della procedura di VIA si può definire la seguente successione stratigrafica dal piano campagna fino alla profondità investigata (10 m da p.c.):

a) "Terra rossa", composta da limo sabbioso o argilloso e più raramente sabbia limosa residuale con spessore variabile da pochi centimetri (sugli alti morfologici) a circa 2 metri (nelle depressioni) che ricopre in modo discontinuo le unità descritte di seguito;

	Pagina 15 di 48				
	Stato	Società Incaricata	Codice Sistema	Disciplina	Tipo Doc.
Titolo Progetto: Trans Adriatic Pipeline – TAP Titolo Documento: Piano di Campionamento dell'Area di Costruzione del Microtunnel	IAL00-ERM-643-Y-TAE-1031 Rev.:01				

b) sabbia, limo sabbioso sabbia limosa, più raramente limo argilloso, con la presenza frequente di sabbia limosa biancastra rinvenuta nella parte bassa, affiorante all'incirca dal Kp 4.7 alla costa; essa è prevalentemente ricoperta da, ma a volte ricopre, una calcarenite tenera giallastra, in generale piuttosto fratturata ed alterata, che affiora lungo la condotta dal Kp 4.75 al Kp 1.75; le osservazioni eseguite sulle carote e le posizioni dei sondaggi permettono di affermare verosimilmente che i suddetti litotipi sono membri eteropici all'interno della stessa unità stratigrafica, correlata con la formazione denominata "Calcarenite del Salento", conosciuta anche come "Calcarenite di Gravina";

c) Calcarenite biancastra, dura, in media meno fratturata ed alterata, affiorante all'incirca dal Kp 7.7 al 7.55 e dal Kp 7.1 al 4.75, correlata con la formazione denominata "Calcareniti di Andrano"; dalle prospezioni geofisiche provengono indicazioni della sua presenza nel sottosuolo tra il Kp 2.7 fino al Kp1.6, al di sotto dell'unità b) ad a profondità comprese tra circa 12 e 20 m dal p.c.

4.2 Assetto Idrogeologico

La Puglia rappresenta un ambiente idrogeologico complesso. Il Salento è caratterizzato da due acquiferi:

- il primo acquifero, superficiale, è composto da sedimenti del Mio-Plio-Pleistocene contenenti uno o due corpi idrici, il secondo dei quali possiede una geometria spesso difficile da determinare, poiché i sedimenti giacciono in limitati intervalli di roccia permeabile all'interno di un più generale contesto di depositi impermeabili.
- Il secondo acquifero, profondo, è composto da formazioni carbonatiche mesozoiche. Tale acquifero è localizzato a quote comprese tra 40 e 60 m al di sotto del livello marino.

In particolare:

- l'acquifero superficiale è ubicato nelle Calcareniti del Salento e nelle Sabbie di Uggiano; la sua ricarica è dovuta quasi esclusivamente alle precipitazioni che interessano gli affioramenti di tali formazioni; esso mostra un grado di permeabilità relativo alla frazione limosa e/o limoso-argillosa all'interno delle sabbie; in genere non possiede un'elevata capacità di immagazzinamento e la falda idrica è soggetta a variazioni stagionali del livello;
- le Argille subappenniniche formano un acquitardo che separa la falda superficiale da una falda semiconfinata presente nelle Calcareniti di Andrano; tali falde sono tra di loro connesse;
- la Pietra Leccese rappresenta un impermeabile che separa l'acquifero multifalda superficiale dall'acquifero profondo ubicato nella Formazione dei Calcari di Altamura; la falda profonda è perciò confinata in questi depositi cretacei dai sovrastanti sedimenti miocenici (generalmente impermeabili).

Titolo Progetto: **Trans Adriatic Pipeline – TAP**

 Titolo Documento: **Piano di Campionamento dell'Area di Costruzione del Microtunnel**

 IAL00-ERM-643-Y-TAE-1031
Rev.:01

L'acquifero superficiale e l'acquifero semi-confinato appartengono al sistema denominato acquifero multilivello superficiale. Il tracciato di progetto attraversa le aree morfologicamente depresse occupate da terreni plio-pleistocenici: qui si può ritrovare l'acquifero multilivello superficiale. In particolare, nel tratto iniziale (all'incirca nel primo km) il livello di falda è stato rinvenuto a profondità da variabili tra circa 2 m a 6 m dal piano campagna (luglio e dicembre 2015), le quali aumentano gradualmente dalla costa verso l'interno.

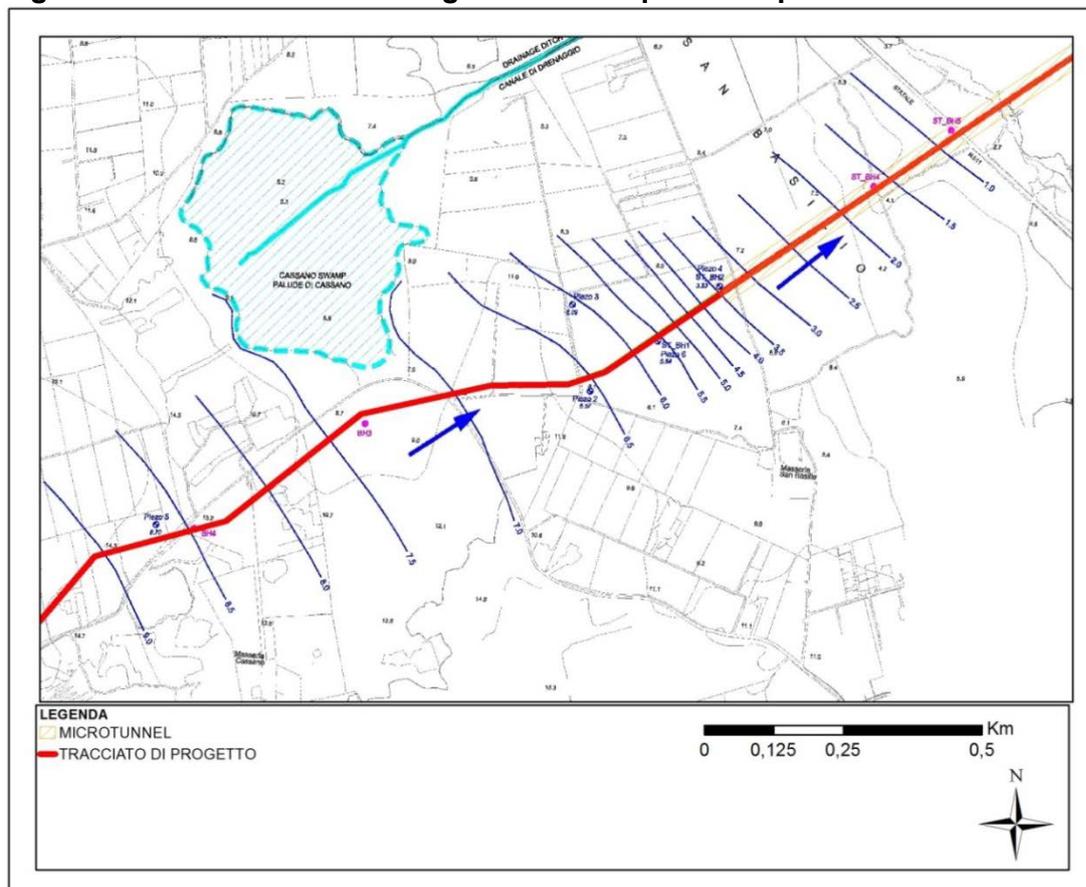
Tabella 4-1 Soggiacenze Luglio 2015 e Dicembre 2015 – Piezometri di Nuova Realizzazione

Piezometro	X	Y	Z [m s.l.m.]	Luglio 2015 [m da p.c.]	Dicembre 2015 [m da p.c.]
Piezo2	277683	4465001		2,31	2,36
Piezo3	277639	4465156	8.64	2,55	2,57
Piezo4 (STBH2)	277912	4465191	7.66	4,43	4,43
Piezo5	276887	4464756	15	6,3	6,5
Piezo6 (STBH1)	277804	4465092	8.3	2,66	2,7

Fonte: OPL00-SPF-200-G-TRX-0019 Potenziale interferenza del microtunnel sull'assetto idrogeologico locale

La *Figura 4-2* riporta la carta delle isofreatiche realizzata a seguito dei monitoraggi freatimetrici, svolti nel mese di luglio 2015, dai piezometri di nuova realizzazione elencati nella precedente tabella.

Figura 4-2 Isofreatiche di Luglio 2015 - Acquifero Superficiale



Fonte: OPL00-SPF-200-G-TRX-0019 Potenziale interferenza del microtunnel sull'assetto idrogeologico locale

Titolo Progetto: **Trans Adriatic Pipeline – TAP**

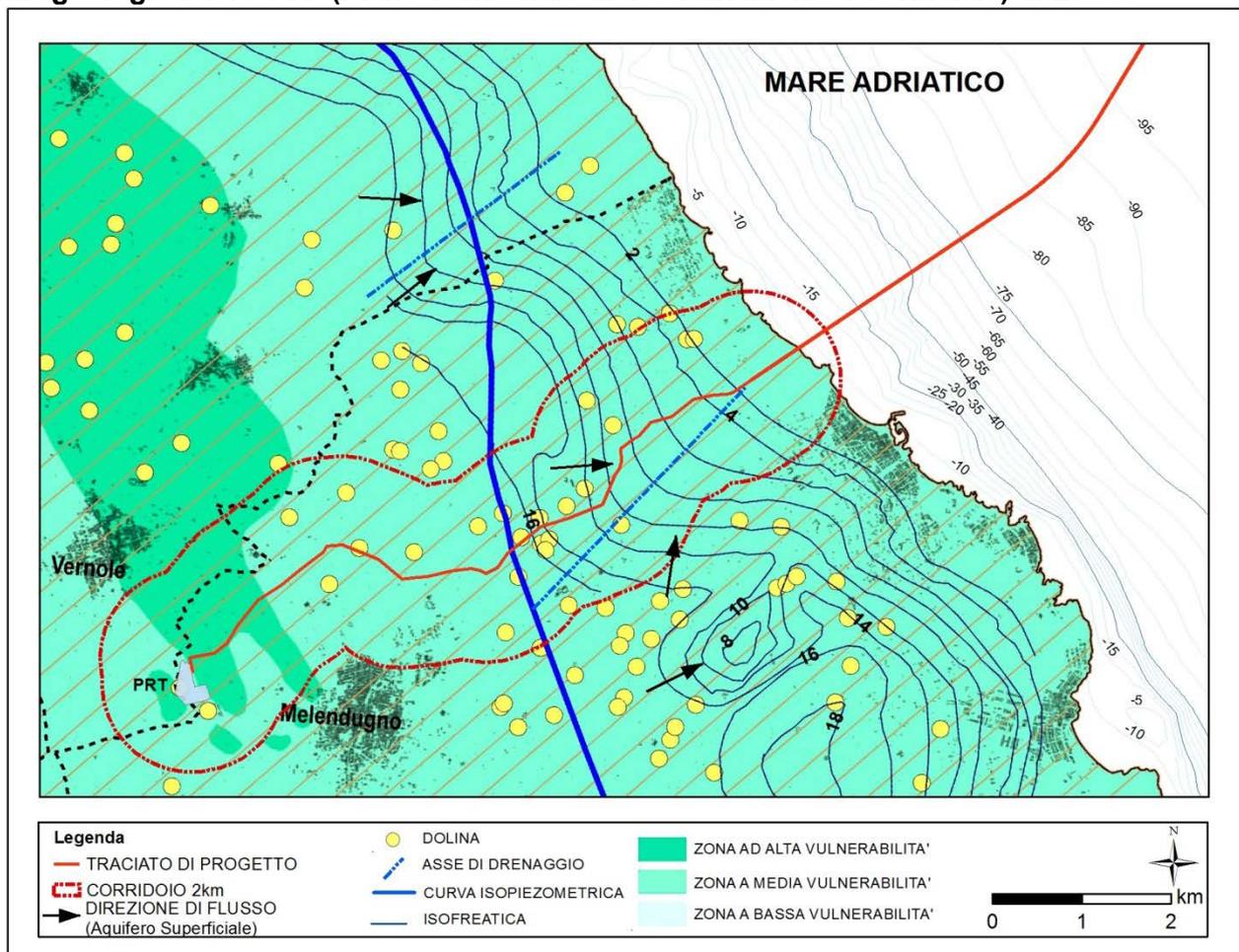
 Titolo Documento: **Piano di Campionamento dell'Area di Costruzione del Microtunnel**

 IAL00-ERM-643-Y-TAE-1031
Rev.:01

La seguente figura (*Figura 4-3*) mostra il PRT, il gasdotto ed il microtunnel sovrapposti alla Carta Idrogeologica del PTCP (Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale) di Lecce. Essa evidenzia:

- le isofreatiche dell'acquifero superficiale, che diminuiscono gradualmente da 16 a 2 m s.l.m. in linea con quanto riscontrato nel monitoraggio freaticometrico di luglio e dicembre 2015;
- la direzione di flusso della falda nell'acquifero superficiale, indicata dalle frecce;
- la presenza di assi di drenaggio (SW-NE) che caratterizzano l'acquifero superficiale;
- il grado di vulnerabilità dell'acquifero, connesso alla permeabilità primaria e secondaria, dovuta al contenuto di limo e/op argilla nelle sabbie ed al grado di cementazione delle calcareniti.

Figura 4-3 Tracciato del gasdotto e microtunnel e carta della vulnerabilità idrogeologica del PTCP (Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale) di Lecce



Fonte: ERM (2013)

	Pagina 18 di 48				
	Stato	Società Incaricata	Codice Sitema	Disciplina	Tipo Doc.
Titolo Progetto: Trans Adriatic Pipeline – TAP Titolo Documento: Piano di Campionamento dell'Area di Costruzione del Microtunnel	IAL00-ERM-643-Y-TAE-1031 Rev.:01				

Si può concludere che:

- Ad esclusione dell'area di cantiere del microtunnel non si prevedono dirette interferenze delle attività di scavo della trincea con l'acqua di falda.
- Nell'area di cantiere del microtunnel la soggiacenza attesa della prima falda si attesta tra 2 e i 4 metri dal piano campagna. Per tale motivo gli scavi per la realizzazione del Pozzo di Spinta, della Rampa di Tiro (TW) e dal Microtunnel (MT) avranno un'interferenza diretta con la zona satura. In particolare:
 - Il pozzo di spinta è stato progettato per raggiungere circa 11 m di profondità, di cui circa 8 m sono attesi nella zona satura.
 - La Rampa di Tiro raggiungerà profondità massime di circa 4 metri, per tale motivo potrebbero esserci delle minime interferenze, a fondo scavo, con la falda superficiale.
 - Il microtunnel attraverserà tutto l'acquifero superficiale, nel tratto in cui il livello di base della falda è ancora rappresentato da strati sedimentari aventi caratteristiche di acquiclude o, almeno, di acquitardo. La perforazione proseguirà, attraversando l'acquiclude sino al punto di uscita, senza intercettare l'acquifero miocenico, confinato a profondità notevolmente maggiori. Probabilmente sarà incontrata la parte inferiore della formazione calcarenitica pliocenica avente caratteristiche di acquitardo e, quindi, con presenza di acque marine di invasione.

Titolo Progetto: **Trans Adriatic Pipeline – TAP**
 Titolo Documento: **Piano di Campionamento dell'Area di Costruzione del Microtunnel**

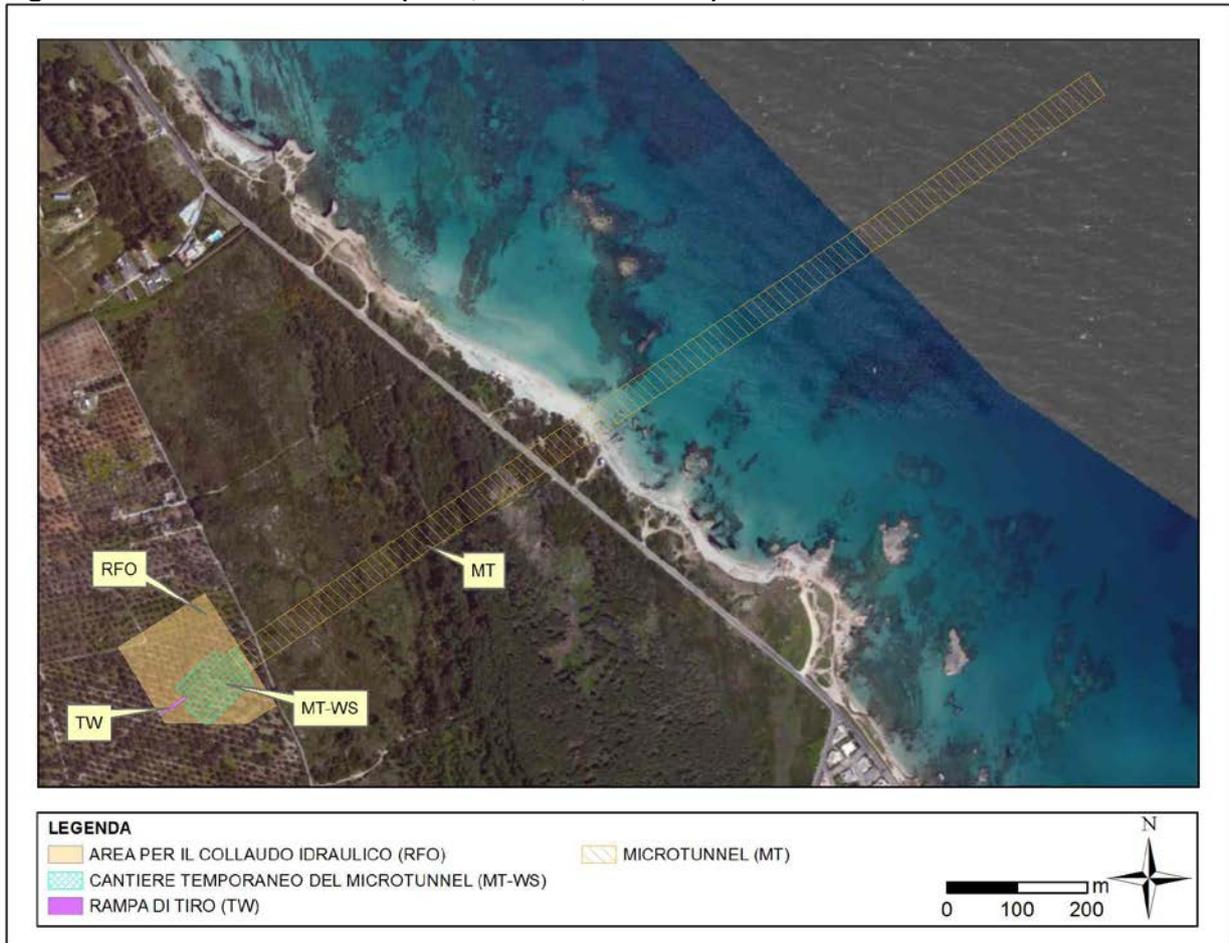
IAL00-ERM-643-Y-TAE-1031
 Rev.:01

4.3 Uso del suolo

Come riportato nella seguente figura, l'Area per il Collaudo Idraulico, l'area della Rampa di Tiro e il Cantiere Temporaneo del Microtunnel ricadono interamente in un'area di ulivi.

Non sono previsti, invece, cambiamenti di destinazione d'uso dei suoli agricoli e forestali per quanto concerne l'area del microtunnel (MT).

Figura 4-4 Uso del Suolo (RFO;MT-WS;TW e MT)



Fonte: ERM (Giugno 2015)

4.4 Caratterizzazione Ambientale Preliminare delle Matrici Suolo e Acque Sotterranee

4.4.1 Qualità della Matrice Suolo

Durante la procedura di VIA, al fine di verificare eventuale contaminazione esistente nel suolo, sono state eseguite due campagne di misura:

- la prima in luglio 2013 (campioni da "TS 0" a "TS 17", compreso "TS PRT"),
- la seconda in novembre 2013 (campioni da "TS A" a "TS D").

Titolo Progetto: **Trans Adriatic Pipeline – TAP**
 Titolo Documento: **Piano di Campionamento dell'Area di Costruzione del Microtunnel**

IAL00-ERM-643-Y-TAE-1031
 Rev.:01

I campioni sono stati raccolti ogni 500 metri lungo il tracciato, nell'area del PRT e nel cantiere del microtunnel. Per ogni campagna di misura è stato realizzato un duplicato al fine di verificare la precisione del laboratorio e/o l'omogeneità del campione. I campioni sono stati raccolti dallo strato vegetativo del terreno (top soil) tramite strumenti manuali e conservati in bottiglie di vetro chiuse ermeticamente, etichettate e mantenute in box termici fino all'arrivo in laboratorio.

La seguente tabella e le seguenti figure riportano l'ubicazione die punti di campionamento.

Tabella 4-2 Punti Campionati

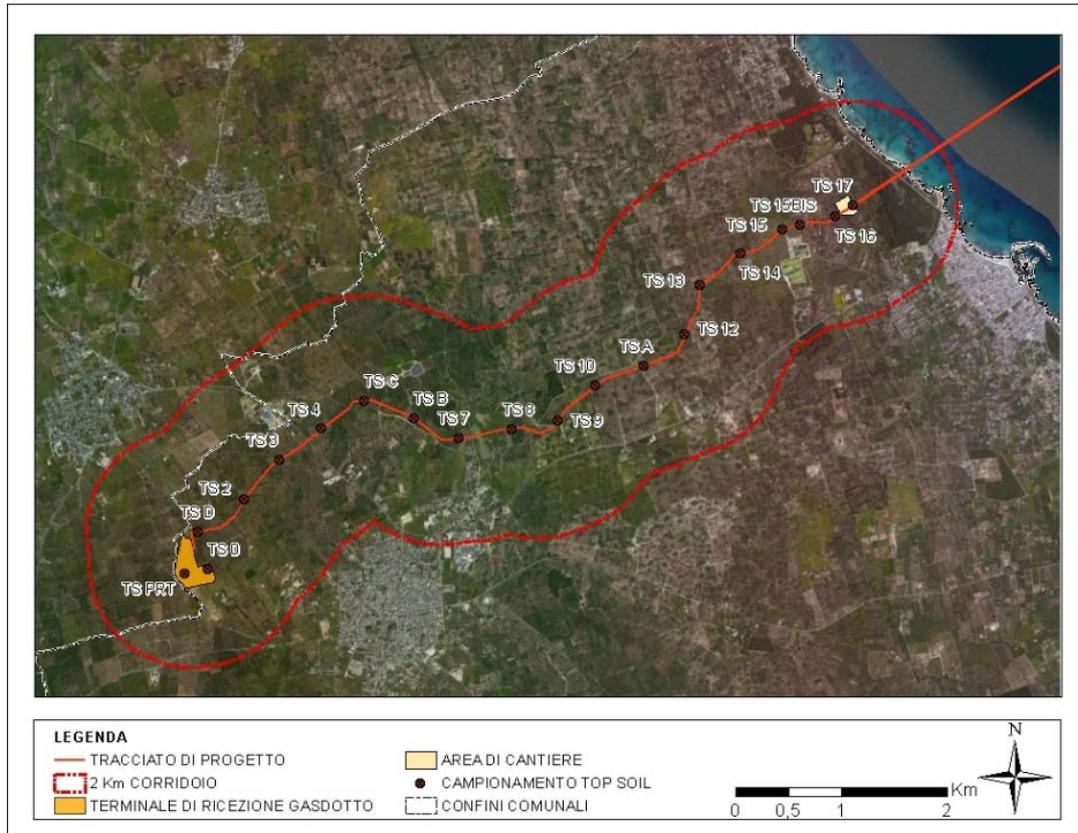
<i>WP Name</i>	<i>Nome - Laboratorio</i>	<i>Y UTM WGS84N (m)</i>	<i>X UTM WGS84N (m)</i>
TS 0	04/96434 TS 0 N	4461696.0622	271794.9078
TS 2	07/96322 TS 2 N	4462368.8184	272136.7345
TS 3	03/96322 TS 3 N	4462742.7169	272466.5824
TS 4	10/96322 TS 4 N	4463043.4327	272866.1202
TS 7	10/96434 TS 7 N	4462957.1393	274175.8336
TS 8	11/96434 TS 8 N	4463040.2980	274673.1348
TS 9	07/96434 TS 9 N	4463125.2777	275112.7340
TS 10	03/96434 TS 10 N	4463458.7514	275472.5732
TS 12	01/96434 TS 12 N	4463943.2294	276318.4578
TS 13	05/96434 TS 13 N	4464416.9831	276463.5854
TS 14	02/96322 TS 14 N	4464719.6130	276851.6300
TS15	01/96322 TS 15 N	4464947.2695	277246.0711
TS 15BIS	04/96322 TS 15 bis N	4464992.1993	277412.6586
TS 16	06/96322 TS 16 N	4465072.3806	277756.8070
TS 17	08/96322 TS 17 N	4465186.7087	277922.1000
TS PRT	06/96434 TS PRT N	4461655.5691	271574.2485
TS A	01/101797 TSA N	4463649.1699	275932.4387
TS B	02/101797 TSB N	4463148.1705	273742.5324
TS C	03/101797 TSC N	4463312.5584	273270.8325
TS D	05/101797 TSD N	4462057.2590	271683.2316

Fonte: ERM Luglio/Novembre (2013)

Titolo Progetto: **Trans Adriatic Pipeline – TAP**
 Titolo Documento: **Piano di Campionamento dell'Area di Costruzione
 del Microtunnel**

IAL00-ERM-643-Y-TAE-1031
 Rev.:01

Figura 4-5 Ubicazioni Postazioni di Campionamento del Suolo



Fonte: ERM (luglio 2013)

La Tabella che segue riporta i risultati delle analisi sui campioni di terreno comparati con le Concentrazioni Soglia di Contaminazione (CSC) della Tabella 1-A, Allegato 5, Sezione IV, Titolo 5 del Decreto Legislativo, 152/2006 e s.m.i., per area ad uso residenziale con gli standard olandesi (Dutch Standards).

Titolo Progetto: **Trans Adriatic Pipeline – TAP**

 Titolo Documento: **Piano di Campionamento dell'Area di Costruzione del Microtunnel**
IAL00-ERM-643-Y-TAE-1031
Rev.:01

Tabella 4-3 Risultati Analitici (TSA-TSE, TS0-TS7, TS ARQ)

Analita	Unità	CSC*	Dutch Standards		TS A	TS B	TS C	TS E	TS D	TS 0	TS 2	TS 3	TS 4	TS AQR	TS 7
			T.V.**	I.V.***											
Residuo fisso 105°C	%	-	-	-	88,1	86,9	92,5	92,4	89,1	95	95.7	95.8	97.6	97.7	94.7
Frazione passante <2mm	%	-	-	-	77,9	66,8	98,9	89,9	85	81.5	98.9	99.7	99.6	99.4	91.1
Amianto	mg/kg	1000	-	100	<373	<339	<497	<454	<407	<390	<473	<477	<503	<510	<458
Amosite	mg/kg	-	-	-	<284	<258	<378	<346	<310	<297	<360	<363	<383	<388	<349
Crisotilo	mg/kg	-	-	-	<208	<189	<278	<254	<227	<218	<264	<267	<281	<285	<256
crocidolite	mg/kg	-	-	-	<373	<339	<497	<454	<407	<390	<473	<477	<503	<510	<458
Antimonio	mg/kg	10	3	15	0,495	0,608	0,625	0,385	1,07	1.06	0.662	0.418	0.482	0.414	0.969
Arsenico	mg/kg	20	29	55	2,92	5,91	9,76	8,07	10	15.2	5.23	4.41	5.19	4.88	13.6
Berillio	mg/kg	2	1.1	30	0,639	1,05	1,31	1,06	0,826	1.31	0.707	0.474	0.622	0.559	1.67
Cadmio	mg/kg	2	0.8	12	0,245	0,221	0,0855	0,0727	0,243	0.166	<0.0735	0.0811	<0.0745	<0.0748	0.429
Cobalto	mg/kg	20	9	240	2,71	5,02	5,2	4,34	6,23	8.98	2.7	1.94	2.29	2.05	13.5
Cromo totale	mg/kg	150	100	380	27,5	31,9	32,7	27,2	32,1	43.8	22.8	17	20.3	16.5	74.5
Mercurio	mg/kg	1	0.3	100	<0,0269	<0,0237	<0,0354	<0,0321	<0,0299	0.059	0.155	0.142	0.139	0.148	0.0571
Nichel	mg/kg	120	35	210	9,81	17,7	17,4	15	27,9	35.9	11.2	8.02	9.63	8.24	77.3
Piombo	mg/kg	100	85	530	9,19	19,4	14,2	10,7	14,8	16.6	25	10.3	11.6	10.6	31.2
Rame	mg/kg	120	36	190	11,4	12,5	10,6	9,69	36,6	13.9	7.89	11.1	7.7	7.48	24.3
Selenio	mg/kg	3	0.7	100	<0,25	0,301	<0,329	<0,298	<0,278	<0.266	<0.325	<0.321	<0.33	<0.331	0.42
Stagno	mg/kg	-	-	900	0,814	1,33	1,4	1,01	1,06	1.3	1.02	0.829	1.07	0.849	2.13
Tallio	mg/kg	1	1	15	0,255	0,503	0,517	0,41	0,383	0.447	0.27	0.219	0.262	0.225	0.79
Vanadio	mg/kg	90	42	250	22,7	32,9	37,1	31,3	32,1	42.6	25.2	21.8	25.5	22.7	76.8
Zinco	mg/kg	150	140	720	18,1	32,2	19,4	21	29,2	37	20.8	16.6	19.3	16.5	58.8
Cromo esavalente	mg/kg	2	-	-	0,191	0,115	0,188	0,144	0,129	0.0726	0.0269	0.0669	0.072	0.0787	0.0721
idrocarburi pesanti >C12 (C12-C40)	mg/kg	50	-	-	6,29	15,4	6,09	<1,97	<2,1	1.67	3.81	<1.13	12.9	<1.14	17.3
idrocarburi leggeri < C12	mg/kg	10	-	-	<0,0539	<0,0382	2,83	<0,0534	<0,0826	4.13	<0.0914	<0.058	<0.0968	5.1	0.804
sommatoria policiclici aromatici (Dlgs 152/06 - All 5 Tab1)	mg/kg	10	-	40	<0,000602	0,00184	<0,000711	<0,000657	<0,000639	<0.000627	<0.000786	<0.000702	<0.000784	<0.00073	0.00546
benzo[a]antracene	mg/kg	0.5	-	-	<0,00045	<0,000379	<0,000531	<0,000491	<0,000478	<0.000468	<0.000588	<0.000525	<0.000586	<0.000546	0.00078
benzo[a]pirene	mg/kg	0.1	-	-	<0,000537	<0,000452	<0,000633	<0,000586	<0,000569	<0.000558	<0.0007	<0.000626	<0.000699	<0.00065	0.00121
benzo[b]fluorantene	mg/kg	0.5	-	-	<0,000524	0,000635	<0,000619	<0,000572	<0,000556	<0.000545	<0.000684	<0.000611	<0.000683	<0.000635	0.000954
benzo[g,h,i]perilene	mg/kg	0.1	-	-	<0,00047	0,000635	<0,000555	<0,000513	<0,000499	<0.00049	<0.000614	<0.000549	<0.000613	<0.00057	0.00113
benzo[k]fluorantene	mg/kg	0.5	-	-	<0,000602	<0,000507	<0,000711	<0,000657	<0,000639	<0.000627	<0.000786	<0.000702	<0.000784	<0.00073	<0.000693
Crisene	mg/kg	5	-	-	<0,000361	0,000571	<0,000427	<0,000394	<0,000384	<0.000376	<0.000472	<0.000422	<0.000471	<0.000438	0.00139

Titolo Progetto: **Trans Adriatic Pipeline – TAP**

 Titolo Documento: **Piano di Campionamento dell'Area di Costruzione del Microtunnel**
IAL00-ERM-643-Y-TAE-1031
Rev.:01

Analita	Unità	CSC*	Dutch Standards		TS A	TS B	TS C	TS E	TS D	TS 0	TS 2	TS 3	TS 4	TS AQR	TS 7
			T.V.**	I.V.***											
dibenzo[a,e]pirene	mg/kg	0.1	-	-	<0,000487	<0,00041	<0,000575	<0,000532	<0,000517	<0,000507	<0,000636	<0,000568	<0,000635	<0,00059	<0,00056
dibenzo[a,h]antracene	mg/kg	0.1	-	-	<0,000441	<0,000372	<0,000521	<0,000481	<0,000468	<0,000459	<0,000576	<0,000515	<0,000575	<0,000535	<0,000508
dibenzo[a,h]pirene	mg/kg	0.1	-	-	<0,000453	<0,000382	<0,000535	<0,000494	<0,000481	<0,000472	<0,000591	<0,000528	<0,00059	<0,000549	<0,000521
dibenzo[a,l]pirene	mg/kg	0.1	-	-	<0,000473	<0,000399	<0,000559	<0,000516	<0,000502	<0,000493	<0,000618	<0,000552	<0,000616	<0,000574	<0,000545
dibenzo[a,l]pirene	mg/kg	0.1	-	-	<0,000559	<0,00047	<0,000659	<0,00061	<0,000593	<0,000581	<0,000729	<0,000651	<0,000728	<0,000677	<0,000643
indeno[1,2,3-cd]pirene	mg/kg	0.1	-	-	<0,000527	<0,000444	<0,000622	<0,000575	<0,000559	<0,000548	<0,000687	<0,000614	<0,000686	<0,000638	0,000954
Pirene	mg/kg	5	-	-	<0,000379	0,000889	<0,000448	<0,000414	<0,000403	<0,000395	0,00236	0,00369	<0,000494	<0,00046	0,00225
Atrazina	mg/kg	0.01	-	-	<0,000447	<0,000377	<0,000528	<0,000488	<0,000475	<0,000465	<0,000584	<0,000522	<0,000582	<0,000542	<0,000515
DDD (somma isomeri 2,4' e 4,4')	mg/kg	0.01	-	34	<0,000596	<0,000502	<0,000703	<0,00065	<0,000632	<0,00062	<0,000777	<0,000695	<0,000776	<0,000722	<0,000685
DDE (somma isomeri 2,4' e 4,4')	mg/kg	0.01	-	2.3	<0,000537	<0,000452	<0,000633	<0,000586	<0,000569	<0,000558	<0,0007	<0,000626	<0,000699	<0,00065	<0,000617
DDT (somma isomeri 2,4' e 4,4')	mg/kg	0.01	-	1.7	<0,000591	<0,000498	<0,000698	<0,000645	<0,000627	<0,000615	<0,000771	<0,000689	<0,00077	<0,000716	<0,00068
2,4'-DDD	mg/kg		-	-	<0,000561	<0,000472	<0,000662	<0,000612	<0,000595	<0,000584	<0,000732	<0,000654	<0,000731	<0,00068	<0,000645
2,4'-DDE	mg/kg		-	-	<0,000537	<0,000452	<0,000633	<0,000586	<0,000569	<0,000558	<0,0007	<0,000626	<0,000699	<0,00065	<0,000617
2,4'-DDT	mg/kg		-	-	<0,00049	<0,000413	<0,000578	<0,000535	<0,00052	<0,00051	<0,000639	<0,000571	<0,000638	<0,000594	<0,000564
4,4'-DDD	mg/kg		-	-	<0,000596	<0,000502	<0,000703	<0,00065	<0,000632	<0,00062	<0,000777	<0,000695	<0,000776	<0,000722	<0,000685
4,4'-DDE	mg/kg		-	-	<0,000468	<0,000394	<0,000552	<0,00051	<0,000496	<0,000487	<0,00061	<0,000545	<0,000609	<0,000567	<0,000538
4,4'-DDT	mg/kg		-	-	<0,000591	<0,000498	<0,000698	<0,000645	<0,000627	<0,000615	<0,000771	<0,000689	<0,00077	<0,000716	<0,00068
a-HCH	mg/kg	0.01	-	17	<0,000501	<0,000422	<0,000591	<0,000546	<0,000531	<0,000521	<0,000653	<0,000584	<0,000652	<0,000607	<0,000576
alaclor	mg/kg	0.01	-	-	<0,000587	<0,000494	<0,000692	<0,00064	<0,000622	<0,00061	<0,000765	<0,000684	<0,000764	<0,000711	<0,000675
Aldrin	mg/kg	0.01	-	-	<0,000575	<0,000484	<0,000679	<0,000628	<0,00061	<0,000598	<0,00075	<0,000671	<0,000749	<0,000697	<0,000662
b-HCH	mg/kg	0.01	-	1.6	<0,000429	<0,000361	<0,000506	<0,000468	<0,000455	<0,000446	<0,00056	<0,0005	<0,000559	<0,00052	<0,000493
dieldrin	mg/kg	0.01	-	-	<0,000577	<0,000486	<0,000682	<0,00063	<0,000613	<0,000601	<0,000754	<0,000673	<0,000752	<0,0007	<0,000664
endrin	mg/kg	0.01	-	-	<0,000559	<0,00047	<0,000659	<0,00061	<0,000593	<0,000581	<0,000729	<0,000651	<0,000728	<0,000677	<0,000643
g-HCH lindano	mg/kg	0.01	-	-	<0,000561	<0,000472	<0,000662	<0,000612	<0,000595	<0,000584	<0,000732	<0,000654	<0,000731	<0,00068	<0,000645
clordano (cis+trans)	mg/kg	0.01	-	4	<0,000561	<0,000472	<0,000662	<0,000612	<0,000595	<0,000584	<0,000732	<0,000654	<0,000731	<0,00068	<0,000645
cis-clordano	mg/kg		-	-	<0,000524	<0,000441	<0,000619	<0,000572	<0,000556	<0,000545	<0,000684	<0,000611	<0,000683	<0,000635	<0,000603
trans-clordano	mg/kg		-	-	<0,000561	<0,000472	<0,000662	<0,000612	<0,000595	<0,000584	<0,000732	<0,000654	<0,000731	<0,00068	<0,000645

Note:

* = Concentrazioni soglia di contaminazione (Tabella 1, Allegato 5, Parte IV, Titolo 5 of D.Lgs. 152/2006);

**= Valore target di Dutch Standard (allegato A della Soil Remediation Circular 2009)

***=Dutch Standards. Valori limite per la componente suolo dalle Tabelle 1 e 2 della Soil Remediation Circular 2009;

- TS ARQ e TS E sono i duplicati di campo in cieco di rispettivamente TS 4 e TS C.

- I valori in grassetto indicano concentrazioni più elevate di CSC

Fonte: Theolab (luglio/novembre 2013)

Titolo Progetto: **Trans Adriatic Pipeline – TAP**

 Titolo Documento: **Piano di Campionamento dell'Area di Costruzione del Microtunnel**
IAL00-ERM-643-Y-TAE-1031
 Rev.:01

Tabella 4-4 Risultati Analitici (TS8-TS17, TS PRT)

Analita	Unità	CSC*	Dutch Standards		TS 8	TS 9	TS 10	TS 12	TS 13	TS 14	TS 15	TS 15 bis	TS 16	TS 17	TS PRT
			T.V.**	I.V.***											
Residuo fisso 105°C	%		-	-	96.6	93.9	93	93.4	96	93.8	94.7	94.1	96.6	92.3	97.7
Frazione passante <2mm	%		-	-	67.8	75.9	89.7	92.7	83.2	77.1	93.6	89.6	98.8	97.8	99.4
Amianto	mg/kg	1000		100	<324	<385	<451	<466	<422	<391	<470	<450	<501	<520	<510
Amosite	mg/kg		-	-	<247	<293	<343	<355	<322	<298	<358	<343	<382	<396	<388
Crisotilo	mg/kg		-	-	<181	<215	<252	<260	<236	<219	<263	<251	<280	<290	<285
crocidolite	mg/kg		-	-	<324	<385	<451	<466	<422	<391	<470	<450	<501	<520	<510
Antimonio	mg/kg	10	3	15	0.501	0.346	0.518	0.554	0.488	0.472	0.365	0.484	0.435	0.483	0.414
Arsenico	mg/kg	20	29	55	5.61	3.27	4.83	6.62	6.09	6.04	3.68	4.46	5.83	3.53	4.88
Berillio	mg/kg	2	1.1	30	0.559	0.459	0.911	0.717	1.4	0.84	0.865	0.77	0.808	0.59	0.559
Cadmio	mg/kg	2	0.8	12	0.22	0.191	0.22	0.235	0.19	0.127	0.281	0.18	<0.0733	0.208	<0.0748
Cobalto	mg/kg	20	9	240	6.36	2.25	3.99	3.58	5.14	5.27	3.3	3.06	3.1	2.48	2.05
Cromo totale	mg/kg	150	100	380	21.2	19.7	35.9	32.4	54.6	39.7	33.9	31.8	28.6	33.4	16.5
Mercurio	mg/kg	1	0.3	100	0.0398	<0.0273	0.0337	0.0863	<0.0296	0.172	0.157	0.14	0.151	0.165	0.148
Nichel	mg/kg	120	35	210	30	9.71	17.5	13.5	15.8	19.4	10.1	10.3	9.76	7.39	8.24
Piombo	mg/kg	100	85	530	12.1	5.19	8.78	9.29	18.9	9.49	11.2	16.2	12.8	9.1	10.6
Rame	mg/kg	120	36	190	65.7	4.98	10.6	9.51	9.84	16.8	12	18.5	20.1	10.7	7.48
Selenio	mg/kg	3	0.7	100	0.238	<0.254	<0.294	0.385	0.32	<0.257	<0.303	0.318	<0.325	0.327	<0.331
Stagno	mg/kg	-	-	900	0.809	0.421	0.824	0.839	1.58	0.895	0.843	1.05	0.96	0.633	0.849
Tallio	mg/kg	1	1	15	0.264	0.109	0.277	0.238	0.485	0.267	0.303	0.289	0.272	0.169	0.225
Vanadio	mg/kg	90	42	250	19.4	12.8	24.8	27.3	40.9	30.3	22.3	31.4	26.2	16.9	22.7
Zinco	mg/kg	150	140	720	25.8	10.1	16.8	19.2	24.9	32.6	33	24.7	19.9	12.9	16.5
Cromo esavalente	mg/kg	2	-	-	0.0413	0.0684	0.125	0.3	0.183	0.149	0.169	0.113	0.0892	0.222	0.0787
idrocarburi pesanti >C12 (C12-C40)	mg/kg	50	-	-	7.9	2.27	2.41	1.79	4.19	2.14	3.04	6.83	<1.12	2.98	<1.14
idrocarburi leggeri < C12	mg/kg	10	-	-	0.183	0.173	1.9	0.537	<0.122	<0.065	2.15	<0.0994	2.85	<0.0756	5.1
sommatoria policiclici aromatici (Dlgs 152/06 - All 5 Tab1)	mg/kg	10		40	<0.000493	<0.000558	<0.000643	<0.00068	<0.000599	<0.000567	<0.00072	<0.00069	<0.000744	<0.000771	<0.00073
benzo[a]antracene	mg/kg	0.5	-	-	<0.000368	<0.000417	<0.000481	<0.000508	<0.000448	<0.000424	<0.000538	<0.000516	<0.000556	<0.000577	<0.000546
benzo[a]pirene	mg/kg	0.1	-	-	<0.000439	<0.000497	<0.000573	<0.000606	<0.000534	<0.000506	<0.000641	<0.000615	<0.000663	<0.000687	<0.00065
benzo[b]fluorantene	mg/kg	0.5	-	-	<0.000429	<0.000486	<0.00056	<0.000592	<0.000521	<0.000494	<0.000626	<0.0006	<0.000647	<0.000671	<0.000635
benzo[g,h,i]perilene	mg/kg	0.1	-	-	<0.000385	<0.000436	<0.000503	<0.000531	<0.000468	<0.000443	<0.000562	<0.000539	<0.000581	<0.000603	<0.00057
benzo[k]fluorantene	mg/kg	0.5	-	-	<0.000493	<0.000558	<0.000643	<0.00068	<0.000599	<0.000567	<0.00072	<0.00069	<0.000744	<0.000771	<0.00073
Crisene	mg/kg	5	-	-	<0.000296	<0.000335	<0.000386	<0.000408	<0.00036	<0.000341	<0.000432	<0.000414	<0.000446	<0.000463	<0.000438

Titolo Progetto: **Trans Adriatic Pipeline – TAP**

 Titolo Documento: **Piano di Campionamento dell'Area di Costruzione del Microtunnel**

 IAL00-ERM-643-Y-TAE-1031
Rev.:01

Analita	Unità	CSC*	Dutch Standards		TS 8	TS 9	TS 10	TS 12	TS 13	TS 14	TS 15	TS 15 bis	TS 16	TS 17	TS PRT
			T.V.**	I.V.***											
dibenzo[a,e]pirene	mg/kg	0.1	-	-	<0.000399	<0.000452	<0.00052	<0.00055	<0.000485	<0.000459	<0.000582	<0.000558	<0.000601	<0.000624	<0.00059
dibenzo[a,h]antracene	mg/kg	0.1	-	-	<0.000361	<0.000409	<0.000471	<0.000498	<0.000439	<0.000416	<0.000527	<0.000505	<0.000545	<0.000565	<0.000535
dibenzo[a,h]pirene	mg/kg	0.1	-	-	<0.000371	<0.00042	<0.000484	<0.000511	<0.000451	<0.000427	<0.000542	<0.000519	<0.000559	<0.00058	<0.000549
dibenzo[a,i]pirene	mg/kg	0.1	-	-	<0.000387	<0.000439	<0.000506	<0.000534	<0.000471	<0.000446	<0.000566	<0.000542	<0.000584	<0.000606	<0.000574
dibenzo[a,l]pirene	mg/kg	0.1	-	-	<0.000457	<0.000518	<0.000597	<0.00063	<0.000556	<0.000526	<0.000668	<0.00064	<0.00069	<0.000715	<0.000677
indeno[1,2,3-cd]pirene	mg/kg	0.1	-	-	<0.000431	<0.000488	<0.000563	<0.000594	<0.000524	<0.000496	<0.000629	<0.000603	<0.00065	<0.000675	<0.000638
Pirene	mg/kg	5	-	-	0.000617	<0.000352	<0.000405	<0.000428	<0.000378	0.00135	0.000991	0.00121	0.00205	<0.000486	<0.00046
Atrazina	mg/kg	0.01	-	-	<0.000366	<0.000414	<0.000478	<0.000505	<0.000445	<0.000421	<0.000535	<0.000512	<0.000552	<0.000573	<0.000542
DDD (somma isomeri 2,4' e 4,4')	mg/kg	0.01	-	34	<0.000487	<0.000552	<0.000636	<0.000672	<0.000592	<0.000561	<0.000712	<0.000682	<0.000735	<0.000763	<0.000722
DDE (somma isomeri 2,4' e 4,4')	mg/kg	0.01	-	2.3	<0.000439	<0.000497	<0.000573	<0.000606	<0.000534	<0.000506	<0.000641	<0.000615	<0.000663	<0.000687	<0.00065
DDT (somma isomeri 2,4' e 4,4')	mg/kg	0.01	-	1.7	<0.000484	<0.000548	<0.000631	<0.000667	<0.000588	<0.000557	<0.000706	<0.000677	<0.00073	<0.000757	<0.000716
2,4'-DDD	mg/kg		-	-	<0.000459	<0.00052	<0.000599	<0.000633	<0.000558	<0.000528	<0.00067	<0.000642	<0.000693	<0.000719	<0.00068
2,4'-DDE	mg/kg		-	-	<0.000439	<0.000497	<0.000573	<0.000606	<0.000534	<0.000506	<0.000641	<0.000615	<0.000663	<0.000687	<0.00065
2,4'-DDT	mg/kg		-	-	<0.000401	<0.000454	<0.000523	<0.000553	<0.000487	<0.000462	<0.000586	<0.000561	<0.000605	<0.000628	<0.000594
4,4'-DDD	mg/kg		-	-	<0.000487	<0.000552	<0.000636	<0.000672	<0.000592	<0.000561	<0.000712	<0.000682	<0.000735	<0.000763	<0.000722
4,4'-DDE	mg/kg		-	-	<0.000383	<0.000433	<0.000499	<0.000528	<0.000465	<0.000441	<0.000559	<0.000535	<0.000577	<0.000599	<0.000567
4,4'-DDT	mg/kg		-	-	<0.000484	<0.000548	<0.000631	<0.000667	<0.000588	<0.000557	<0.000706	<0.000677	<0.00073	<0.000757	<0.000716
a-HCH	mg/kg	0.01	-	17	<0.00041	<0.000464	<0.000535	<0.000565	<0.000498	<0.000472	<0.000598	<0.000573	<0.000618	<0.000641	<0.000607
alaclor	mg/kg	0.01	-	-	<0.00048	<0.000544	<0.000626	<0.000662	<0.000583	<0.000553	<0.000701	<0.000672	<0.000724	<0.000751	<0.000711
Aldrin	mg/kg	0.01	-	-	<0.000471	<0.000533	<0.000614	<0.000649	<0.000572	<0.000542	<0.000687	<0.000659	<0.00071	<0.000737	<0.000697
b-HCH	mg/kg	0.01	-	1.6	<0.000351	<0.000398	<0.000458	<0.000484	<0.000427	<0.000404	<0.000513	<0.000491	<0.00053	<0.000549	<0.00052
dieldrin	mg/kg	0.01	-	-	<0.000473	<0.000535	<0.000617	<0.000652	<0.000574	<0.000544	<0.00069	<0.000661	<0.000713	<0.00074	<0.0007
endrin	mg/kg	0.01	-	-	<0.000457	<0.000518	<0.000597	<0.00063	<0.000556	<0.000526	<0.000668	<0.00064	<0.00069	<0.000715	<0.000677
g-HCH lindano	mg/kg	0.01	-	-	<0.000459	<0.00052	<0.000599	<0.000633	<0.000558	<0.000528	<0.00067	<0.000642	<0.000693	<0.000719	<0.00068
clordano (cis+trans)	mg/kg	0.01	-	4	<0.000459	<0.00052	<0.000599	<0.000633	<0.000558	<0.000528	<0.00067	<0.000642	<0.000693	<0.000719	<0.00068
cis-clordano	mg/kg		-	-	<0.000429	<0.000486	<0.00056	<0.000592	<0.000521	<0.000494	<0.000626	<0.0006	<0.000647	<0.000671	<0.000635
trans-clordano	mg/kg		-	-	<0.000459	<0.00052	<0.000599	<0.000633	<0.000558	<0.000528	<0.00067	<0.000642	<0.000693	<0.000719	<0.00068

Note:

* = Concentrazioni soglia di contaminazione (Tabella 1, Allegato 5, Parte IV, Titolo 5 del D.Lgs. 152/2006);

** = Valore target di Dutch Standard (allegato A della Soil Remediation Circular 2009)

*** = Dutch Standards. Valori limite per la componente suolo dalle Tabelle 1 e 2 della Soil Remediation Circular 2009;

- TS ARQ è il duplicato di campo in cieco di TS 4

- I valori in grassetto indicano concentrazioni più elevate di CSC

Fonte: Theolab (luglio/novembre 2013)

Titolo Progetto: **Trans Adriatic Pipeline – TAP**
 Titolo Documento: **Piano di Campionamento dell'Area di Costruzione del Microtunnel**

IAL00-ERM-643-Y-TAE-1031
 Rev.:01

I risultati analitici sopra riportati non evidenziano superamenti delle Concentrazioni soglia di contaminazione (Tabella 1, Allegato 5, Parte IV, Titolo 5 del D.Lgs. 152/2006) riferite alla destinazione ad uso residenziale/verde pubblico o privato.

4.4.1.1 Altri Campionamenti Svolti nel Corso della Procedura di VIA

Nel corso della procedura di VIA, TAP AG ha eseguito degli altri campionamenti di suolo, non più ricadenti all'interno dell'area di cantiere ottimizzata (18 m), ma tuttavia utili al fine di ottenere una caratterizzazione completa della matrice suolo. Tali punti di campionamento sono localizzati in prossimità al Tracciato di Progetto attuale e alla relativa area di cantiere ridotta (a circa 15-50 metri).

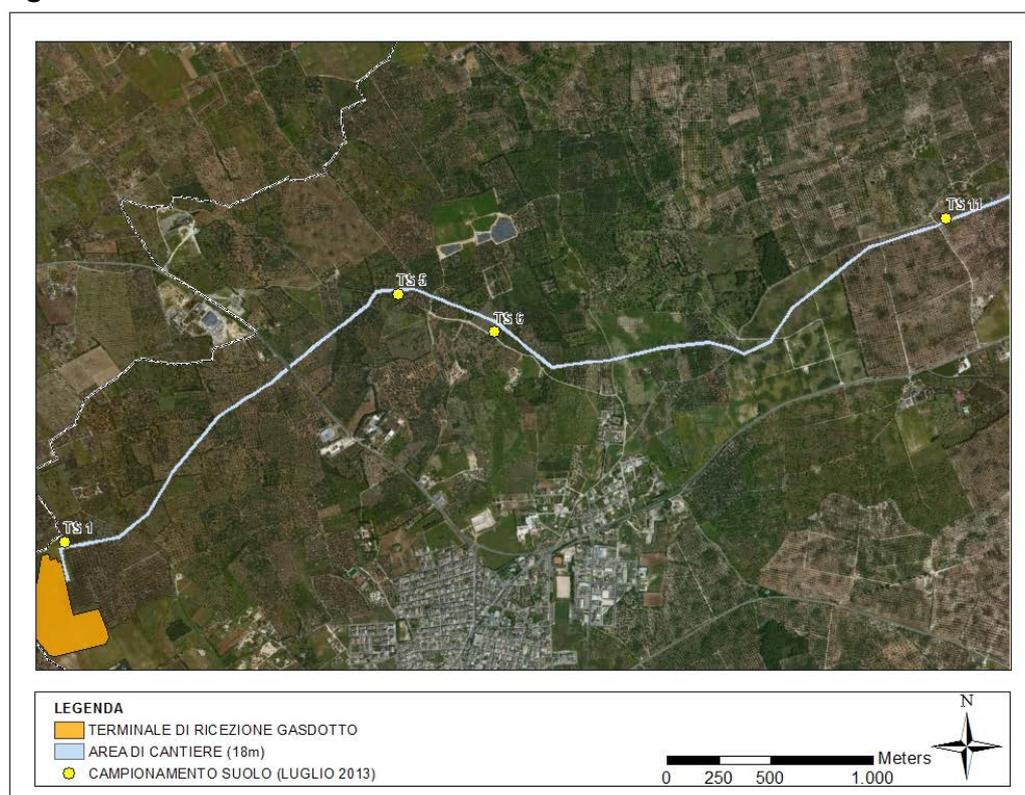
I punti in oggetto sono riportati nella seguente tabella e figura.

Tabella 4-5 Punti Campionati

Nome WP	X UTM WGS84N (m)	Y UTM WGS84N (m)
TS 1	4462078	271640.2
TS 5	4463290	273260.5
TS 6	4463105	273729.7
TS 11	4463661	275925.7

Fonte: Attività di Campo ERM (luglio 2013)

Figura 4-6 Ubicazioni Postazioni TS1 – TS5 - TS6 – TS11



Fonte: ERM (luglio 2013)

Titolo Progetto: **Trans Adriatic Pipeline – TAP**

 Titolo Documento: **Piano di Campionamento dell'Area di Costruzione del Microtunnel**
IAL00-ERM-643-Y-TAE-1031
Rev.:01

Tabella 4-6 Risultati Analitici TS1 – TS5 - TS6 – TS11

Analita	Unità	CSC*	Dutch Standards		TS 1	TS 5	TS 6	TS 11
			T,V,**	I,V,***				
Residuo fisso 105°C	%	-	-	-	95,8	97	96	92,7
Frazione passante <2mm	%	-	-	-	50,7	94,4	95,1	92,8
Amianto	mg/kg	1000	-	100	<256	<474	<506	<471
Amosite	mg/kg	-	-	-	<195	<361	<385	<359
Crisotilo	mg/kg	-	-	-	<143	<265	<282	<263
crocidolite	mg/kg	-	-	-	<256	<474	<506	<471
Antimonio	mg/kg	10	3	15	0,476	0,487	0,687	0,537
Arsenico	mg/kg	20	29	55	6,1	7,23	7,75	6,02
Berillio	mg/kg	2	1,1	30	0,422	1,25	2,29	1,25
Cadmio	mg/kg	2	0,8	12	0,11	0,0873	0,323	0,341
Cobalto	mg/kg	20	9	240	4,28	4,38	8,04	5,13
Cromo totale	mg/kg	150	100	380	17,2	26,8	47,2	49,8
Mercurio	mg/kg	1	0,3	100	0,073	0,0371	0,0732	0,144
Nichel	mg/kg	120	35	210	22,6	14,3	24,8	17,5
Piombo	mg/kg	100	85	530	5,64	17	27,8	16,9
Rame	mg/kg	120	36	190	15,9	12,8	84,9	18,5
Selenio	mg/kg	3	0,7	100	<0,163	<0,314	<0,305	0,321
Stagno	mg/kg	-	-	900	0,489	1,27	2,19	1,27
Tallio	mg/kg	1	1	15	0,151	0,431	0,895	0,468
Vanadio	mg/kg	90	42	250	16,6	30,3	44,4	39,7
Zinco	mg/kg	150	140	720	17,7	27,2	82,6	29,2
Cromo esavalente	mg/kg	2	-	-	0,0341	0,0624	0,117	0,206
idrocarburi pesanti >C12 (C12-C40)	mg/kg	50	-	-	1,47	1,77	7,31	11,4
idrocarburi leggeri < C12	mg/kg	10	-	-	<0,0351	0,823	<0,0921	5,96
sommatoria policiclici aromatici (Dlgs 152/06 - All 5 Tab1)	mg/kg	10	-	40	<0,000394	<0,000686	<0,000729	<0,000673
benzo[a]antracene	mg/kg	0,5	-	-	<0,000295	<0,000513	<0,000545	<0,000503
benzo[a]pirene	mg/kg	0,1	-	-	<0,000352	<0,000611	<0,00065	<0,000599
benzo[b]fluorantene	mg/kg	0,5	-	-	<0,000343	<0,000597	<0,000634	<0,000585
benzo[g,h,i]perilene	mg/kg	0,1	-	-	<0,000308	<0,000536	<0,00057	<0,000525
benzo[k]fluorantene	mg/kg	0,5	-	-	<0,000394	<0,000686	<0,000729	<0,000673
Crisene	mg/kg	5	-	-	<0,000237	<0,000412	<0,000438	<0,000404
dibenzo[a,e]pirene	mg/kg	0,1	-	-	<0,000319	<0,000555	<0,00059	<0,000544
dibenzo[a,h]antracene	mg/kg	0,1	-	-	<0,000289	<0,000502	<0,000534	<0,000493
dibenzo[a,h]pirene	mg/kg	0,1	-	-	<0,000297	<0,000516	<0,000549	<0,000506
dibenzo[a,i]pirene	mg/kg	0,1	-	-	<0,00031	<0,000539	<0,000573	<0,000529
dibenzo[a,l]pirene	mg/kg	0,1	-	-	<0,000366	<0,000636	<0,000676	<0,000624
indeno[1,2,3-cd]pirene	mg/kg	0,1	-	-	<0,000345	<0,0006	<0,000638	<0,000588
Pirene	mg/kg	5	-	-	0,000987	<0,000432	<0,000459	<0,000424
Atrazina	mg/kg	0,01	-	-	<0,000293	<0,000509	<0,000541	<0,0005
DDD (somma isomeri 2,4' e 4,4')	mg/kg	0,01	-	34	<0,00039	<0,000678	<0,000721	<0,000665
DDE (somma isomeri 2,4' e 4,4')	mg/kg	0,01	-	2,3	<0,000352	<0,000611	<0,00065	<0,000599
DDT (somma isomeri 2,4' e 4,4')	mg/kg	0,01	-	1,7	<0,000387	<0,000673	<0,000716	<0,00066
2,4'-DDD	mg/kg	-	-	-	<0,000367	<0,000639	<0,000679	<0,000627
2,4'-DDE	mg/kg	-	-	-	<0,000352	<0,000611	<0,00065	<0,000599
2,4'-DDT	mg/kg	-	-	-	<0,000321	<0,000558	<0,000593	<0,000547

Titolo Progetto: **Trans Adriatic Pipeline – TAP**
 Titolo Documento: **Piano di Campionamento dell'Area di Costruzione del Microtunnel**

IAL00-ERM-643-Y-TAE-1031
 Rev.:01

Analita	Unità	CSC*	Dutch Standards		TS 1	TS 5	TS 6	TS 11
			T,V,**	I,V,***				
4,4'-DDD	mg/kg	-	-	-	<0,00039	<0,000678	<0,000721	<0,000665
4,4'-DDE	mg/kg	-	-	-	<0,000306	<0,000532	<0,000566	<0,000522
4,4'-DDT	mg/kg	-	-	-	<0,000387	<0,000673	<0,000716	<0,000666
a-HCH	mg/kg	0,01	-	17	<0,000328	<0,00057	<0,000606	<0,000559
alaclor	mg/kg	0,01	-	-	<0,000384	<0,000668	<0,00071	<0,000655
Aldrin	mg/kg	0,01	-	-	<0,000377	<0,000655	<0,000696	<0,000642
b-HCH	mg/kg	0,01	-	1,6	<0,000281	<0,000488	<0,000519	<0,000479
dieldrin	mg/kg	0,01	-	-	<0,000378	<0,000657	<0,000699	<0,000645
endrin	mg/kg	0,01	-	-	<0,000366	<0,000636	<0,000676	<0,000624
g-HCH lindano	mg/kg	0,01	-	-	<0,000367	<0,000639	<0,000679	<0,000627
clordano (cis+trans)	mg/kg	0,01	-	4	<0,000367	<0,000639	<0,000679	<0,000627
cis-clordano	mg/kg	-	-	-	<0,000343	<0,000597	<0,000634	<0,000585
trans-clordano	mg/kg	-	-	-	<0,000367	<0,000639	<0,000679	<0,000627

Note:

* = Concentrazioni soglia di contaminazione (Tabella 1, Allegato 5, Parte IV, Titolo 5 of D.Lgs. 152/2006);

**= Valore target di Dutch Standard (allegato A della Soil Remediation Circular 2009)

***=Dutch Standards. Valori limite per la componente suolo dalle Tabelle 1 e 2 della Soil Remediation Circular 2009;

- TS ARQ è il duplicato di campo in cieco di TS 4

- I valori in grassetto indicano concentrazioni più elevate di CSC

Fonte: Theolab (luglio 2013)

Sulla base dei risultati analitici riportati nella *Tabella 4-7* si osserva che il Berillio è stato rilevato in concentrazioni più elevate rispetto alla CSC (2 mg/kg) nel campione TS 6 (2,29 mg/kg) posto a circa 35 metri dall'area di cantiere.

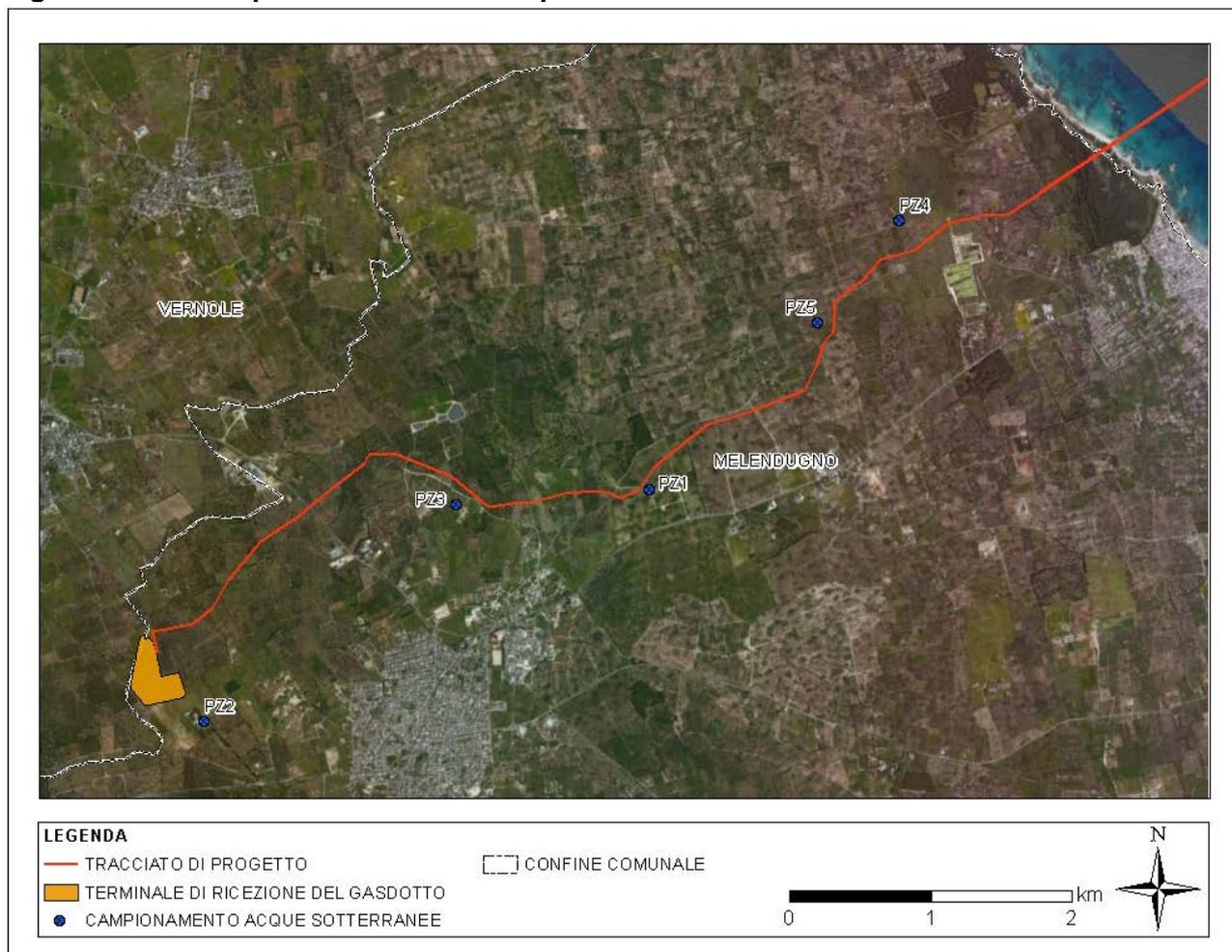
4.4.2 Qualità della Matrice Acque Sotterranee

Nel luglio 2013 ERM, per conto di TAP, ha effettuato un campionamento delle acque sotterranee presso cinque pozzi di proprietà privata. I pozzi sono stati selezionati tra quelli esistenti (per fini agricoli o domestici) entro un raggio di 500 m dal tracciato.

Titolo Progetto: **Trans Adriatic Pipeline – TAP**
 Titolo Documento: **Piano di Campionamento dell'Area di Costruzione del Microtunnel**

IAL00-ERM-643-Y-TAE-1031
 Rev.:01

Figura 4-7 Campionamento delle Acque Sotterranee



Fonte: ERM (luglio 2013)

La profondità statica della falda, misurata nei pozzi Pz1, Pz2, Pz4 e Pz5 è di circa 38,4 m (soggiacenza dal piano campagna) nel pozzo denominato Pz2, 25,3 m nel Pz1 e rispettivamente di 6,5 e 6,2 m nei pozzi Pz5, e Pz4.

Tabella 4-7 Parametri Chimico-Fisici delle Acque Sotterranee

ID pozzo	pH	Temperatura (°Celsius)	Conduttività elettrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	Potenziale Redox (milliVolts)	Ossigeno disciolto (mg/l)
Pz1	7,36	18,5	1014	266	6,08
Pz2	7,28	18,9	845	265	9,98
Pz3	7,6	18,1	1658	221	8,55
Pz4	7,34	18,0	646	261	4,21
Pz5	7,44	18,0	894	226	0,35

Note:

I parametri chimico-fisici nel pozzo Pz2 non sono stati misurati

mg/l = milligrammi per litro

$\mu\text{S}/\text{cm}$ = MicroSiemens per centimetro

Fonte: Attività di Campo ERM (Ottobre 2011)

 Trans Adriatic Pipeline	Pagina 30 di 48				
	Stato	Società Incaricata	Codice Sistema	Disciplina	Tipo Doc.
Titolo Progetto: Trans Adriatic Pipeline – TAP Titolo Documento: Piano di Campionamento dell'Area di Costruzione del Microtunnel	IAL00-ERM-643-Y-TAE-1031 Rev.:01				

La conduttività elettrica varia tra 646 (Pz4) e 1658 (Pz3). Il parametro dipende dai componenti ionici dell'acqua e rappresenta per tale motivo una misura indiretta del contenuto salino.

L'ossigeno disciolto e il potenziale redox hanno valori simili nei pozzi monitorati. Un valore basso di ossigeno disciolto è stato rilevato in Pz5, il che indica condizioni anossiche.

La Tabella seguente riporta i risultati delle analisi svolte per campioni di acqua sotterranea, rispetto ai valori di Concentrazione di Soglia di Contaminazione elencati nella Tabella 2, Allegato 5, Sezione IV, Titolo 5 del Decreto Legislativo 152/2006 e s.m.i. e rispetto agli standard olandesi (Dutch Standards).

Titolo Progetto: **Trans Adriatic Pipeline – TAP**

 Titolo Documento: **Piano di Campionamento dell'Area di Costruzione del Microtunnel**

 IAL00-ERM-643-Y-TAE-1031
Rev.:01

Tabella 4-8 Risultati Analitici

Metodo	Analita	Unità	CSC*	Dutch Standards		PZ1	PZ2	PZ3	PZ4	PZ5	PZ 6**
				T.V	I.V.						
APAT CNR IRSA 5120 Man 29 2003	BOD5	µg/l	-	-	-	<2470	<2470	<2470	<2470	<2470	<2470
APAT CNR IRSA 2090 B Man 29 2003	solidi sospesi totali	mg/l	-	-	-	1,5	2500	3000	1500	1000	4000
APAT CNR IRSA 2090 A Man 29 2003	Solidi disciolti totali	mg/l	-	-	-	766	578000	1040000	422000	450000	764000
APAT CNR IRSA 5040 Man 29 2003	carbonio organico totale	µg/l	-	-	-	1300	700	700	1400	2100	500
<i>Anioni</i>											
APAT CNR IRSA 4050 Man 29 2003	nitriti	µg/l	500	-	-	<4	<4	<4	<4	283	<4
EPA 9056A 2007	cloruri	µg/l	-	-	-	129000	132000	471000	52100	67100	442000
EPA 9056A 2007	fosfati	µg/l	-	-	-	<102	<102	<102	<102	<102	<102
EPA 9056A 2007	nitrati	µg/l	-	-	-	74400	28700	16600	22300	53300	17900
EPA 9056A 2007	solforati	µg/l	25000 0	-	-	34000	20000	51500	27600	73600	35500
<i>Metalli</i>											
EPA 6010C 2007_(Ag)	argento	µg/l	10	-	40	0,713	0,488	0,375	0,373	0,613	0,575
EPA 6020A 2007	alluminio	µg/l	200	-	-	2,46	3,15	7,46	4,05	4,37	4,86
EPA 6020A 2007	antimonio	µg/l	5	0,15	20	<0,171	<0,171	<0,171	<0,171	<0,171	<0,171
EPA 6020A 2007	arsenico	µg/l	10	10	60	0,374	0,569	1,01	0,423	0,521	1,05
EPA 6020A 2007	berillio	µg/l	4	0,05	15	<0,0461	<0,0461	<0,0461	<0,0461	<0,0461	<0,0461
EPA 6020A 2007	cadmio	µg/l	5	0,4	6	<0,0964	<0,0964	<0,0964	<0,0964	<0,0964	<0,0964
EPA 6020A 2007	cobalto	µg/l	50	20	100	<0,212	<0,212	<0,212	0,79	<0,212	<0,212
EPA 6020A 2007	cromo totale	µg/l	50	1	30	0,441	1	0,912	0,613	0,419	0,756
EPA 6020A 2007	ferro	µg/l	200	-	-	7	13,3	16,9	12,5	129	9,52
EPA 6020A 2007	manganese	µg/l	50	-	-	<0,27	0,689	0,393	0,363	8,19	<0,27
EPA 6020A 2007	mercurio	µg/l	1	0,05	0,3	<0,0496	0,353	0,25	0,175	0,136	0,209

Titolo Progetto: **Trans Adriatic Pipeline – TAP**

 Titolo Documento: **Piano di Campionamento dell'Area di Costruzione del Microtunnel**

 IAL00-ERM-643-Y-TAE-1031
Rev.:01

Metodo	Analita	Unità	CSC*	Dutch Standards		PZ1	PZ2	PZ3	PZ4	PZ5	PZ 6**
EPA 8260C 2006	dibromoclorometano	µg/l	0,13	-	-	<0,0119	<0,0119	<0,0119	<0,0119	<0,0119	<0,0119
EPA 8260C 2006	esaclorobutadiene	µg/l	0,15	-	-	<0,0114	<0,0114	<0,0114	<0,0114	<0,0114	<0,0114
EPA 8260C 2006	tetracloroetilene	µg/l	1,1	0,01	40	<0,0323	2,08	<0,0323	<0,0323	<0,0323	<0,0323
EPA 8260C 2006	tricloroetilene	µg/l	1,5	24	500	<0,0328	<0,0328	<0,0328	<0,0328	<0,0328	<0,0328
Composti aromatici											
EPA 8260C 2006	benzene	µg/l	1	0,2	30	<0,0262	<0,0262	<0,0262	<0,0262	<0,0262	<0,0262
EPA 8260C 2006	Etilbenzene	µg/l	50	4	150	<0,0238	<0,0238	<0,0238	<0,0238	<0,0238	<0,0238
EPA 8260C 2006	m. p-xilene	µg/l	10	-	-	<0,0887	<0,0887	<0,0887	<0,0887	<0,0887	<0,0887
EPA 8260C 2006	o-xilene	µg/l		-	-	<0,0313	<0,0313	<0,0313	<0,0313	<0,0313	<0,0313
EPA 8260C 2006	stirene	µg/l	25	6	300	<0,0274	<0,0274	<0,0274	<0,0274	<0,0274	<0,0274
EPA 8260C 2006	toluene	µg/l	15	7	1000	<0,0325	0,24	0,31	0,28	0,13	0,36
Idrocarburi aromatici policiclici											
EPA 8270D 2007	sommatoria policiclici aromatici (DLgs 152/06 - All 5 Tab2)	µg/l	0,1	-	-	<0,000769	<0,00038 5	<0,00038 5	<0,00038 5	<0,000385	<0,00038 5
EPA 8270D 2007	benzo[a]antracene	µg/l	0,1	0,000 1	0,5	<0,000595	<0,00029 8	<0,00029 8	<0,00029 8	<0,000298	<0,00029 8
EPA 8270D 2007	benzo[a]pirene	µg/l	0,01	0,000 5	0,05	<0,000778	<0,00038 9	<0,00038 9	<0,00038 9	<0,000389	<0,00038 9
EPA 8270D 2007	benzo[b]fluorantene	µg/l	0,1	0,000 4	0,05	<0,000744	<0,00037 2	<0,00037 2	<0,00037 2	<0,000372	<0,00037 2
EPA 8270D 2007	benzo[g, h, i]perilene	µg/l	0,01	0,000 3	0,5	<0,00069	<0,00034 5	<0,00034 5	<0,00034 5	<0,000345	<0,00034 5
EPA 8270D 2007	benzo[k]fluorantene	µg/l	0,05	0,004	0,05	<0,000699	<0,00034 9	<0,00034 9	<0,00034 9	<0,000349	<0,00034 9
EPA 8270D 2007	crisene	µg/l	5	0,003	0,2	<0,000468	<0,00023 4	<0,00023 4	<0,00023 4	<0,000234	<0,00023 4
EPA 8270D 2007	dibenzo[a, h]antracene	µg/l	0,01	-	-	<0,000688	<0,00034 4	<0,00034 4	<0,00034 4	<0,000344	<0,00034 4
EPA 8270D 2007	indeno[1, 2, 3-cd]pirene	µg/l	0,1	0,004	0,05	<0,000769	<0,00038 5	<0,00038 5	<0,00038 5	<0,000385	<0,00038 5
EPA 8270D 2007	pirene	µg/l	50	-	-	0,0057	0,0028	0,0022	0,00245	0,00275	0,0017
Pesticidi azotati											
EPA 8270D 2007	Sommatoria fitofarmaci (DLgs 152/06 - All 5 Tab2)	µg/l				<0,00079	<0,00039 5	0,00645	<0,00039 5	<0,000395	<0,00039 5

Titolo Progetto: **Trans Adriatic Pipeline – TAP**

 Titolo Documento: **Piano di Campionamento dell'Area di Costruzione del Microtunnel**

 IAL00-ERM-643-Y-TAE-1031
Rev.:01

Metodo	Analita	Unità	CSC*	Dutch Standards		PZ1	PZ2	PZ3	PZ4	PZ5	PZ 6**
EPA 8270D 2007	atrazina	µg/l	0,3	0,02 9	0,15	<0,000569	<0,00028 5	0,00645	<0,00028 5	<0,000285	<0,00028 5
<i>Pesticidi clorurati</i>											
EPA 8270D 2007	DDD (somma isomeri 2, 4' e 4, 4')	µg/l	0,1	-	-	<0,000709	<0,000355	<0,000355	<0,000355	<0,00035 5	<0,00035 5
EPA 8270D 2007	DDE (somma isomeri 2, 4' e 4, 4')	µg/l	0,1	-	-	<0,000787	<0,000394	<0,000394	<0,000394	<0,00039 4	<0,00039 4
EPA 8270D 2007	DDT (somma isomeri 2, 4' e 4, 4')	µg/l	0,1	-	-	<0,000787	<0,000394	<0,000394	<0,000394	<0,00039 4	<0,00039 4
EPA 8270D 2007	2, 4'-DDD	µg/l	-	-	-	<0,000675	<0,000337	<0,000337	<0,000337	<0,00033 7	<0,00033 7
EPA 8270D 2007	2, 4'-DDE	µg/l	-	-	-	<0,000787	<0,000394	<0,000394	<0,000394	<0,00039 4	<0,00039 4
EPA 8270D 2007	2, 4'-DDT	µg/l	-	-	-	<0,000784	<0,000392	<0,000392	<0,000392	<0,00039 2	<0,00039 2
EPA 8270D 2007	4, 4'-DDD	µg/l	-	-	-	<0,000709	<0,000355	<0,000355	<0,000355	<0,00035 5	<0,00035 5
EPA 8270D 2007	4, 4'-DDE	µg/l	-	-	-	<0,000766	<0,000383	<0,000383	<0,000383	<0,00038 3	<0,00038 3
EPA 8270D 2007	4, 4'-DDT	µg/l	-	-	-	<0,000787	<0,000394	<0,000394	<0,000394	<0,00039 4	<0,00039 4
EPA 8270D 2007	a-HCH	µg/l	0,1	0,033	-	<0,000699	<0,000349	<0,000349	<0,000349	<0,00034 9	<0,00034 9
EPA 8270D 2007	alaclor	µg/l	0,1	-	-	<0,000784	<0,000392	<0,000392	<0,000392	<0,00039 2	<0,00039 2
EPA 8270D 2007	Aldrin	µg/l	0,03	0,009 ng/l	-	<0,000712	<0,000356	<0,000356	<0,000356	<0,00035 6	<0,00035 6
EPA 8270D 2007	b-HCH	µg/l	0,1	0,008	-	<0,000735	<0,000367	<0,000367	<0,000367	<0,00036 7	<0,00036 7
EPA 8270D 2007	dieldrin	µg/l	0,03	0,001	-	<0,000597	<0,000299	<0,000299	<0,000299	<0,00029 9	<0,00029 9
EPA 8270D 2007	endrin	µg/l	0,1	0,04 ng/l	-	<0,000784	<0,000392	<0,000392	<0,000392	<0,00039 2	<0,00039 2
EPA 8270D 2007	g-HCH lindano	µg/l	0,1	-	-	<0,00079	<0,000395	<0,000395	<0,000395	<0,00039 5	<0,00039 5
<i>Pesticidi clorurati (clordano)</i>											
EPA 8270D 2007	clordano (cis+trans)	µg/l	0,1	-	-	<0,000769	<0,000385	<0,000385	<0,000385	<0,00038 5	<0,00038 5
EPA 8270D 2007	cis-clordano	µg/l	-	-	-	<0,000593	<0,000297	<0,000297	<0,000297	<0,00029 7	<0,00029 7

Titolo Progetto: **Trans Adriatic Pipeline – TAP**

 Titolo Documento: **Piano di Campionamento dell'Area di Costruzione del Microtunnel**

 IAL00-ERM-643-Y-TAE-1031
Rev.:01

Metodo	Analita	Unità	CSC*	Dutch Standards	PZ1	PZ2	PZ3	PZ4	PZ5	PZ 6**
EPA 8270D 2007	trans-clordano	µg/l	-	-	<0,000769	<0,000385	<0,000385	<0,000385	<0,000385	<0,000385
									5	5
<i>Controlli microbiologici</i>										
APAT CNR IRSA 7010 C Man 29 2003	Coliformi totali	UFC/100 ml	-	-	2	11	0	7	36	0

Note:

In grassetto i valori superiori alla CSC

* Concentrazione Soglia di Contaminazione (Tabella 2, Allegato 5, Parte IV, Titolo 5 del D.Lgs. 152/2006 e s.m.i.);

** Replicato: campione controllo qualità (QC), duplicato del Pz3;

T.V. Valore target Dutch Standards (Allegato 2009 Soil Remediation Circular 2009)

I.V. Valore di Intervento Dutch Standards (Allegato 2009 Soil Remediation Circular 2009)

Fonte: Theolab (luglio 2013)

 Trans Adriatic Pipeline	Pagina 36 di 48				
	Stato	Società Incaricata	Codice Sistema	Disciplina	Tipo Doc.
Titolo Progetto: Trans Adriatic Pipeline – TAP Titolo Documento: Piano di Campionamento dell'Area di Costruzione del Microtunnel	IAL00-ERM-643-Y-TAE-1031 Rev.:01				

Nei campioni di acqua sotterranea non sono stati rilevati superamenti delle CSC, con la sola eccezione di Tetracloroetilene nel campione di falda raccolto nel pozzo Pz2.

4.5 Proposta di Campionamento Acque Sotterranee

Allo scopo di monitorare lo stato di qualità della matrice acque sotterranee, potenzialmente intercettate dal microtunnel si effettuerà, uno specifico campionamento delle acque di falda da un piezometro (Piezo 3) a monte idrogeologica dell'area di costruzione del microtunnel e da due piezometri di nuova realizzazione a valle dell'area di intervento (Piezo 7 e Piezo 8).

Il monitoraggio sarà svolto come segue :

- Una campagna di monitoraggio che dovrà essere eseguita preliminarmente all'inizio delle attività di scavo del microtunnel;
- Una campagna di monitoraggio mensile per tutta la durata dello scavo;
- Una campagna di monitoraggio mensile per i 3 mesi successivi alla realizzazione del microtunnel.

Il Progetto di Monitoraggio Ambientale, trasmesso agli Enti in data 4 giugno 2015, sarà integrato con l'aggiunta dei piezometri Piezo7 e Piezo8, poiché non compresi in esso.

L'attività di monitoraggio della qualità delle acque sotterranee sarà effettuata seguendo le disposizioni individuate dal D.Lgs.152/2006 Allegato 1 Parte III e dalle Linee Guida di ISPRA per la predisposizione del PMA delle opere soggette a procedure di VIA.

Tutti i campioni saranno inviati a un laboratorio accreditato e le analisi dei parametri chimico-fisici saranno effettuate come richiesto dalla normativa tecnica italiana e internazionale per le metodiche di analisi di ciascun parametro (Norme IRSA-CNR, Standard EPA).

Le analisi chimiche verranno effettuate in conformità alle specifiche fornite in Allegato 2 al Titolo V del D. Lgs 152/2006 e s.m.i. e comparate con le CSC contenute in Tabella 2 nell'Allegato 5 al Titolo V del D. Lgs. 152/2006 e s.m.i..

Il pacchetto analitico ricercato per la matrice acque sotterranee è riportato nella seguente tabella.

Titolo Progetto: **Trans Adriatic Pipeline – TAP**
 Titolo Documento: **Piano di Campionamento dell'Area di Costruzione del Microtunnel**

IAL00-ERM-643-Y-TAE-1031
 Rev.:01

Tabella 4-9 Set Analitico Proposto – Acque Sotterranee

Parametro	Metodica Consigliata
SET STANDARD	
Arsenico	
Cadmio	
Cobalto	
Nichel	
Cromo totale	
Piombo	
Rame	EPA 6020A 2007
Zinco	
Mercurio	
Berillio	
Vanadio	
Tallio	
Cromo VI	APAT CNR IRSA 3150 C Man 29 2003
Idrocarburi >12	EPA 8015D 2003
Amianto	Tecnica SEM
Atrazina	
Alaclor	
Aldrin	
a - esacloroesano	EPA 3510 + EPA 8270
b - esacloroesano	
g- esacloroesano (Lindano)	
Clordano	
DDD, DDT, DDE	
Dieldrin	
Endrin	

Note:

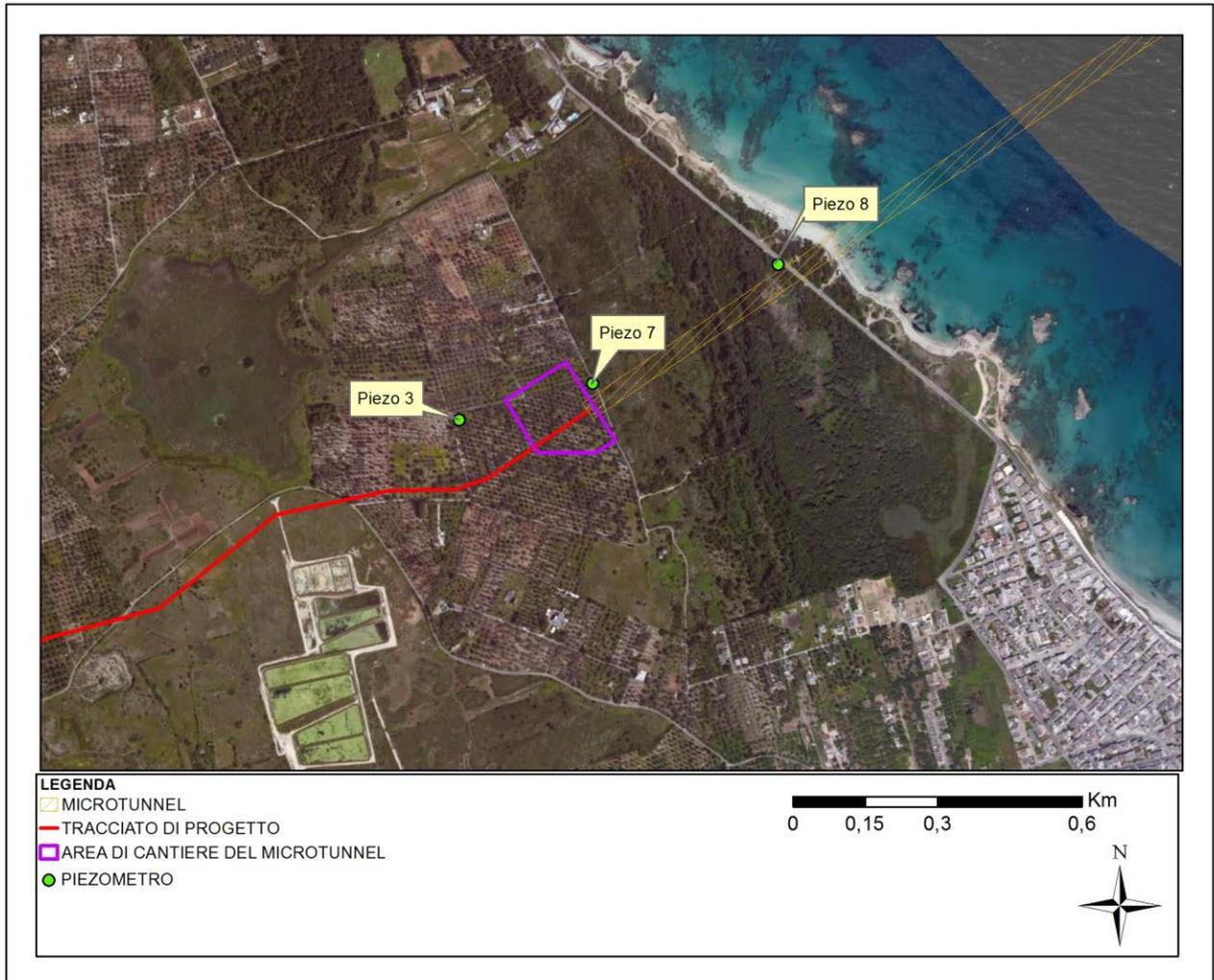
Per i metodi confezionamento del campione e l'analisi dei campioni si può comunque fare riferimento al Manuale UNICHIM 196/2 ed. 2004 e alla norma UNI 10802

La localizzazione cartografica del Piezo 3 e dei Piezometri di nuova realizzazione (Piezo 7 e Piezo 8) è indicativamente riportata nelle seguente figura. Le linee di flusso della falda freatica in quest'area (si veda la precedente *Figura 4-2*) sono dirette verso il mare, in direzione pressoché parallela al microtunnel. I piezometri Piezo 7 e Piezo 8 sono quindi ubicati rispettivamente a valle idrogeologica dell'area di cantiere del Microtunnel (Piezo 7) e a valle idrogeologica dell'area di cantiere del Microtunnel e della porzione sulla terraferma del Microtunnel (Piezo 8). A tal proposito si osserva in particolare che la loro ubicazione è stata effettuata in modo da preservare l'area di macchia mediterranea situata tra il cantiere del Microtunnel e la costa, vincolata dal PPTR, secondo quanto previsto dal D.Lgs. 42/04 - Art.142, par.1, lettera g.

Titolo Progetto: **Trans Adriatic Pipeline – TAP**
 Titolo Documento: **Piano di Campionamento dell'Area di Costruzione del
 Microtunnel**

IAL00-ERM-643-Y-TAE-1031
 Rev.:01

Figura 4-8 Ubicazione Indicativa dei Piezometri (Piezo 3 – Piezo 7 - Piezo 8)



Fonte: ERM (2016)

 Trans Adriatic Pipeline	Pagina 39 di 48				
	Stato	Società Incaricata	Codice Sistema	Disciplina	Tipo Doc.
Titolo Progetto: Trans Adriatic Pipeline – TAP Titolo Documento: Piano di Campionamento dell'Area di Costruzione del Microtunnel	IAL00-ERM-643-Y-TAE-1031 Rev.:01				

5 PIANO DI CAMPIONAMENTO DELL'AREA DI COSTRUZIONE DEL MICROTUNNEL (PDC-A)

Le caratteristiche qualitative dei materiali naturali da scavo saranno indagate in conformità al *D.Lgs. n. 152/06 e s.m.i.* e all'Art. 6 del Regolamento in materia di gestione di terre e rocce derivanti da attività di scavo, movimentazione di terre e lavorazione dei materiali inerti, pubblicato nel «Bollettino Ufficiale» della Regione Puglia n. 44 del 28 marzo 2011.

In assenza di specifiche linee guida per la pianificazione e la procedura di campionamento da seguire in fase di caratterizzazione ante operam dei suoli, i criteri e le metodologie riportate nel presente documento si basano anche su quanto riportato nel D.M. 161/2012 e *s.m.i.* ed in particolare nel:

- *Allegato 2 - Procedure di Campionamento in Fase di Progettazione;*
- *Allegato 4 - Procedure di Caratterizzazione Chimico-Fisiche e Accertamento delle Qualità Ambientali.*

I seguenti paragrafi descrivono nel dettaglio:

- l'ubicazione delle verticali e dei punti di campionamento;
- le modalità di prelievo dei campioni:
 - Prelievo manuale di top-soil;
 - Esecuzione di sondaggi;
- le modalità di formazione dei campioni dei terreni;
- le attività di laboratorio che saranno eseguite;
- le procedure di controllo qualità.

5.1 Ubicazione Punti di Campionamento

Il numero minimo di verticali e le profondità in cui eseguire i campionamenti per ciascuna area cantiere sono stati determinati in linea con quanto previsto dalle procedure di campionamento in fase di progettazione riportate nell'Allegato 2 del D.M. 161/2012 e *s.m.i.*

Le aree di cantiere che saranno oggetto di caratterizzazione dei terreni sono le seguenti:

- Area per il Collaudo Idraulico (RFO) e Cantiere Temporaneo del Microtunnel (MT-WS);
- Cantiere Temporaneo del Microtunnel (MT-WS) ed in particolare l'area destinata allo scavo della Stazione di LancioRampa di Tiro (TW).

L'ubicazione delle verticali, la profondità di campionamento e il numero di aliquote sono riassunte nell'*Appendice 1*.

 Trans Adriatic Pipeline	Pagina 40 di 48				
	Stato	Società Incaricata	Codice Sistema	Disciplina	Tipo Doc.
Titolo Progetto: Trans Adriatic Pipeline – TAP Titolo Documento: Piano di Campionamento dell'Area di Costruzione del Microtunnel	IAL00-ERM-643-Y-TAE-1031 Rev.:01				

5.1.1 Area per il Collaudo Idraulico (RFO)

Per quanto riguarda l'area RFO, si svolgerà un campionamento sistematico a maglia regolare (50 m x 50 m) di ampiezza adeguata alla tipologia ed alle dimensioni dell'opera di escavo. Le verticali di campionamento saranno localizzate all'interno di ogni maglia (campionamento sistematico casuale). L'esatta ubicazione della verticale di campionamento all'interno della maglia sarà definita nel sopralluogo preliminare alle attività di campionamento.

Il numero di verticali idonee alla determinazione delle caratteristiche qualitative dei materiali naturali da scavo di tale area cantiere risulta essere di n.11. In tale area si procederà allo scotico superficiale e allo scavo di una "stazione di lancio" nel punto in cui partirà la MTBM (lato a terra) della profondità di 12 m.

Tale area sarà interessata esclusivamente da uno scotico superficiale per cui si prevede il campionamento:

- tra 0 e 0,20 m (Top soil).

5.1.2 Cantiere Temporaneo del Microtunnel (MT-WS)

Il MT-WS sarà costituito dalle seguenti sotto aree previste in fase progettuale:

- la Stazione di Lancio;
- il Tubo di Protezione.

I successivi paragrafi riportano nel dettaglio il numero delle verticali d'indagine e la profondità di campionamento per ciascuna delle sotto aree sopra menzionate.

5.1.2.1 Stazione di Lancio

Il pozzo di spinta verrà realizzato in cemento armato ed è stato dimensionato al fine di eseguire in sicurezza le fasi di esecuzione del Microtunnel e per consentire l'installazione del sistema di pompaggio da utilizzare per i test idraulici. L'area in cui sarà realizzata la stazione di lancio avrà dimensioni di 11X10 metri. Si prevede un campionamento lungo 3 verticali di indagine:

- tra 0 e 1 m dal p.c. (zona superficiale);
- tra 5,5 m e 6,5 m dal p.c. (zona intermedia);
- tra 11,5 e 12 m dal p.c. (fondo scavo).

5.1.3 Rampa di Tiro (TW)

La Rampa di Tiro avrà una lunghezza di circa 52 metri e una profondità variabile fino al raggiungimento di circa 4 metri dal piano campagna. Considerando le caratteristiche geometriche di tale area, il campionamento preventivo del terreno sarà svolto secondo quanto previsto nell'*Allegato 2 Procedure di campionamento in fase di progettazione* del DM 161/2012 nel caso di opere lineari. Si prevede un prelievo lungo una verticale d'indagine:

Titolo Progetto: **Trans Adriatic Pipeline – TAP**
 Titolo Documento: **Piano di Campionamento dell'Area di Costruzione del Microtunnel**

IAL00-ERM-643-Y-TAE-1031
 Rev.:01

- tra 0 a 1 metro dal p.c. (zona superficiale);
- nella zona intermedia;
- nella zona di fondo scavo.

5.1.4 Conclusioni

In conclusione, la tabella seguente riassume quanto riportato nei precedenti paragrafi per quanto concerne il numero delle verticali di campionamento e le profondità in cui eseguire i campioni per ciascuna delle area di cantiere. Maggiori dettagli sono riportati nell'Appendice 1.

Tabella 5-1 Numero Punti di Prelievo

Area di Cantiere	Area (m ²) / Lunghezza (m)	Profondità di scavo	Numero di Verticali di Indagine	Modalità	Profondità di Campionamento
Area per il Collaudo Idrraulico (RFO)	26000 m ²	0,20m	11	Prelievo Manuale	<ul style="list-style-type: none"> • tra 0 e 0,20 m dal p.c..
Stazione di Lancio del Microtunnel	110 m ²	~12m	3	Sondaggio	<ul style="list-style-type: none"> • tra 0 e 1 m dal p.c.. • tra 5,5 m e 6,5 m dal p.c.. • tra 11,5 e 12 m dal p.c. (fondo scavo).
Rampa di Tiro	52 m (lunghezza)	~4 (massima profondità)	1	Sondaggio	<ul style="list-style-type: none"> • tra 0 e 1 m dal p.c.; • zona intermedia; • fondo scavo.

Si precisa tuttavia che oltre ai campioni sopra elencati sarà necessario acquisire:

- un campione rappresentativo di ogni orizzonte stratigrafico individuato;
- un campione in caso di evidenze organolettiche di potenziale contaminazione;
- due campioni di acque sotterranee che saranno acquisiti prima, durante e dopo l'esecuzione dell'opera, da due piezometri di nuova realizzazione localizzati a valle idrogeologica dell'Area di Costruzione del Microtunnel (si faccia riferimento a Paragrafo 4.5) e ad un campione di acqua prelevato a monte idrogeologica di tale area (Piezo 3) utilizzando le medesime frequenze di campionamento.

5.2 Modalità di Prelievo Campioni

La caratterizzazione ambientale dei terreni sarà eseguita mediante prelievo manuale o mediante sondaggi a carotaggio. Per la rappresentazione cartografica delle verticali di indagine e il relativo elenco si rimanda alla Tavola *Indagini Proposte* dell'Appendice 1.

5.2.1 Prelievo manuale

I campioni del terreno superficiale (top soil) saranno raccolti in corrispondenza dei punti di indagine indicati nella Tavola *Indagini Proposte* dell'Appendice 1. Tali campioni saranno rappresentativi dei primi 20 cm di terreno dal piano campagna. Le modalità di campionamento sono definite nel *Paragrafo 5.3.1*.

 Trans Adriatic Pipeline	Pagina 42 di 48				
	Stato	Società Incaricata	Codice Sistema	Disciplina	Tipo Doc.
Titolo Progetto: Trans Adriatic Pipeline – TAP Titolo Documento: Piano di Campionamento dell'Area di Costruzione del Microtunnel	IAL00-ERM-643-Y-TAE-1031 Rev.:01				

Nel caso in cui in campo non fosse possibile prelevare il campione dai punti preliminarmente individuati a causa della presenza di vegetazione o opere murarie (muretti a secco), ne saranno selezionati altri in posizioni vicine e ricadenti all'interno della stessa cella di campionamento.

Lo scavo dovrà essere eseguito con utensili manuali.

5.2.2 Esecuzione di Sondaggi

La realizzazione dei sondaggi seguirà quanto previsto dalle linee guida APAT „*Manuale per le indagini ambientali nei siti contaminati*“. In particolare

- la perforazione dovrà avvenire a carotaggio continuo, mediante sonda idraulica cingolata o gommata di adeguate dimensioni (per raggiungere tutte le postazioni di indagine) e potenza (per raggiungere le profondità di perforazione previste);
- la perforazione dovrà avvenire con carotiere di diametro 101 mm e rivestimento provvisorio (se necessario per evitare il crollo della perforazione) di diametro 127 mm;
- la perforazione dovrà avvenire a secco ed a bassa velocità per evitare il surriscaldamento dei materiali carotati e quindi la perdita di eventuali sostanze volatili presenti nei terreni;
- l'utilizzo di acqua in fase di carotaggio non sarà consentita. Solo in caso di difficoltà nell'avanzamento della colonna di rivestimento sarà ammesso l'utilizzo di moderate quantità di acqua potabile;
- la perforazione avverrà per avanzamenti progressivi di circa 1 m ed a fine di ogni manovra, il materiale carotato verrà estratto per martellamento del carotiere, senza utilizzo di acqua, direttamente all'interno di apposite cassette catalogatrici (di legno o in PVC) per le successive fasi di screening visivo e raccolta dei campioni;
- una volta raggiunta la quota di perforazione prevista, il foro verrà chiuso mediante boiaccia di cemento e materiale di risulta e la pavimentazione eventualmente presente verrà ripristinata.

Terminata la perforazione, il materiale carotato riposto nell'apposita cassetta catalogatrice, verrà sottoposto ad accurata fase di screening per:

- definirne la stratigrafia;
- valutare l'eventuale presenza di eventuali materiali di origine antropica;
- raccolta della documentazione fotografica;
- raccogliere i campioni di terreno necessari per la analisi chimiche previste dal protocollo analitico (come meglio descritto nel Paragrafo 5.3.2).

5.3 Modalità di Campionamento dei Terreni

I campioni volti all'individuazione dei requisiti ambientali dei materiali da scavo saranno prelevati come campioni compositi per ogni scavo esplorativo o sondaggio in relazione alla tipologia ed agli orizzonti individuati.

 Trans Adriatic Pipeline	Pagina 43 di 48				
	Stato	Società Incaricata	Codice Sistema	Disciplina	Tipo Doc.
Titolo Progetto: Trans Adriatic Pipeline – TAP Titolo Documento: Piano di Campionamento dell'Area di Costruzione del Microtunnel	IAL00-ERM-643-Y-TAE-1031 Rev.:01				

Per quanto concerne i campioni volti all'individuazione di eventuali contaminazioni ambientali (come nel caso di evidenze organolettiche) dovranno essere prelevati con il criterio puntuale.

Le quantità, le dimensioni di ogni singolo campione di analisi ed eventuale pretrattamento del campione sarà concordata con il laboratorio accreditato Accredia scelto.

I seguenti Paragrafi riportano le tecniche di campionamento che saranno utilizzate per la caratterizzazione delle aree cantiere oggetto di analisi:

- Campionamento dei terreni superficiali (top-soil);
- Campionamento dei terreni profondi.

5.3.1 Campionamento Terreno Superficiale -Top Soil

La raccolta avverrà con mezzi manuali (spatole o palette) opportunamente decontaminate tra un campionamento e il successivo. Il prelievo dei campioni sarà condotto selezionando in campo, mediante apposito setaccio, la frazione granulometrica di diametro inferiore ai 2 cm. Le differenti aliquote di ogni campione saranno preparate mediante apposita paletta in acciaio inox opportunamente decontaminata e posizionando il terreno su telo impermeabile in polietilene per la successiva quartatura. I campioni saranno poi stoccati in contenitori in vetro.

Ogni campione verrà raccolto in duplice aliquota, di cui una per le determinazioni analitiche del laboratorio ed una a disposizione per eventuali controanalisi. Entrambe le aliquote dovranno essere spedite al laboratorio incaricato che provvederà ad analizzare la prima aliquota ed a conservare la seconda in attesa di eventuali disposizioni per le controanalisi.

Tutte le aliquote verranno identificate in modo univoco mediante etichetta adesiva riportante il nome identificativo del campione, la data e l'identificativo della matrice campionata (es: TW1_01082015TSO).

I campioni saranno immediatamente collocati in contenitori appositi a temperatura intorno a 4 °C ed inviati al laboratorio incaricato delle analisi chimiche nel più breve tempo possibile e comunque non oltre 5 giorni dal campionamento.

5.3.2 Campionamento Terreni Profondi

Salvo evidenze organolettiche per le quali predisporre un campionamento puntuale, ciascuna aliquota dei terreni profondi sarà costituita da più spezzoni di carota rappresentativi dell'orizzonte individuato al fine di considerare una rappresentatività media.

Durante il campionamento dovrà essere posta particolare attenzione ad evitare alterazioni chimiche a causa di surriscaldamento, dilavamento o contaminazione del campione da parte di sostanze e/o attrezzature. Conseguentemente, al fine di campionare la parte più alterata dovuta al contatto con il carotiere si dovrà procedere con l'eliminazione della parte esterna della carota stessa e successivamente prelevarne il nucleo avendo cura di eliminare tutto il materiale estraneo al terreno e la sua parte grossolana.

 Trans Adriatic Pipeline	Pagina 44 di 48				
	Stato	Società Incaricata	Codice Sistema	Disciplina	Tipo Doc.
Titolo Progetto: Trans Adriatic Pipeline – TAP Titolo Documento: Piano di Campionamento dell'Area di Costruzione del Microtunnel	IAL00-ERM-643-Y-TAE-1031 Rev.:01				

Ogni campione verrà raccolto in duplice aliquota, di cui una per le determinazioni analitiche del laboratorio ed una a disposizione per eventuali controanalisi. Entrambe le aliquote dovranno essere spedite al laboratorio incaricato che provvederà ad analizzare la prima aliquota ed a conservare la seconda in attesa di eventuali disposizioni per le controanalisi.

Tutte le aliquote verranno identificate in modo univoco mediante etichetta adesiva riportante il nome identificativo del campione, la data e l'identificativo della matrice campionata (es: SB1_01082015SO_11,5_12).

I campioni saranno immediatamente collocati in contenitori appositi a temperatura intorno a 4 °C ed inviati al laboratorio incaricato delle analisi chimiche nel più breve tempo possibile e comunque non oltre 5 giorni dal campionamento.

5.4 Piano di Analisi

Le aree oggetto del presente PDC-A interessano aree agricole (uliveti). Nessuna delle aree oggetto di caratterizzazione interessa aree urbane, industriali, commerciali o produttive.

Considerando che, storicamente, l'area investigata non è mai stata oggetto di industrializzazioni, urbanizzazione o attività antropica diversa da quella agricola le sostanze indicatrici ricercate corrisponderanno al set analitico standard riportato nella Tabella 4.1 dell'Allegato 4 del D.M. 161/2012 e s.m.i. "Procedure di caratterizzazione chimico-fisiche e accertamento delle qualità ambientali". Tale set analitico standard è stato integrato con tutti i parametri che hanno raggiunto un valore pari ad almeno l'80% della CSC riferita alla destinazione ad uso residenziale/verde pubblico, privato, conservativamente utilizzato in quanto le aree ripristinate saranno utilizzate per attività agricole. A questi sono stati aggiunti i pesticidi, che rappresentano il principale effetto della pressione antropica sull'area di intervento.

Titolo Progetto: **Trans Adriatic Pipeline – TAP**
 Titolo Documento: **Piano di Campionamento dell'Area di Costruzione del Microtunnel**

IAL00-ERM-643-Y-TAE-1031
 Rev.:01

Tabella 5-2 Set Analitico Proposto - Terreni

<i>Parametro</i>	<i>Metodica Consigliata</i>
SET STANDARD	
Arsenico	
Cadmio	
Cobalto	
Nichel	
Cromo totale	
Piombo	
Rame	EPA 6020 B 2014
Zinco	
Mercurio	
Berillio	
Vanadio	
Tallio	
Cromo VI	EPA 7196 A 1992
Idrocarburi C>12	EPA 8015
Amianto	DM 06/09/1994 GU n° 288 10/12/1994 All 1B
Alaclor	
Aldrin	EPA 8270D
Atrazina	
a - esacloroesano	
b - esacloroesano	
g- esacloroesano (Lindano)	
Clordano	
DDD, DDT, DDE	
Dieldrin	
Endrin	

Note:

Per i metodi confezionamento del campione e l'analisi dei campioni si può comunque fare riferimento al Manuale UNICHIM 196/2 ed. 2004 e alla norma UNI 10802

Le analisi chimiche verranno effettuate in conformità alle specifiche fornite in Allegato 2 al Titolo V del D. Lgs 152/2006 e s.m.i. e comparate con le Concentrazioni Soglia di Contaminazione (CSC) per siti a destinazione a verde pubblico o privato e contenuti in Tabella 1, Colonna A, nell'Allegato 5 al Titolo V del D. Lgs. 152/2006 e s.m.i..

 Trans Adriatic Pipeline	Pagina 46 di 48				
	Stato	Società Incaricata	Codice Sistema	Disciplina	Tipo Doc.
Titolo Progetto: Trans Adriatic Pipeline – TAP Titolo Documento: Piano di Campionamento dell'Area di Costruzione del Microtunnel	IAL00-ERM-643-Y-TAE-1031 Rev.:01				

5.5 Controllo Qualità

E' prevista l'esecuzione di un programma di controllo qualità al fine di verificare la precisione e l'accuratezza delle operazioni di campionamento e analisi. A tal fine si prevede di prelevare e di analizzare un quantitativo, pari al 5-10% dei campioni complessivamente prelevati, di:

- *blind duplicate*: due campioni identici (sia per il numero sia per la tipologia di contenitori) saranno contrassegnati con due identificativi differenti e inviati al laboratorio, allo scopo di verificare la precisione dei risultati delle analisi e verificare eventuali incongruenze.
- *field blank*: un campione sarà costituito da acqua distillata, con la quale sarà sciacquata l'attrezzatura di campionamento (guanti monouso, bottiglie, boiler); tale campione è utilizzato per verificare l'accuratezza delle attività di prelievo dei campioni.

I dati relativi ai controlli di qualità saranno utilizzati per la verifica dell'affidabilità dei risultati e come indicatori di potenziali sorgenti di cross-contamination. Tutti i risultati delle attività di controllo saranno riportati nei certificati analitici.



Titolo Progetto: **Trans Adriatic Pipeline – TAP**

Titolo Documento: **Piano di Campionamento dell'Area di Costruzione del
Microtunnel**

IAL00-ERM-643-Y-TAE-1031
Rev.:01

Appendice 1

Tavola 1 – Indagini Proposte

LEGENDA

— TRACCIATO DI PROGETTO

■ RAMPA DI TIRO (TW)

■ CANTIERE TEMPORANEO PER IL MICROTUNNEL(MT-WS)

■ AREA PER IL COLLAUDO IDRAULICO (RFO)

■ STAZIONE DI LANCIO

■ MICROTUNNEL (MT)

— GRIGLIA 50x50 (m)

INDAGINI PROPOSTE

■ SAGGIO DI SCAVO - CAMPIONAMENTO TERRENO SUPERFICIALE (TOP SOIL)

● SONDAGGIO – CAMPIONAMENTO TERRENO PROFONDO

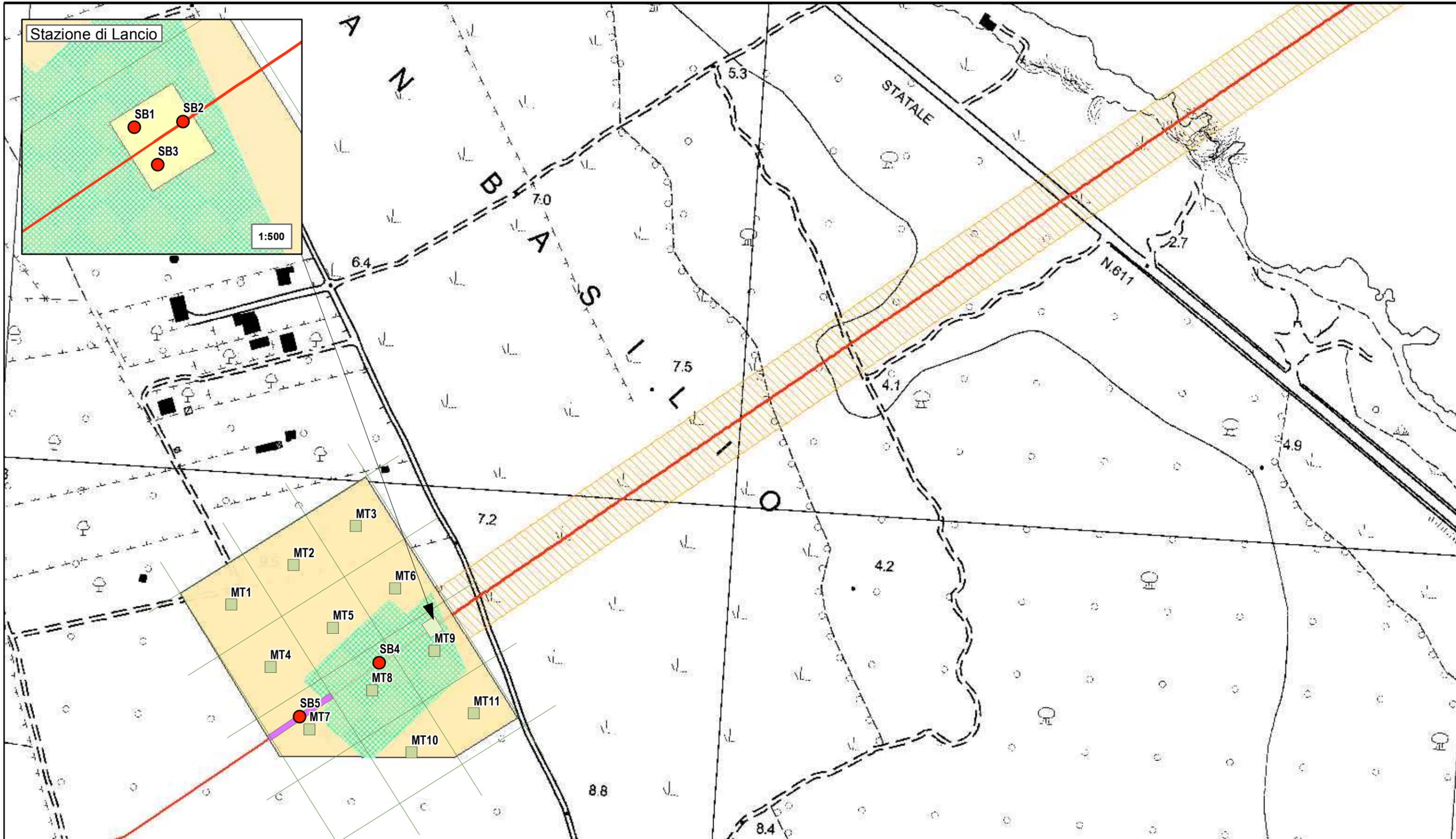
Punti di Indagine

Verticale di Indagine	X WGS84 UTM34N	Y WGS84 UTM34N	Profondità di campionamento	Litologia	Tecnica di Campionamento / Prelievo	Numero Aliquote	Area di Cantiere	Uso del Suolo
MT1	277771	4465192	tra 0e 0,2m dal p.c.	Calcarenite del Salento	Campionamento terreno superficiale - Top Soil	2	MT-WS	uliveti
MT2	277813	4465218	tra 0e 0,2m dal p.c.	Calcarenite del Salento	Campionamento terreno superficiale - Top Soil	2	MT-WS	uliveti
MT3	277856	4465245	tra 0e 0,2m dal p.c.	Calcarenite del Salento	Campionamento terreno superficiale - Top Soil	2	MT-WS	uliveti
MT4	277798	4465150	tra 0e 0,2m dal p.c.	Calcarenite del Salento	Campionamento terreno superficiale - Top Soil	2	MT-WS	uliveti
MT5	277840	4465176	tra 0e 0,2m dal p.c.	Calcarenite del Salento	Campionamento terreno superficiale - Top Soil	2	MT-WS	uliveti
MT6	277882	4465203	tra 0e 0,2m dal p.c.	Calcarenite del Salento	Campionamento terreno superficiale - Top Soil	2	MT-WS	uliveti
MT7	277824	4465107	tra 0e 0,2m dal p.c.	Calcarenite del Salento	Campionamento terreno superficiale - Top Soil	2	MT-WS	uliveti
MT8	277867	4465134	tra 0e 0,2m dal p.c.	Calcarenite del Salento	Campionamento terreno superficiale - Top Soil	2	MT-WS	uliveti
MT9	277909	4465160	tra 0e 0,2m dal p.c.	Calcarenite del Salento	Campionamento terreno superficiale - Top Soil	2	MT-WS	uliveti
MT10	277893	4465092	tra 0e 0,2m dal p.c.	Calcarenite del Salento	Campionamento terreno superficiale - Top Soil	2	MT-WS	uliveti
MT11	277936	4465118	tra 0e 0,2m dal p.c.	Calcarenite del Salento	Campionamento terreno superficiale - Top Soil	2	MT-WS	uliveti
SB1	277904	4465178	tra 0m e 1m dal p.c.	Calcarenite del Salento	Campionamento terreno profondo - Sondaggio	2	Stazione di Lancio	uliveti
SB1	277904	4465178	tra 5.5m e 6.5m dal p.c.	Calcarenite del Salento	Campionamento terreno profondo - Sondaggio	2	Stazione di Lancio	uliveti
SB1	277904	4465178	tra 11.5m e 12m dal p.c.	Calcarenite del Salento	Campionamento terreno profondo - Sondaggio	2	Stazione di Lancio	uliveti
SB2	277910	4465178	tra 0m e 1m dal p.c.	Calcarenite del Salento	Campionamento terreno profondo - Sondaggio	2	Stazione di Lancio	uliveti
SB2	277910	4465178	tra 5.5m e 6.5m dal p.c.	Calcarenite del Salento	Campionamento terreno profondo - Sondaggio	2	Stazione di Lancio	uliveti
SB2	277910	4465178	tra 11.5m e 12m dal p.c.	Calcarenite del Salento	Campionamento terreno profondo - Sondaggio	2	Stazione di Lancio	uliveti
SB3	277907	4465173	tra 0m e 1m dal p.c.	Calcarenite del Salento	Campionamento terreno profondo - Sondaggio	2	Stazione di Lancio	uliveti
SB3	277907	4465173	tra 5.5m e 6.5m dal p.c.	Calcarenite del Salento	Campionamento terreno profondo - Sondaggio	2	Stazione di Lancio	uliveti
SB3	277907	4465173	tra 11.5m e 12m dal p.c.	Calcarenite del Salento	Campionamento terreno profondo - Sondaggio	2	Stazione di Lancio	uliveti
SB4	277872	4465152	tra 5.5 m e 6.5 m dal p.c.	Calcarenite del Salento	Campionamento terreno profondo - Sondaggio	2	Tube di Protezione	uliveti
SB5	277818	4465116	tra 0 e 1 m dal p.c.	Calcarenite del Salento	Campionamento terreno profondo - Sondaggio	2	TW	uliveti
SB5	277818	4465116	Zona intermedia	Calcarenite del Salento	Campionamento terreno profondo - Sondaggio	2	TW	uliveti
SB5	277818	4465116	Fondo Scavo	Calcarenite del Salento	Campionamento terreno profondo - Sondaggio	2	TW	uliveti

Lorenzo Bertolè



							COMPANY SOCIETÀ TRANS ADRIATIC PIPELINE AG		DOCUMENT TITLE TITOLO DEL DOCUMENTO Piano di Campionamento dell'Area di Approdo Tav. 1 - Indagini Proposte					
							PROJECT TITLE TITOLO DEL PROGETTO TRANS ADRIATIC PIPELINE GASDOTTO TRANS-ADRIATICO		Company Representative / Rappresentante TAP : Turid Thormodsen Company Reference / Rif. TAP : C201 TSPE Representative / Rappresentante TSPE : Elisabeth Schmidt Document Originator / Autore del documento : Marco Ruffoni Vendor Doc. ID / Codice documento del fornitore : 0246306		Scale / Scala : - Document-No. / Numero documento : IAL00 - ERM - 643 - Y - TAE - 1031 Location / Luogo : Originating Company / Società creatrice : System-code / Codice : Discipline / Disciplina : Document Type / Tipo Documento : Sequence Number / Numero progressivo :		Sheet / Foglio : 0 - 1 at. all. / Allegato : 02 Rev. / Revisione : 0%	
							CONTRACTOR APPALTATORE ERM Italia S.p.A. Via San Gregorio 38 20124 Milan, Italy		TECHNICAL SERVICE PROVIDER EAST (TSPE) FORNITORE SERVIZI TECNICI EST (TSPE) E.ON Technologies GmbH		ORIGINAL SIZE / FORMATO ORIGINALE : 420 mm x 297 mm SIZE / FORMATO : A3			
01	Febbraio 2016	Procedura di VIA	ERM	ERM	ERM	-	-	CERTIFIED ENGINEER DATE / DATA : 22-05-2015 APPROVED BY / APPROVATO DA : Lorenzo Bertolè						
REV. NO.	DATE DATA	PURPOSE OF ISSUE SCOPO DELL'EMISSIONE	CREATED BY PREPARATO DA	CHECKED BY VERIFICATO DA	APPROVED BY APPROVATO DA	DATE DATA	ACCEPTED BY ACCETTATO DA	CONTRACTOR APPALTATORE COMPANY SOCIETÀ						



OF	Febbraio 2016	Prodotto da	ERM	ERM	ERM	-	-
REV. NO.	DATE DATA	PURPOSE OF ISSUE SCOPO DELL'EMISSIONE	CREATED BY PREPARATO DA	CHECKED BY VERIFICATO DA	APPROVED BY APPROVATO DA	DATE DATA	ACCEPTED BY ACCETTATO DA
			CONTRACTOR APPALTATORE		COMPANY SOCIETÀ		

COMPANY SOCIETÀ
TRANS ADRIATIC PIPELINE AG 

PROJECT TITLE TITOLO DEL PROGETTO
TRANS ADRIATIC PIPELINE GASEDOTTO TRANS-ADRIATICO

CONTRACTOR APPALTATORE
 ERM Italia S.p.A.
 Via San Gregorio 38
 20124 Milan, Italy

TECHNICAL SERVICE PROVIDER EAST (TSPE) FORNITORE SERVIZI TECNICI EST (TSPE)

E.ON Technologies GmbH

CERTIFIED ENGINEER
 22-05-2015 Lorenzo Bertolè

DOCUMENT TITLE TITOLO DEL DOCUMENTO
Piano di Campionamento dell'Area di Approdo Indagini Proposte

Company Representative / Rappresentante TAP: Turid Thormodsen
 Company Reference / Rif. TAP: C201
 TSPE Representative / Rappresentante TSPE: Elisabeth Schmidt
 Document Originator / Autore del documento: Marco Ruffoni
 Vendor Doc. ID / Codice documento del fornitore: 0246306

Scale / Scala: 1:2.500

Document-No. / Numero documento: **IAL00 - ERM - 643 - Y - TAE - 1031**

Location / Luogo: _____
 Originating Company / Società creatrice: _____
 System-code / Codice: _____
 Discipline / Disciplina: _____
 Document Type / Tipo Documento: _____
 Sequence Number / Numero progressivo: _____

Sheet / Foglio: 1-1
 at. all. / Allegato: 02
 Rev. / Revisione: 01

ArcGIS - FILE NAME / NOME DEL FILE: IAL00-ERM-643-Y-TAE-1028_00.mxd
 ORIGINAL SIZE / FORMATO ORIGINALE: 420 mm x 297 mm
 SIZE / FORMATO: **A3**

 Trans Adriatic Pipeline	Pagina 48 di 48				
	Stato	Società Incaricata	Codice Sistema	Disciplina	Tipo Doc.
Titolo Progetto: Trans Adriatic Pipeline – TAP Titolo Documento: Piano di Campionamento dell'Area di Costruzione del Microtunnel	IAL00-ERM-643-Y-TAE-1031 Rev.:01				

Appendice 2

IPL00-URS-000-Q-TRS-0001 - Studio Idrogeologico nell'area della Pipeline e del Microtunnel (Italia);

IPL00-URS-000-Q-TRG-0002 - Studio geotecnico e geofisico nell'area del Microtunnel – ITALIA;

IPL00-URS-000-Q-TRG-0001 - Studio geotecnico e geofisico lungo il tracciato del gasdotto – ITALIA;

OPL00-SPF-200-G-TRX-0019 Potenziale interferenza del microtunnel sull'assetto idrogeologico locale.

Project Title: **Trans Adriatic Pipeline – TAP**

Document Title: **Studio Idrogeologico nell'area della Pipeline e del Microtunnel**

IPL00-URS-000-Q-TRS-0001
Rev.: 01

URS

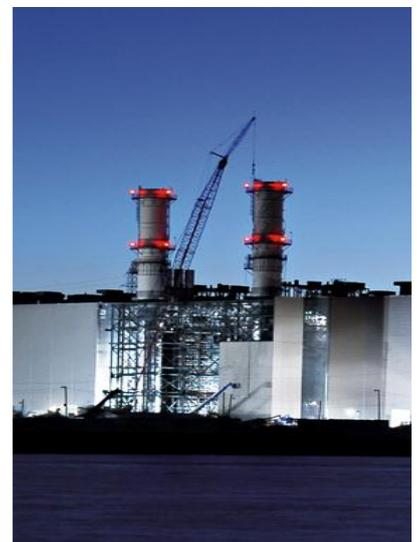
TAP - Trans Adriatic Pipeline

SOIL INVESTIGATION ITALY

Preparato per:
E.ON Technologies GmbH

Luglio, 2015

Studio Idrogeologico nell'area della Pipeline e del Microtunnel (Italia)



Project Title: **Trans Adriatic Pipeline – TAP**

Document Title: **Studio Idrogeologico nell'area della Pipeline e del Microtunnel**

**IPL00-URS-000-Q-TRS-0001
Rev.: 01**

PERCORSO DI REDAZIONE / APPROVAZIONE DEL DOCUMENTO

VERSIONE	NOME	FIRMA	DATA	POSIZIONE
Preparato da	E. Leale S. Conti		Novembre, 2015	Senior Hydrogeologist Senior Geologist
Controllato da	S. Conti		Novembre, 2015	Project Manager
Approvato da	G. Lucchini		Novembre, 2015	Technical Director

TITOLO:

Studio Idrogeologico nell'area della Pipeline e del Microtunnel (Italia)

Progetto No.

46318-441

Contatto / Cliente:

Florian Guballa

Cliente:

E.ON Technologies GmbH
Alexander-von-Humboldt-Straße 1
45896 Gelsenkirchen

Emesso da:

URS Italia S.p.A.
Via G. Watt, 27
20143 Milano (Italy)

REVISIONI DEL DOCUMENTO

VERSIONE	DATA	Dettagli delle Revisioni
0A	24/07/2015	Bozza per revisioni
00	20/11/2015	Versione finale
01	23/11/2015	Emissione finale

Project Title: **Trans Adriatic Pipeline – TAP**

 Document Title: **Studio Idrogeologico nell'area della Pipeline e del Microtunnel**
IPL00-URS-000-Q-TRS-0001
Rev.: 01

INDICE

1	INTRODUZIONE	7
2	GEOLOGIA ED IDROGEOLOGIA DELL'AREA	9
2.1	Ubicazione dell'area di interesse e dei lavori proposti	9
2.2	Inquadramento geologico	10
2.3	Idrologia	13
2.3.1	Acque superficiali	13
2.3.2	Acque sotterranee	14
3	RESOCONTO DELLE ATTIVITA' DI CAMPO	16
3.1	Prospezioni geofisiche	16
3.2	Indagini geologiche ed idrogeologiche	18
3.2.1	Prove di permeabilità in situ	20
4	RISULTATI DELLE INDAGINI	21
4.1	Indagini geofisiche	21
4.2	Indagini geotecniche ed idrogeologiche	21
4.2.1	Assetto geologico locale	21
4.2.2	Assetto idrogeologico locale	21
4.2.3	Risultati delle prove di permeabilità in situ	22
4.2.4	Sintesi dei risultati delle indagini idrogeologiche in situ	22
5	POSSIBILI INTERFERENZE CON PIPELINE E MICROTUNNEL	24
6	CONCLUSIONI	25

	 <small>E.ON Technologies GmbH</small>	 <small>URS Italia S.p.A.</small>	Pagina 5 di 25					
			Area Code	Comp. Code	System Code	Disc. Code	Doc.-Type	Ser. No.
Project Title: Trans Adriatic Pipeline – TAP Document Title: Studio Idrogeologico nell’area della Pipeline e del Microtunnel			IPL00-URS-000-Q-TRS-0001 Rev.: 01					

ALLEGATI

- ALLEGATO 1 Ubicazione geografica del sito
- ALLEGATO 2 Ubicazione dei sondaggi e dei piezometri
- ALLEGATO 3 Carta delle isofreatiche
- ALLEGATO 4 Sezione geologica ed idrogeologica attraverso la Palude di Cassano
- ALLEGATO 5 Sezione geologica ed idrogeologica lungo il tracciato gasdotto/microtunnel
- ALLEGATO 6 Rapporto sulle indagini geofisiche 2015
- ALLEGATO 7 Stratigrafie dei sondaggi
- ALLEGATO 8 Prove di permeabilità: Lugeon e Lefranc
- ALLEGATO 9 Documentazione fotografica delle cassette catalogatrici
- ALLEGATO 10 Rilievo topografico e freaticometrico

FIGURE NEL TESTO

- | | |
|---|----|
| Figura 1-1: Area del progetto ed elementi idrologici | 7 |
| Figura 2-1: Tracciato terrestre del gasdotto dall’approdo a KP 4.5 (<i>ref. Doc.: IPL00-ENT-100-F-DFO-0001</i>) | 9 |
| Figura 2-2: Sezione tipica della trincea del gasdotto - tracciato a terra (<i>ref. doc: IPL00-SPF-100-F-DFT-0002_01</i>) | 10 |
| Figura 2-3: Carta Geologica dell’area di interesse (<i>“F° 214 – Gallipoli; Carta geologica d’Italia a scala 1:100.000”</i>) | 12 |
| Figura 2-4: Acque superficiali nelle vicinanze delle future installazioni del progetto TAP. | 14 |
| Figura 2-5: tracciato del gasdotto e microtunnel e carta della vulnerabilità idrogeologica del PTCP (Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale) di Lecce. | 15 |
| Figura 3-1: prospezioni geofisiche per lo studio idrogeologico nell’area della palude di Cassano | 18 |
| Figura 3-2: Localizzazione dei piezometri installati e previsti | 19 |

	 <small>E.ON Technologies GmbH</small>	 <small>URS Italia S.p.A.</small>	Pagina 6 di 25					
			Area Code	Comp. Code	System Code	Disc. Code	Doc.- Type	Ser. No.
Project Title:	Trans Adriatic Pipeline – TAP		IPL00-URS-000-Q-TRS-0001 Rev.: 01					
Document Title:	Studio Idrogeologico nell'area della Pipeline e del Microtunnel							

LIMITAZIONI

URS ha preparato il presente Rapporto per l'uso esclusivo di E.ON Technologies GmbH (ENT) in conformità al Contratto di fornitura dei servizi. Non si concedono altre garanzie, né esplicite né implicite, in merito alle consulenze professionali ricomprese nel presente Rapporto né a qualsiasi altro servizio fornito da URS. Il presente Rapporto è riservato e non può essere divulgato a terzi dal Cliente né usato da altri senza il previo ed esplicito consenso scritto di URS.

Le conclusioni e le raccomandazioni contenute nel presente Rapporto si fondano su informazioni fornite da terzi e si basano sull'ipotesi che tutte le informazioni pertinenti siano state fornite dai terzi ai quali sono state richieste e che tali informazioni siano accurate. Le informazioni ottenute da URS non sono state sottoposte a una verifica indipendente, salvo quando altrimenti dichiarato nel Rapporto.

La metodologia adottata e le fonti di informazione usate da URS per la fornitura dei suoi servizi sono descritte nel presente Rapporto. Il lavoro descritto nel presente Rapporto, eseguito tra il 02/07/2013 e il 01/08/2013 si basa sulle condizioni riscontrate e le informazioni a disposizione nel corso del suddetto periodo di tempo. Lo scopo del presente Rapporto e i servizi sono pertanto limitati per ragioni di fatto da tali circostanze.

Qualora siano formulate valutazioni dei lavori o costi identificati nel presente Rapporto, tali valutazioni si fondano sulle informazioni disponibili all'epoca e, ove appropriato, sono soggette a ulteriori indagini o dipendono da ulteriori informazioni che possono divenire disponibili.

URS non si assume alcun impegno od obbligo di informare qualsiasi persona in merito a eventuali variazioni di qualunque aspetto che influisce sul Rapporto, le quali possono essere portate o segnalate all'attenzione di URS dopo la data del Rapporto.

Alcune dichiarazioni rese nel Rapporto che non sono fatti storici possono costituire stime, proiezioni o altre dichiarazioni riguardo il futuro e sebbene siano fondate su ipotesi ragionevoli alla data del Rapporto, tali dichiarazioni riguardo il futuro sono associate per loro propria natura a rischi e incertezze che potrebbero causare un discostamento sostanziale dei risultati effettivi rispetto ai risultati previsti. Nello specifico, URS non garantisce alcuna stima o proiezione contenuta nel presente Rapporto.

Qualora siano state eseguite indagini sul campo, queste ultime si sono limitate al livello di dettaglio richiesto al fine di realizzare gli obiettivi dichiarati dei servizi. I risultati di eventuali misurazioni effettuate possono variare a seconda dello spazio o del tempo e si consigliano ulteriori misurazioni di conferma dopo eventuali ritardi significativi nella distribuzione del presente Rapporto.

COPYRIGHT

© Il presente Rapporto è protetto dal diritto d'autore di URS. Eventuali riproduzioni o impieghi non autorizzati da parte di terzi diversi dal destinatario sono rigorosamente vietati.

Project Title: **Trans Adriatic Pipeline – TAP**

 Document Title: **Studio Idrogeologico nell'area della Pipeline e del Microtunnel**
IPL00-URS-000-Q-TRS-0001
Rev.: 01

1 INTRODUZIONE

Questo documento è la relazione tecnica che descrive le indagini geologiche ed idrogeologiche eseguite preliminarmente alla costruzione del Trans Adriatic Pipeline (di seguito indicato come TAP) lungo il tracciato della condotta terrestre nel territorio italiano nelle seguenti aree del progetto TAP nel territorio comunale di Melendugno (LE):

- microtunnel per l'approdo della TAP;
- impianto di fitodepurazione;
- palude di Cassano.

L'indagine idrogeologica è stata condotta per fornire ai progettisti delle opere gli elementi necessari a valutare i potenziali effetti che lo scavo del pozzo di spinta del microtunnel e del microtunnel stesso potrebbero avere sul regime idrologico ed idrogeologico dell'area del progetto, in particolare sull'area della Palude di Cassano e sull'area dove l'Acquedotto Pugliese gestisce un impianto di fitodepurazione di reflui domestici, che è anch'essa un'area paludosa, anche se modificata come sistema di trattamento naturale.

La Figura 1-1 seguente mostra l'ubicazione degli elementi idrologici di cui sopra in relazione all'ubicazione del Progetto.



Figura 1-1: Area del progetto ed elementi idrologici

URS è stata incaricata dell'esecuzione delle indagini di cui sopra da E.ON New Build and Technology GmbH (di seguito indicato come ENT), che all'epoca era componente di TAP AG con STATOIL e AXPO, a seguito di aggiudicazione della gara per tale progetto di indagini.

	 <small>E.ON Technologies GmbH</small>	 <small>URS Italia S.p.A.</small>	Pagina 8 di 25					
			Area Code	Comp. Code	System Code	Disc. Code	Doc.- Type	Ser. No.
Project Title:	Trans Adriatic Pipeline – TAP		IPL00-URS-000-Q-TRS-0001 Rev.: 01					
Document Title:	Studio Idrogeologico nell'area della Pipeline e del Microtunnel							

Ai fini del presente studio idrogeologico sono state condotte le seguenti attività:

- raccolta ed esame dei risultati delle indagini pregresse;
- esecuzione di perforazioni a carotaggio continuo con installazione di nuovi piezometri profondi 10 m, ubicati sia presso punti già previsti nelle indagini geotecniche (già inclusi nel piano di indagini geotecniche), sia presso nuove aree;
- prove di permeabilità dell'acquifero in foro (prove tipo Lefranc a carico variabile e prove Lugeon) nel corso delle operazioni di perforazione;
- rilievo topografico delle coordinate plano-altimetriche di testa pozzo dei piezometri;
- ricostruzione della geometria dell'acquifero e della direzione di deflusso locale;
- prospezioni geoelettriche in prossimità delle aree di palude per determinare la geometria di eventuali orizzonti a bassa permeabilità che possano separare l'acquifero in più falde (prospezioni sismiche/MASW integrative e tomografie elettriche nelle vicinanze dell'impianto di fitodepurazione e della Palude di Cassano - circa 2000 m di stendimenti tra i profili S10 e S11);
- Interpretazione dei dati di campo e sviluppo di un modello concettuale idrogeologico dell'area di indagine da porre alla base della valutazione dei potenziali impatti.

Nei capitoli seguenti saranno descritti:

1. la geologia e idrogeologia dell'area (Capitolo 2);
2. le indagini effettuate in sito (Capitolo 3);
3. i dati raccolti e l'interpretazione dei risultati (Capitolo 4);
4. la valutazione delle interferenze potenziali tra i lavori proposti nel progetto, le acque superficiali e le acque sotterranee (Capitolo 5);
5. le conclusioni e le raccomandazioni (Capitolo 6).

Project Title: **Trans Adriatic Pipeline – TAP**

 Document Title: **Studio Idrogeologico nell'area della Pipeline e del Microtunnel**
IPL00-URS-000-Q-TRS-0001
Rev.: 01

2 GEOLOGIA ED IDROGEOLOGIA DELL'AREA

2.1 Ubicazione dell'area di interesse e dei lavori proposti

L'approdo del gasdotto avverrà sulla costa tra San Foca e Torre Specchia Ruggeri, tramite un microtunnel al di sotto della linea di costa e della strada Provinciale SP366.

Il punto di congiunzione con la condotta terrestre alla fine del tunnel segna il Kp 0 del tracciato a terra e sarà posizionato a circa 600 m lontano dalla costa in direzione Sud-Ovest. Una valvola di intercettazione sarà realizzata subito a valle del suddetto punto di congiunzione.

Il tracciato del gasdotto passa a sud di una estesa depressione topografica che ospita un'area paludosa denominata "Palude di Cassano" che è un'area protetta all'interno del Comune di Melendugno.

A partire dal primo attraversamento della Strada Comunale S. Niceta alla progressiva KP 0.6 (a sud-est della palude) il tracciato del gasdotto corre parallelo alla suddetta strada comunale per circa 3.5 Km. Al fine di minimizzare gli impatti sulle proprietà private e sul paesaggio il tracciato del gasdotto attraversa la strada cambiando lato tre altre volte, alle progressive KP 1.1, KP 2 e KP 4.

L'area di interesse per il presente studio idrogeologico è compresa tra la linea di costa (microtunnel) e i primi 1,5 km del tracciato terrestre della trincea del gasdotto (Figura 2-1). La morfologia in territorio è caratterizzata prevalentemente da aree pianeggianti degradanti verso mare e leggermente ondulate.

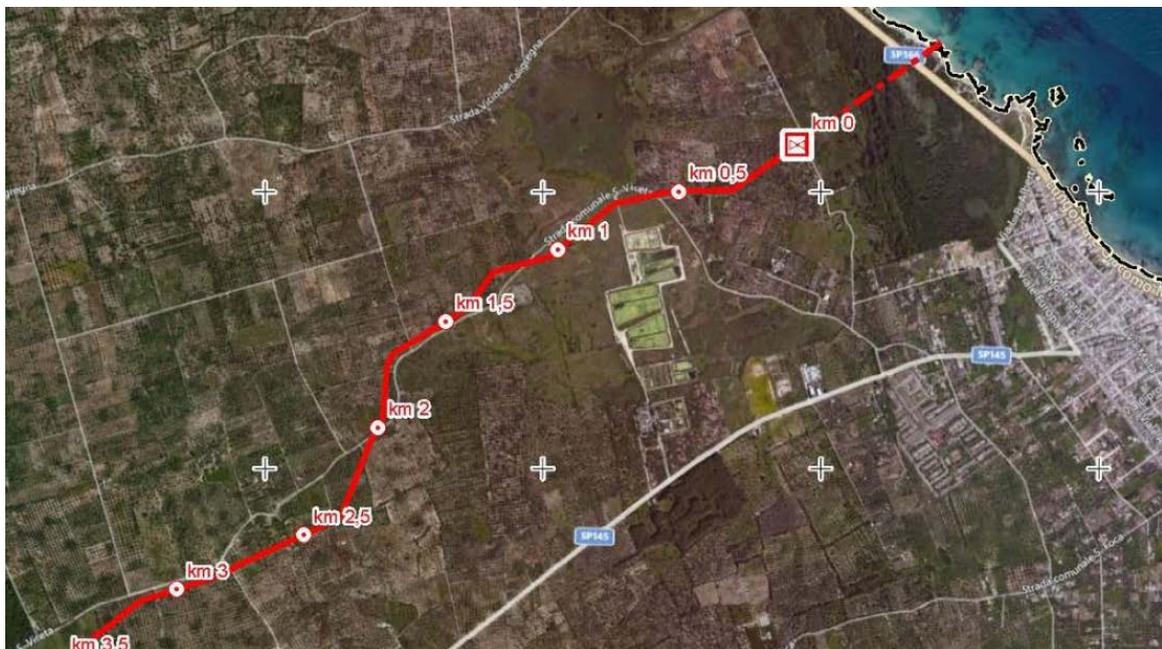


Figura 2-1: Tracciato terrestre del gasdotto dall'approdo a KP 4.5 (ref. Doc.: IPL00-ENT-100-F-DFO-0001)

Project Title: **Trans Adriatic Pipeline – TAP**

 Document Title: **Studio Idrogeologico nell'area della Pipeline e del Microtunnel**
**IPL00-URS-000-Q-TRS-0001
Rev.: 01**

La planimetria prevista ed il profilo del microtunnel sono riportati negli Allegati 1 e 2, dai quali si evince che il tunnel sarà incamiciato con rivestimento in cemento di diametro interno pari a 2400 mm e partirà da una stazione di spinta ad una profondità di circa 13 m dal piano campagna (5 m s.l.m). Il microtunnel si approfondirà poi almeno fino ad una profondità di 25 m p.c. (-17 m s.l.m), alla distanza progressiva di 406 m. In seguito, il microtunnel seguirà un tracciato pressoché orizzontale. All'interno del microtunnel sarà installata una tubazione 36" DN.

Nella Figura 2-2 seguente è riportata una sezione tipica della trincea che ospiterà il gasdotto a terra. La trincea avrà una sezione trapezoidale con la base a circa 2,5 m di profondità dal piano campagna. La base avrà una larghezza sufficiente ad ospitare una condotta da 36" (0.914 m), garantendo una distanza minima di almeno 0.10 m su ciascun lato tra la condotta e la parete della trincea. A livello del piano campagna, la trincea sarà larga circa 3 m. Si prevede di riempire la trincea con materiale a granulometria selezionata e quindi completare il riempimento con il materiale di scavo.

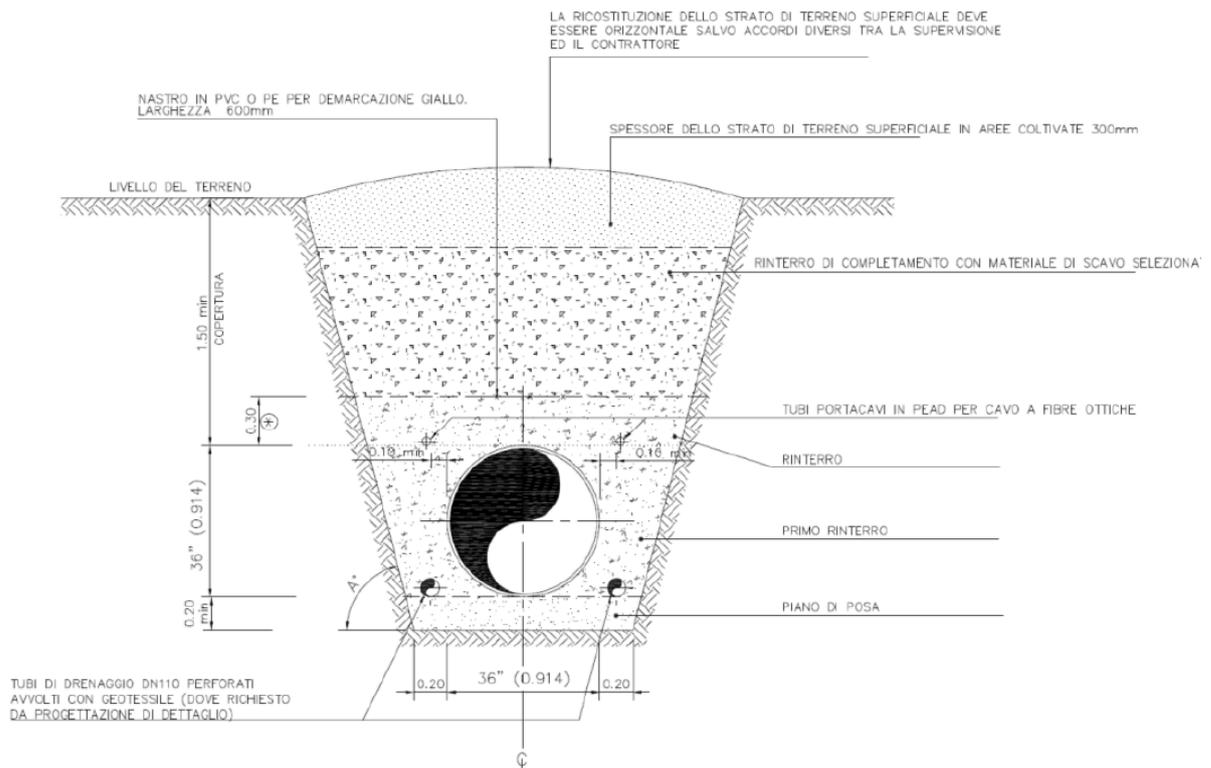


Figura 2-2: Sezione tipica della trincea del gasdotto - tracciato a terra (ref. doc: IPL00-SPF-100-F-DFT-0002_01)

2.2 Inquadramento geologico

Il paesaggio salentino è caratterizzato da una serie di piane lievemente ondulate di varia estensione e forma, in genere estese in direzione NW-SE, e caratterizzate da differenti quote. I versanti che congiungono le piane rappresentano principalmente superfici di faglia o antiche scarpate costiere (Sansò et al., 2004).

	 <small>E.ON Technologies GmbH</small>	 <small>URS Italia S.p.A.</small>	Pagina 11 di 25					
			Area Code	Comp. Code	System Code	Disc. Code	Doc.-Type	Ser. No.
Project Title:	Trans Adriatic Pipeline – TAP		IPL00-URS-000-Q-TRS-0001 Rev.: 01					
Document Title:	Studio Idrogeologico nell'area della Pipeline e del Microtunnel							

L'area di indagine è caratterizzata da una morfologia leggermente ondulata, quasi pianeggiante, con quote che variano da circa 0,3 m a 21 m s.l.m senza interruzioni da parte di scarpate.

Dal punto di vista geologico, il Salento appartiene alla Piattaforma Apula, la quale rappresenta l'avampese dell'Appennino Campano-Lucano, ed è formato da una spessa sequenza stratigrafica carbonatica di età mesozoica, ricoperta in trasgressione da depositi organogenici e/o calcarenitici paleogenico-oligocenici e da una sottile successione carbonatico-terrigena di età quaternaria ("F° 214 – Gallipoli of the Carta Geologica d'Italia" - Figura 2-3).

Questi depositi appartengono alla unità delle Calcareniti del Salento (noti anche come depositi di open shelf) e sono caratterizzate da una considerevole variabilità litologica, includendo infatti calcareniti marnose poco coerenti di grana da media a fine; calcareniti fossilifere grossolane; sabbie calcaree grossolane; sabbie limose o limi sabbiosi più o meno cementate; in genere la calcarenite è di colore giallastro o grigiastro, mentre gli altri litotipi possono essere ricoperti da una crosta superficiale gialla o rossastra. L'ambiente di deposizione è litorale. Questa formazione è spessa almeno 50 m e può essere interessata da fenomeni di pseudocarsismo, anche se le indagini geofisiche finalizzate specificamente all'individuazione di potenziali cavità sotterranee nell'area di interesse non ne hanno evidenziato la presenza.

Depositi continentali recenti sono presenti lungo la costa e comprendono sedimenti limosi e argillosi con strati torbosi, di ambiente lagunare o di palude, e sabbie eoliche che formano dune costiere.

Project Title: **Trans Adriatic Pipeline – TAP**
 Document Title: **Studio Idrogeologico nell'area della Pipeline e del Microtunnel**

IPL00-URS-000-Q-TRS-0001
Rev.: 01

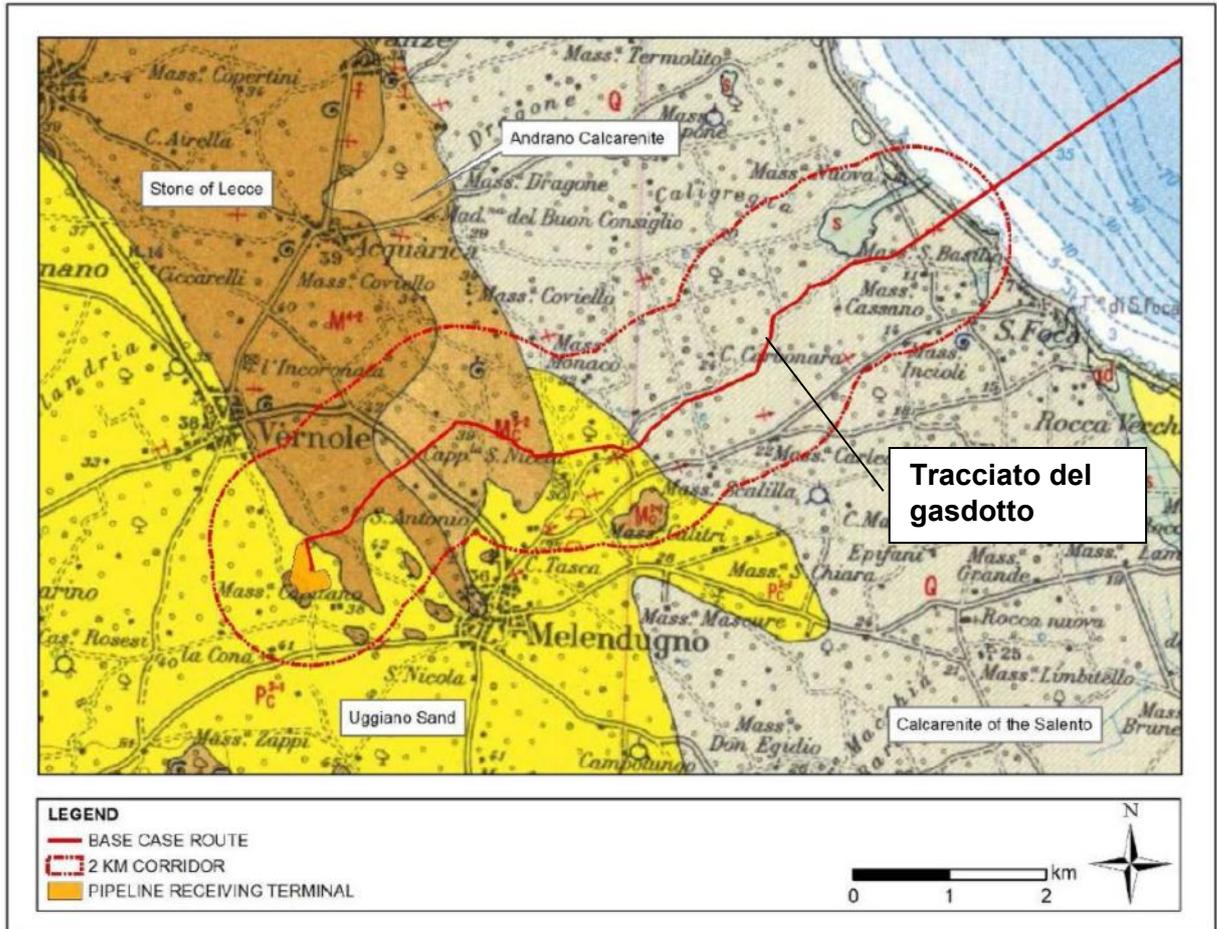


Figura 2-3: Carta Geologica dell'area di interesse ("F° 214 – Gallipoli; Carta geologica d'Italia a scala 1:100.000")

	 <small>E.ON Technologies GmbH</small>	 <small>URS Italia S.p.A.</small>	Pagina 13 di 25				
			Area Code	Comp. Code	System Code	Disc. Code	Doc.-Type
Project Title:	Trans Adriatic Pipeline – TAP		IPL00-URS-000-Q-TRS-0001			Rev.: 01	
Document Title:	Studio Idrogeologico nell'area della Pipeline e del Microtunnel						

2.3 Idrologia

2.3.1 Acque superficiali

Il reticolo idrografico della penisola salentina è rappresentato, piuttosto che da corsi d'acqua nel vero senso del termine, da linee di flusso in cui le acque meteoriche sono canalizzate e che interessano le aree a quota inferiore, dove affiorano in prevalenza sabbie, sabbie e argille o calcareniti, all'esterno delimitati da creste calcaree.

Queste linee drenano le acque meteoriche trasportandole verso forme infossate chiamate con nome locale "cupe" oppure verso doline o inghiottitoi, tutte aree spesso soggette ad alluvionamento durante piogge intense. L'assenza di un reticolo di drenaggio superficiale ben sviluppato è una caratteristica del paesaggio carsico.

Il tracciato di progetto non attraversa corsi d'acqua permanenti o stagionali. Nelle vicinanze dell'area del progetto si trova la Palude di Cassano, che è un Sito di Interesse Regionale (SIR) - Figura 2-4. Solo due torrenti stagionali sono presenti: uno scorre parallelamente al tracciato del microtunnel circa 350 m a sud, mentre il secondo è un fosso artificiale scavato per drenare la Palude di Cassano collegandola al mare.

La palude di Cassano è una vasta depressione carsica (al cui interno le quote sono inferiori di 2 – 3 m rispetto a quelle delle aree circostanti), che ospita una vegetazione tipica delle aree umide impostate su bacini calcarei *Phragmites australis* e *Cladium*. Gli specchi d'acqua sono vegetati a *Isoetes hystrix*, una specie tipica degli specchi d'acqua continentali mediterranei. Il canale di drenaggio che collega la palude al mare è stato scavato nel passato per drenare la palude.

Dalla Carta Tecnica Regionale (SCALA 1:10.000) risulta che, la maggior parte delle aree depresse all'interno della palude hanno quote comprese tra 5 e 6 m s.l.m., all'incirca alla stessa quota della falda superficiale nell'area; pertanto la falda assicura costantemente la presenza di acqua e di umidità al fondo della palude.

In aggiunta, l'acqua trattata dall'impianto di fitodepurazione comunale viene scaricata all'interno della palude: pertanto non si può escludere una locale (anche se occasionale) ricarica dell'acquifero per infiltrazione diretta delle acque trattate.

Project Title: **Trans Adriatic Pipeline – TAP**

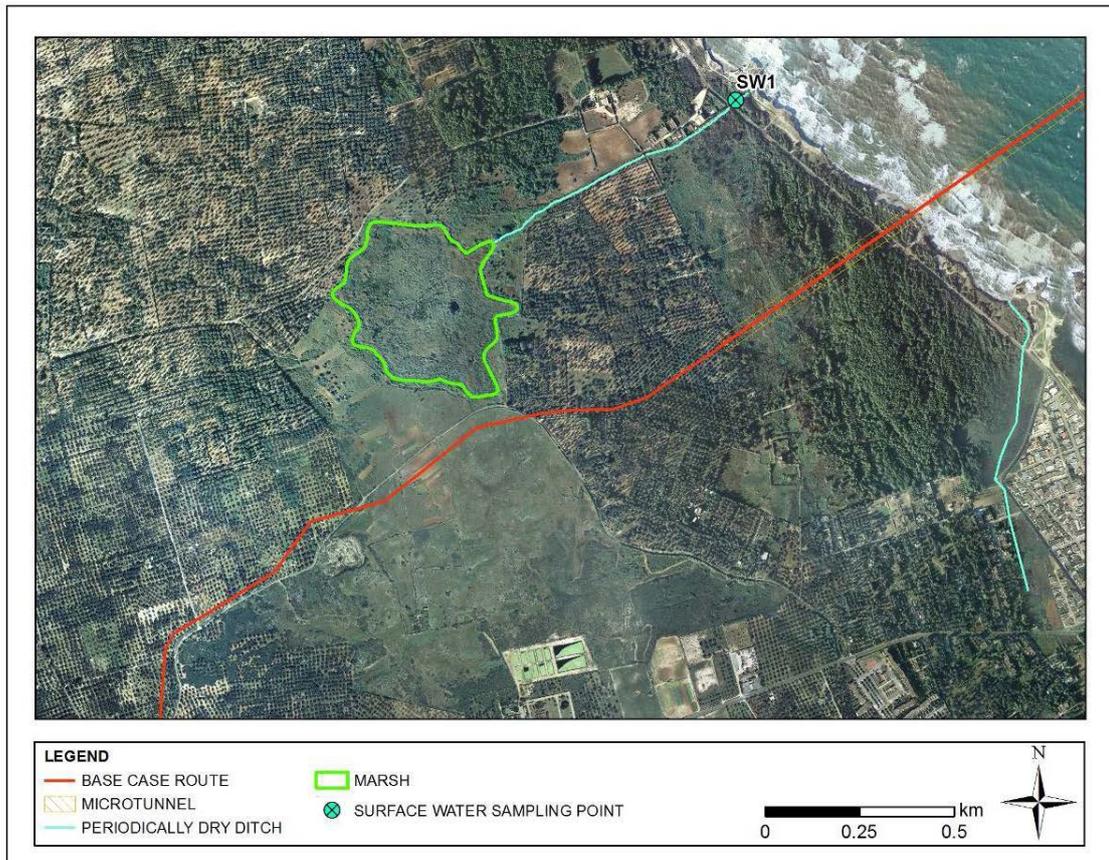
 Document Title: **Studio Idrogeologico nell'area della Pipeline e del Microtunnel**
IPL00-URS-000-Q-TRS-0001
Rev.: 01


Figura 2-4: Acque superficiali nelle vicinanze delle future installazioni del progetto TAP.

Tratta da: ERM (Nov 2011)

2.3.2 Acque sotterranee

La Puglia rappresenta un ambiente idrogeologico complesso. Il Salento è caratterizzato da due acquiferi: il primo, superficiale, è composto da sedimenti del Mio-Plio-Pleistocene contenenti uno o due corpi idrici. La geometria del secondo è spesso difficile da determinare, poiché i sedimenti giacciono in limitati intervalli di roccia permeabile all'interno di un più generale contesto di depositi impermeabili.

Il secondo acquifero, profondo, è composto da formazioni carbonatiche mesozoiche.

In particolare, l'acquifero superficiale ubicato nelle Calcareniti del Salento e nelle Sabbie di Uggiano, che è l'acquifero trattato nel presente studio, mostra un grado di permeabilità correlato alla frazione limosa e/o limoso-argillosa all'interno delle sabbie; non possiede in genere un'elevata capacità di immagazzinamento; la sua ricarica è dovuta quasi esclusivamente alle precipitazioni che piovono sugli affioramenti di tali formazioni e la falda idrica è soggetta a variazioni stagionali di livello, anche se limitate in prossimità della costa.

La seguente Figura 2-5 mostra il PRT, il gasdotto ed il microtunnel sovrapposti alla Carta Idrogeologica del PTCP (Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale) di Lecce. Essa evidenzia:

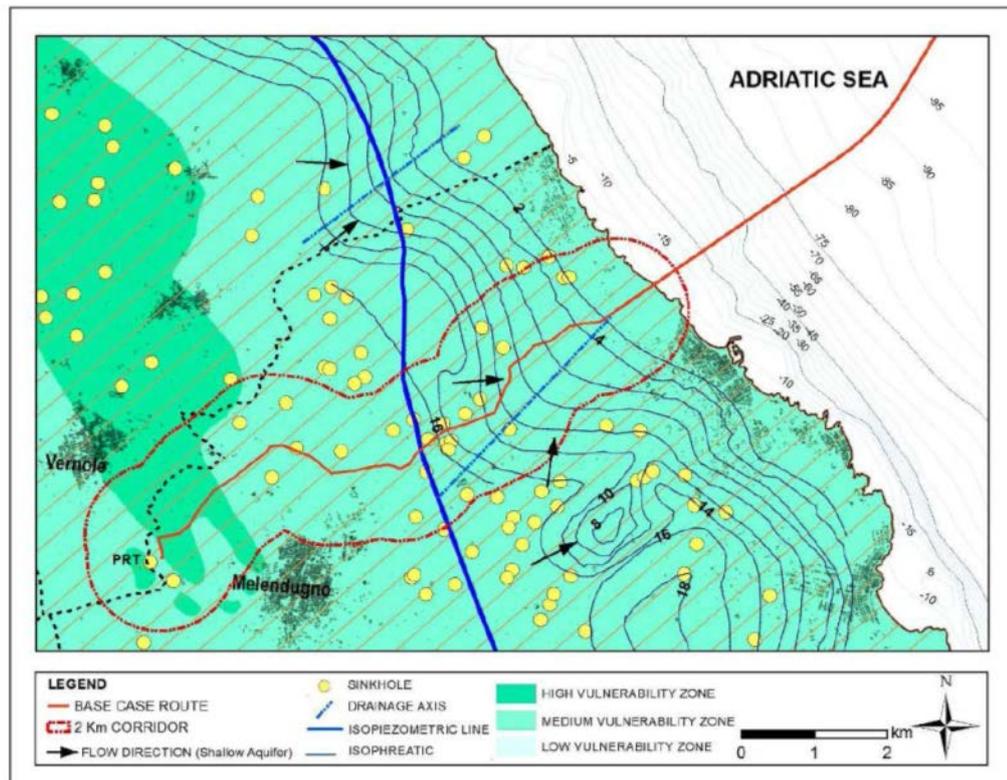
- le isofreatiche dell'acquifero superficiale, che diminuiscono gradualmente da 16 a 2 m s.l.m.;

Project Title: **Trans Adriatic Pipeline – TAP**

Document Title: **Studio Idrogeologico nell'area della Pipeline e del Microtunnel**

IPL00-URS-000-Q-TRS-0001
Rev.: 01

- la direzione di flusso della falda nell'acquifero superficiale, che nell'area di interesse è perpendicolare alla linea di costa;
- la presenza di assi di drenaggio (SW-NE) che caratterizzano l'acquifero superficiale;
- il grado di vulnerabilità dell'acquifero, connesso alla permeabilità primaria e secondaria, dovuta al contenuto di limo e/o argilla nelle sabbie ed al grado di cementazione delle calcareniti.



Source: PTCP – ERM (May 2013)

Figura 2-5: tracciato del gasdotto e microtunnel e carta della vulnerabilità idrogeologica del PTCP (Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale) di Lecce.

Allo stato attuale la falda superficiale viene utilizzata molto poco a causa della sua scarsa quantità e della scarsa qualità dovuta agli elevati tenori di salinità presso le aree costiere e alla alta vulnerabilità alle potenziale sorgenti di contaminazione provenienti dalla superficie.

La principale risorsa idrica nell'area è costituita dall'acquifero calcareo –marnoso del Miocene, che si rinviene generalmente a 40 – 60 m di profondità dal piano campagna e che ha un elevato grado di permeabilità dovuta alla fratturazione, alla fessurazione e alla dissoluzione carsica degli orizzonti più compatti. Questo acquifero poggia direttamente sull'acquifero carsico mesozoico, che non viene sfruttato a causa della elevata salinità.

	 <small>E.ON Technologies GmbH</small>	 <small>URS Italia S.p.A.</small>	Pagina 16 di 25					
			Area Code	Comp. Code	System Code	Disc. Code	Doc.-Type	Ser. No.
Project Title:	Trans Adriatic Pipeline – TAP		IPL00-URS-000-Q-TRS-0001 Rev.: 01					
Document Title:	Studio Idrogeologico nell'area della Pipeline e del Microtunnel							

3 RESOCONTO DELLE ATTIVITÀ DI CAMPO

Sono state eseguite delle indagini geologiche, idrogeologiche e geofisiche per rispondere alle prescrizioni del Ministero dell'Ambiente contenute nel Decreto n. 223/2014 relativo allo Studio di Impatto Ambientale e Sociale per il progetto TAP.

Sono state eseguite le seguenti attività:

- ricerca/bonifica di ordigni bellici inesplosi, di seguito indicata come "rilievi UXO" (Unexploded Ordnance);
- prospezioni geofisiche delle seguenti tipologie: TES (Tomografia Elettrica in Superficie), sismica a rifrazione, MASW (Multichannel Analysis Surface Waves);
- indagini geologiche and geotecniche (perforazioni, prelievo di campioni e prove in situ);
- sorveglianza archeologica nel corso delle perforazioni sui punti di indagine;
- rilievo topografico dei punti di indagine;
- analisi geotecniche in laboratorio sui campioni prelevati.

I rilievi UXO sono stati effettuati tra Maggio e Giugno 2015, realizzati su un'area di circa 25 m² intorno a ciascun punto di indagine e fino ad una profondità di 5 m da piano campagna, da un'impresa specializzata ed accreditata presso il Ministero della Difesa, e non hanno evidenziato la presenza di ordigni inesplosi sia nel suolo che nel sottosuolo. Altrettanto, la sorveglianza archeologica non ha dato evidenza di manufatti antropici nelle carote recuperate durante le perforazioni.

Tutte le attività sono state condotte in maniera discontinua e non in un'unica campagna di indagine a causa dei tempi di rilascio delle autorizzazioni sui singoli punti da parte degli Enti competenti e dei proprietari.

I seguenti paragrafi descrivono in dettaglio le indagini eseguite.

3.1 Prospezioni geofisiche

Tra Marzo e Aprile 2015 URS ha condotto una campagna di prospezioni geofisiche che hanno visto l'impiego congiunto di due specifiche metodologie, la TES (Tomografia Elettrica in Superficie) e la sismica a rifrazione, tipicamente e comunemente usate in combinazione, poiché misurare sia i parametri geoelettrici che meccanici del sottosuolo:

- permette di confermare i risultati di entrambe,
- migliora l'accuratezza,
- evidenzia eventuali aree dove può essere opportuno eseguire ulteriori indagini.

La TES si basa sulla misurazione delle variazioni di resistività a loro volta causate da variazioni di fattori quali cambiamenti litologici (per esempio: il basalto rispetto all'arenaria) o da variazioni locali di fattori come il contenuto d'acqua o il grado di costipazione nel terreno.

La resistività si determina applicando nel terreno una corrente alternata ad intensità nota e misurando la differenza di potenziale elettrico creata dalla corrente. Per ciascuna misura si usano quattro elettrodi, di cui due servono per immettere la corrente nel terreno e due per l'effettiva misura

 Trans Adriatic Pipeline	 e-on <small>E.ON Technologies GmbH</small>	 URS <small>URS Italia S.p.A.</small>	Pagina 17 di 25				
			Area Code	Comp. Code	System Code	Disc. Code	Doc.-Type
Project Title:	Trans Adriatic Pipeline – TAP		IPL00-URS-000-Q-TRS-0001 Rev.: 01				
Document Title:	Studio Idrogeologico nell'area della Pipeline e del Microtunnel						

della differenza di potenziale. Il rapporto tra l'intensità di corrente e la differenza di potenziale fornisce la resistività del terreno.

La prospezione sismica a rifrazione si basa su come le onde sismiche si propagano attraverso il terreno ed interagiscono con zone a differente densità all'interno del sottosuolo. L'energia sismica viene generata da un impatto o un'esplosione (in gergo "shot") ed i tempi di arrivo delle onde sismiche sono registrati da sensori chiamati geofoni disposti in superficie lungo un allineamento.

La velocità delle onde sismiche è legata alla densità ed al modulo elastico del materiale attraverso cui esse viaggiano. Un'onda sismica che incontra una sufficiente variazione di densità e quindi di velocità sarà rifratta ad un angolo che dipende da quanto grande è la variazione. Poiché generalmente la densità, e quindi la velocità delle onde sismiche, dello strato più profondo è maggiore rispetto a quella dello strato superficiale, ci sarà un punto nello stendimento di geofoni in cui l'energia sismica che ha viaggiato lungo la superficie di discontinuità supera l'energia sismica che si propaga attraverso lo strato superiore e diviene il primo arrivo al geofono. L'analisi di questi primi arrivi permette di costruire un modello delle velocità sismiche.

Per il presente studio idrogeologico sono stati eseguiti:

- 6 profili TES, con spaziatura degli elettrodi pari a 3 m;
- 6 profili di sismica a rifrazione, con lunghezza in media pari a 69 m e spaziatura dei geofoni, pari a 2-3 m, scelta in base allo spazio disponibile in campo;

per una lunghezza totale investigata di 1700 m sia per la ES che per la sismica a rifrazione.

Sia per la TES che per la sismica a rifrazione, all'inizio ed alla fine di ciascun profilo sono state registrate le coordinate GPS, mentre le quote altimetriche lungo i profili sono state ricavate dal DEM (Digital Elevation Model – Modello Digitale del Terreno) ufficiale della Regione Puglia, scaricabile dal sito web di quest'ultima.

Segue una tabella riepilogativa delle indagini geofisiche eseguite.

Tab. 3-1: sintesi delle indagini geofisiche eseguite

METODOLOGIA	NUMERO PROFILI	LUNGHEZZA COMPLESSIVA
Tomografia Elettrica Superficiale	6	1700 m
Sismica a rifrazione	6	1700 m

Project Title: **Trans Adriatic Pipeline – TAP**

Document Title: **Studio Idrogeologico nell'area della Pipeline e del Microtunnel**

IPL00-URS-000-Q-TRS-0001

Rev.: 01

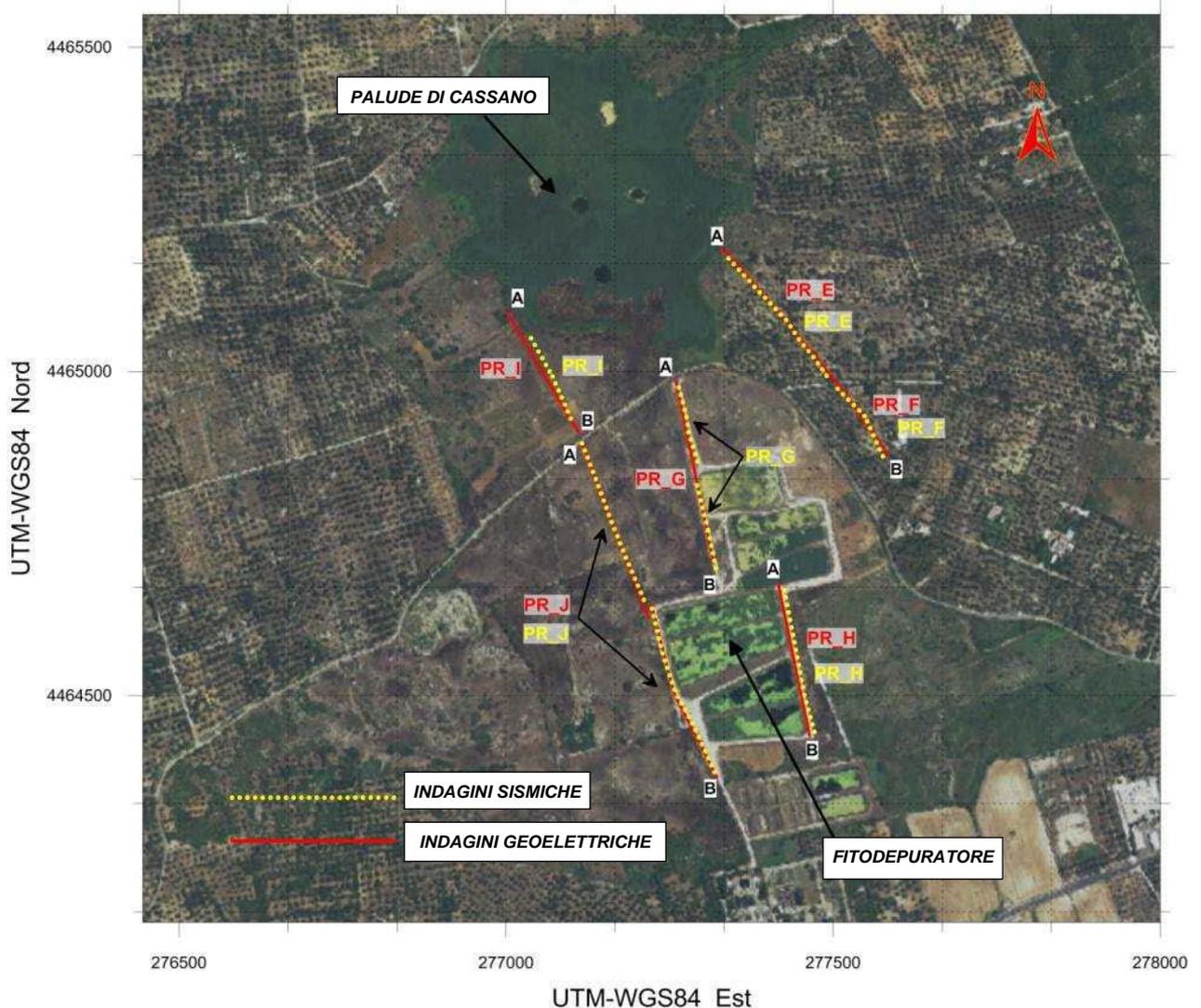


Figura 3-1: prospezioni geofisiche per lo studio idrogeologico nell'area della palude di Cassano

Gli esiti dell'intera campagna d indagini geofisiche sono presentati nell'Allegato 6 alla presente relazione e negli Annessi A e B della relazione IAL00-URS-000-Q-TRG-0001_00 — Geophysical Investigation Italy (2013).

3.2 Indagini geologiche ed idrogeologiche

Le indagini geologiche ed idrogeologiche eseguite nell'area di interesse avevano le seguenti finalità:

- ricostruzione della successione stratigrafica e del quadro geologico ed idrogeologico locali;
- esecuzione di prove in sito, allo scopo di ricavare i valori di permeabilità nell'area di interesse;
- installazione di piezometri per il monitoraggio ambientale.

Project Title: **Trans Adriatic Pipeline – TAP**

 Document Title: **Studio Idrogeologico nell'area della Pipeline e del Microtunnel**
**IPL00-URS-000-Q-TRS-0001
Rev.: 01**

Le indagini geologiche sono iniziate nel Maggio e terminate nel Giugno 2015. Sono stati installati 5 piezometri denominati ST_BH1 / Piezo6, ST_BH2 / Piezo4, Piezo3, Piezo2 e Piezo 5 (vedi Figura 3-2).

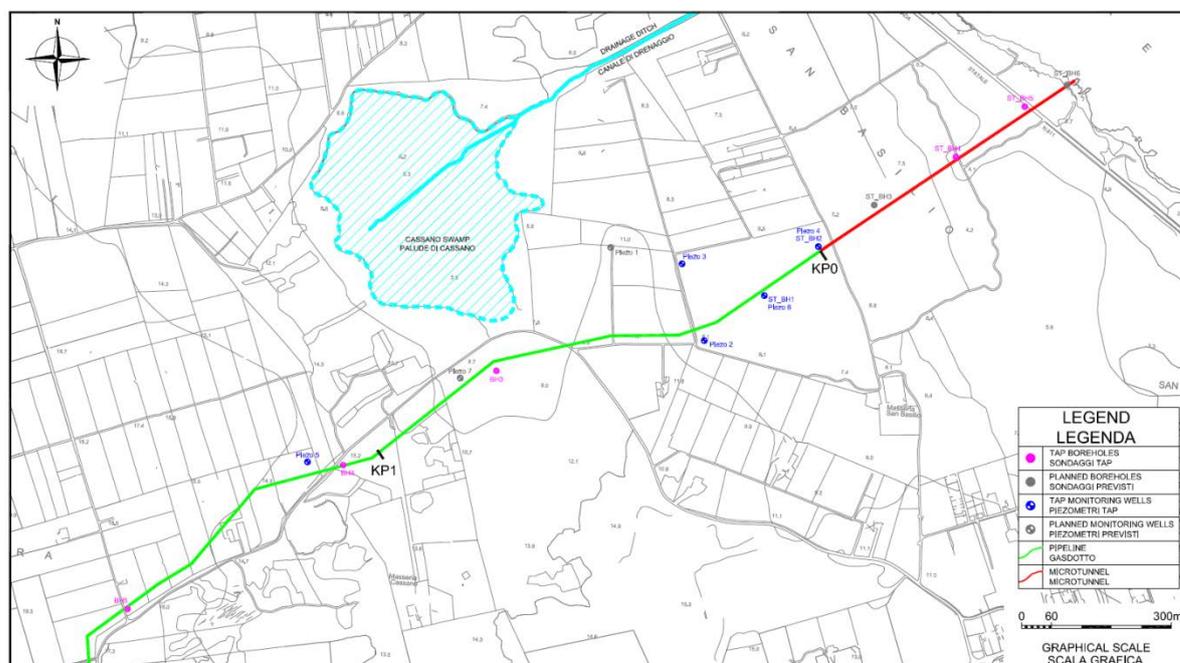


Figura 3-2: Localizzazione dei piezometri installati e previsti

Tutti sono stati eseguiti a rotazione con un diametro di 101 mm, usando la tecnica del carotaggio continuo da 0 fino a 10 m di profondità dal p.c. e quella del carotaggio a distruzione di nucleo da 10 a 11 m di profondità dal p.c., eccetto Piezo4 che è stato dapprima perforato da 0 a 20 m di profondità dal p.c.; in seguito, in ciascuno dei fori, dopo aver eseguito l'alesaggio a 127 mm di diametro, è stato installato un piezometro da 0 fino a 10 m di profondità dal p.c., che è stato calato in foro usando una tubazione d'acciaio da 4" INOX AISI 304, cieca da 0 e 2 m di profondità dal p.c. e fessurata da 2 a 11 m di profondità dal p.c., coerentemente con il livello medio di falda osservato nell'area di interesse.

Segue una tabella di sintesi dei piezometri installati.

Tab. 3-2: piezometri installati

SONDAGGIO/PIEZOMETRO	PROFONDITÀ	LUNGHEZZA PIEZOMETRO INSTALLATO
ST_BH1 / Piezo6	11m da p.c. (da 10 a 11 a distruzione)	10m da p.c.
ST_BH2 / Piezo4	20m da p.c.	10m da p.c.
Piezo5	11m da p.c.(da 10 a 11 a distruzione)	10m da p.c.
Piezo3	11m da p.c. (da 10 a 11 a distruzione)	10m da p.c.
Piezo2	11m da p.c. (da 10 a 11 a distruzione)	10m da p.c.

 e-on <small>E.ON Technologies GmbH</small>	 <small>URS Italia S.p.A.</small>	Pagina 20 di 25				
		Area Code	Comp. Code	System Code	Disc. Code	Doc.-Type
Project Title:	Trans Adriatic Pipeline – TAP					IPL00-URS-000-Q-TRS-0001 Rev.: 01
Document Title:	Studio Idrogeologico nell'area della Pipeline e del Microtunnel					

3.2.1 Prove di permeabilità in situ

Erano previste 4 prove Lugeon e 4 prove Lefranc, per un totale di 8 prove di conducibilità idraulica, ma a causa della natura litologica delle formazioni incontrate nei perfori sono state eseguite 7 prove Lefranc e solo 1 test Lugeon. I fori scelti per l'esecuzione delle prove erano ST_BH1 / Piezo6, ST_BH2 / Piezo4, BH4; in questo ultimo non è stato poi installato il piezometro perché il proprietario del fondo non ha dato il suo permesso all'esecuzione dei lavori. La tabella seguente riassume le prove eseguite.

Tab. 3-3: sintesi delle prove di permeabilità in situ

SONDAGGIO/PIEZOMETRO	PROVA DI PERMEABILITÀ	INTERVALLO DI PROFONDITÀ
ST_BH1 / Piezo6	Lefranc	4.00÷5.00 m da p.c.
ST_BH1 / Piezo6	Lefranc	9.50÷10.00 m da p.c.
ST_BH2 / Piezo4	Lefranc	4.10÷5.00 m da p.c.
ST_BH2 / Piezo4	Lefranc	9.50÷10.00 m da p.c.
ST_BH2 / Piezo4	Lugeon	13.50÷15.00 m da p.c.
ST_BH2 / Piezo4	Lefranc	18.80÷20.00 m da p.c.
BH4	Lefranc	4.00÷5.00 m da p.c.
BH4	Lefranc	9.50÷10.00 m da p.c.

	 <small>E.ON Technologies GmbH</small>	 <small>URS Italia S.p.A.</small>	Pagina 21 di 25					
			Area Code	Comp. Code	System Code	Disc. Code	Doc.-Type	Ser. No.
Project Title:	Trans Adriatic Pipeline – TAP		IPL00-URS-000-Q-TRS-0001 Rev.: 01					
Document Title:	Studio Idrogeologico nell'area della Pipeline e del Microtunnel							

4 RISULTATI DELLE INDAGINI

4.1 Indagini geofisiche

Le pseudo-sezioni geofisiche, ottenute dall'analisi dei dati di tomografia elettrica mostrano la presenza di un primo orizzonte ad alta resistività, variabile da 100 e più di 1000 Ohm/m, che poggia su di un orizzonte a bassa resistività, compresa tra 30 e 100 Ohm/m.

La diminuzione di resistività con la profondità mostra che il materiale è in condizioni di saturazione (la falda si rinviene a profondità comprese tra 2 e 7 m p.c.), che si è in presenza di un aumento della percentuale di limo o argilla nei depositi, o entrambe le condizioni.

Le prospezioni sismiche mostrano la presenza di un orizzonte rifrangente con velocità delle onde sismiche superiori a 2000 m/s, che suggeriscono la presenza di materiale roccioso compatto. In prossimità della superficie vi sono pochi e locali orizzonti di spessori da pochi decimetri a qualche metro, con discontinuità sismiche e diminuzioni delle velocità delle onde sismiche, con valori inferiori a 1000 m/s.

4.2 Indagini geotecniche ed idrogeologiche

4.2.1 Assetto geologico locale

Le perforazioni a carotaggio continuo hanno permesso la ricostruzione della stratigrafia di dettaglio dell'area di interesse. In Allegato 4 e Allegato 5 sono presentate le sezioni geologiche ricostruite utilizzando i dati raccolti nel corso delle perforazioni.

Tutti i sondaggi realizzati hanno intercettato l'Unità delle Calcareni del Salento, costituite da sabbie ben classate bianche o gialle, con differenti gradi di cementazione. Nel corso delle perforazioni, a differenti profondità, sono stati intercettati orizzonti di calcareniti porose, compatte e fratturate di circa 1 – 2 di spessore.

Nel settore occidentale dell'area di indagine (sondaggi BH5, Piezo 5, BH3, BH4, BH3) le calcareniti compatte e fratturate sono state rinvenute più prossime alla superficie (tra 0 e 3 m p.c.), mentre nel settore orientale, in corrispondenza dell'area del microtunnel e verso la linea di costa, questi orizzonti compatti e fratturati sono stati rinvenuti più frequentemente a profondità maggiori, comprese tra 11 e 15 m p.c.

4.2.2 Assetto idrogeologico locale

I 5 nuovi piezometri hanno permesso la misura diretta della profondità della falda ed il calcolo delle quote della tavola d'acqua.

Al fine di completare l'interpretazione della profondità della falda e della direzione di deflusso, sono state anche utilizzate, sebbene si tratti di indicazioni qualitative, le profondità di rinvenimento della falda nel corso delle perforazioni dei sondaggi di terreno.

Le misure relative al rilievo freaticometrico di luglio 2015, effettuato mentre la falda si trovava presumibilmente in condizioni stagionali di magra, sono riportate nella tabella seguente.

 Trans Adriatic Pipeline	 e-on <small>E.ON Technologies GmbH</small>	 URS <small>URS Italia S.p.A.</small>	Pagina 22 di 25					
			Area Code	Comp. Code	System Code	Disc. Code	Doc.-Type	Ser. No.
Project Title:	Trans Adriatic Pipeline – TAP		IPL00-URS-000-Q-TRS-0001 Rev.: 01					
Document Title:	Studio Idrogeologico nell'area della Pipeline e del Microtunnel							

Tabella 4-1: Risultati del rilievo freaticometrico (luglio 2015)

Punto di misura	X	Y	Quota testa pozzo m s.l.m.	Soggiacenza m p.c.	Quota falda m s.l.m.
Piezo2	277683	4465001	8,88	2,31	6,57
Piezo3	277639	4465156	8,64	2,55	6,09
Piezo4 (ST_BH2)	277912	4465191	7,66	4,43	3,23
Piezo5	276887	4464756	15,00	6,30	8,70
Piezo6 (ST_BH1)	277804	4465092	8,30	2,66	5,64

La tabella mostra che nell'area di studio la falda si trova a profondità comprese tra 6 e 2 m dal piano campagna, con quote piezometriche che variano da circa 9 m s.l.m. a circa 3 m s.l.m.

Dalle campagne di monitoraggio effettuate inoltre non sono emerse evidenze circa la presenza di falde epidermiche e pensili.

La freaticometria realizzata utilizzando le misure raccolte è riportata in Allegato 3. La direzione di deflusso è coerente con il deflusso a scala regionale ed è diretta perpendicolarmente alla linea di costa; il gradiente idraulico varia nell'intervallo 0,3 – 0,5 %.

4.2.3 Risultati delle prove di permeabilità in sito

I dati raccolti e l'interpretazione delle prove di permeabilità in sito (Lefranc Test e Leugeon tests) sono riportati in Allegato 8.

I risultati mostrano che l'acquifero superficiale ha una permeabilità medio-bassa, dell'ordine di 10^{-4} 10^{-5} m/s. Valori dell'ordine di 10^{-4} m/s vengono più frequentemente rilevati in prossimità degli orizzonti a calcareniti compatte, costituite da orizzonti a sabbie ben classate. Valori inferiori, dell'ordine di 10^{-5} m/s sono stati rilevati in corrispondenza di orizzonti insaturi (BH4) o in corrispondenza di calcareniti fini.

Tabella 5-2: Riepilogo dei valori di permeabilità rappresentativi degli orizzonti attraversati

ST_BH1	ST_BH1	ST_BH2	ST_BH2	ST_BH2	BH4	BH4
Depth (m)	Depth (m)	Depth (m)	Depth (m)	Depth (m)	Depth (m)	Depth (m)
4,00-5,00	9,50-10,00	4,10-5,00	9,50-10,00	18,80-20,00	4,00-5,00	9,50-10,00
K~ 3 E-04 m/s	K~1 E-04 m/s	K~5 E-05 m/s	K~4 E-04 m/s	K~2 E-04 m/s	K~7 E-05 m/s	K~2 E-04 m/s

Le prove Lugeon effettuate in corrispondenza delle fratture nelle calcareniti hanno fornito valori di permeabilità medio-bassa (10^{-5} m/s).

4.2.4 Sintesi dei risultati delle indagini idrogeologiche in sito

Le indagini dirette hanno confermato e completato il modello concettuale dell'acquifero sviluppato preliminarmente sulla base dei dati pregressi.

Tutti i dati raccolti sono sintetizzati e rappresentati nelle sezioni idrogeologiche (longitudinali e trasversali al tracciato del gasdotto) nell'Allegato 4 e Allegato 5.

	 <small>E.ON Technologies GmbH</small>	 <small>URS Italia S.p.A.</small>	Pagina 23 di 25					
			Area Code	Comp. Code	System Code	Disc. Code	Doc.- Type	Ser. No.
Project Title:	Trans Adriatic Pipeline – TAP		IPL00-URS-000-Q-TRS-0001 Rev.: 01					
Document Title:	Studio Idrogeologico nell'area della Pipeline e del Microtunnel							

Dal punto di vista idrogeologico il sottosuolo del sito interessato dal progetto TAP è costituito da calcareniti organogene abbastanza eterogenee, a diversa granulometria e a diverso grado di cementazione. Gli orizzonti più compatti mostrano un elevato grado di fratturazione, inoltre forme di dissoluzione e pseudo-carsismo possono essere frequenti.

Questi depositi hanno permeabilità medio-bassa e ospitano una falda superficiale che nell'area è stata rinvenuta, in condizioni stagionali di magra (estate) tra 2 e 3 m di profondità dal piano campagna, a seconda delle aree di indagine. Il gradiente idraulico è tra 0,3 e 0,5 % e la direzione di deflusso è verso il mare, perpendicolare alla linea di costa.

La sezione idrogeologica schematica, costruita a partire dai dati disponibili, mostra le relazioni potenziali tra le acque sotterranee e la Palude di Cassano. In particolare, essa mostra che nel periodo estivo, pur in condizioni di falda bassa, la quota della falda è leggermente superiore alla quota del fondo della palude, pertanto, in condizioni naturali, la falda può alimentare la Palude. La probabile risalita stagionale della falda renderebbe ancora più evidente questa relazione di interscambio tra i due corpi idrici.

Ciononostante, è necessario prendere anche in considerazione il fatto che il regime naturale della Palude di Cassano può essere alterato artificialmente dal regime degli scarichi idrici provenienti dall'impianto di fitodepurazione e regolato dal canale di drenaggio scavato per drenare la Palude e convogliare le acque verso il mare. Pertanto, non possono essere escluse situazioni anche transitorie in cui la palude alimenta artificialmente e localmente la falda.

	 <small>E.ON Technologies GmbH</small>	 <small>URS Italia S.p.A.</small>	Pagina 24 di 25					
			Area Code	Comp. Code	System Code	Disc. Code	Doc.-Type	Ser. No.
Project Title:	Trans Adriatic Pipeline – TAP		IPL00-URS-000-Q-TRS-0001 Rev.: 01					
Document Title:	Studio Idrogeologico nell'area della Pipeline e del Microtunnel							

5 POSSIBILI INTERFERENZE CON PIPELINE E MICROTUNNEL

I risultati dello studio mostrano che le opere del progetto TAP **possono interferire localmente** con la falda superficiale. Infatti, il microtunnel proposto, il pozzo di spinta e la trincea del gasdotto (dalla progressiva KP0 alla progressiva KP 0.8) saranno scavati al di sotto del livello della falda.

Lungo il tracciato del gasdotto l'elemento più vulnerabile dal punto di vista idrogeologico è la Palude di Cassano, che è in diretto contatto idraulico con falda ed, inoltre, raccoglie gli scarichi idrici dell'impianto di fito-depurazione.

I punti di riferimento e di indagine in quest'area, utilizzati per il presente studio, sono (in direzione della linea di costa): Piezo5, BH4, BH3, Piezo2, Piezo3, Piezo4 (ST_BH2) e Piezo6 (ST_BH1). Dalle misure freaticometriche effettuate nel mese di Luglio 2015, la falda, in una condizione di magra, si trovava approssimativamente a 2,3 – 2,5 m dal p.c., dunque al di sopra della base della trincea in progetto.

Sulla base dei risultati dei test idraulici effettuati i situ, la permeabilità dei terreni interessati dallo scavo della trincea per l'installazione del gasdotto risulta compresa tra $k_{soil} = 4 \times 10^{-4}$ m/s e 4×10^{-5} m/s, valori comparabili con depositi di sabbie fini.

La **trincea del gasdotto** sarà scavata ad una profondità di circa 2,5 m p.c.. In generale, lungo la maggior parte del suo tracciato, la trincea ricadrà a quote superiori della tavola d'acqua: solo nella parte di tracciato che si avvicina alla parte orientale del territorio comunale di Melendugno la base della trincea si troverà all'incirca alla stessa profondità della falda in condizioni di magra (periodo estivo), pertanto vi saranno interferenze tra la falda e la base dello scavo del gasdotto. Questa interferenza comincia verificarsi all'incirca alla progressiva KP 0.8, nelle prossimità del pozzo BH4, dove la base dello scavo del gasdotto (-2,5 m p.c.) coincide con la quota della tavola d'acqua recentemente misurata. Da questo punto in poi, procedendo verso est, verso il pozzo di spinta del microtunnel, la trincea sarà parzialmente in falda per una lunghezza totale di circa 800 m.

La permeabilità medio-bassa dell'acquifero e la direzione di deflusso della falda, parallela alla direzione del tracciato del microtunnel e della trincea del gasdotto, riducono il potenziale deflusso della falda all'interno degli scavi in corso d'opera e all'interno del materiale di riempimento ad opere finite. Si può dunque anticipare che l'interferenza tra la falda e la trincea del gasdotto sarà comunque molto limitata.

Il **pozzo di spinta** ed il **microtunnel** saranno scavati a profondità comprese tra 11 e 25 m dal p.c., molto al di sotto del livello di falda. Il pozzo di spinta è stato progettato per raggiungere circa 11 m di profondità, di cui circa 8,5 m saranno al di sotto della falda. Pertanto l'interferenza tra questa struttura e la falda andrà gestita in modo opportuno.

 e-on <small>E.ON Technologies GmbH</small>	 <small>URS Italia S.p.A.</small>	Pagina 25 di 25				
		Area Code	Comp. Code	System Code	Disc. Code	Doc.-Type
Project Title: Trans Adriatic Pipeline – TAP Document Title: Studio Idrogeologico nell’area della Pipeline e del Microtunnel		IPL00-URS-000-Q-TRS-0001 Rev.: 01				

6 CONCLUSIONI

Il presente documento descrive le indagini geologiche ed idrogeologiche svolte per il tratto di Gasdotto interessato dal Microtunnel, dalla palude di Cassano e dall’impianto di fitodepurazione nel territorio comunale di Melendugno (LE).

Tali indagini sono state eseguite per fornire ai progettisti delle opere gli elementi necessari a valutare i potenziali effetti che lo scavo del pozzo di spinta del microtunnel e del microtunnel stesso potrebbero avere sul regime idrologico ed idrogeologico dell’area del progetto, in particolare sull’area della Palude di Cassano e sull’area dell’impianto di fitodepurazione.

I risultati dello studio mostrano che le opere in progetto possono interferire localmente con la falda superficiale. In particolare, la trincea del gasdotto può interferire con la falda tra le progressive KP 0.0 e KP 0.8, tuttavia la permeabilità medio-bassa dell’acquifero e la direzione di deflusso della falda, parallela alla direzione del tracciato del microtunnel e della trincea del gasdotto, riducono il potenziale deflusso della falda all’interno degli scavi in corso d’opera e all’interno del materiale di riempimento ad opere finite. Il pozzo di spinta ed il microtunnel saranno invece scavati molto al di sotto del livello di falda, pertanto tali interferenze andranno gestite in modo opportuno.



Trans Adriatic
Pipeline



E.ON Technologies GmbH

Pagina 1 di 81

Area Code	Comp. Code	System Code	Disc. Code	Doc.-Type	Ser. No.
-----------	------------	-------------	------------	-----------	----------

URS Italia S.p.A.
Via G. Watt, 27
20143 Milano
Italy



IPL00-URS-000-Q-TRG-0002
Rev.: 01

Company: Trans Adriatic Pipeline AG

Doc. Originator: URS Italia S.p.A.

Project Title: **Trans Adriatic Pipeline – TAP**

Document Title: **Studio geotecnico e geofisico nell'area del
Microtunnel - ITALIA**

Rev.	Purpose of Issue	Remark/Description	Orig.	Date
0A	Issued for Review	Bozza per revisione		15/07/2015
00	Issued for Information	Versione finale		20/11/2015
01	Final issue	Emissione finale		23/11/2015

Final Purpose of Issue: Issued for Information

	CONTRACTOR			TSP East	
	created by:	checked by:	approved by:	checked by:	accepted / approved by:
Name/Signature	A. Passero 	S. Conti 	G. Lucchini 		
Date	23/11/2015	23/11/2015	23/11/2015		
Org. / Dept.	URS	URS	URS		
Document Status	Preliminary	Checked	Approved	Checked	Accepted / Approved

Project Title: **Trans Adriatic Pipeline – TAP**

Document Title: **Studio geotecnico e geofisico nell'area del Microtunnel**

IPL00-URS-000-Q-TRG-0002
Rev.: 01

URS

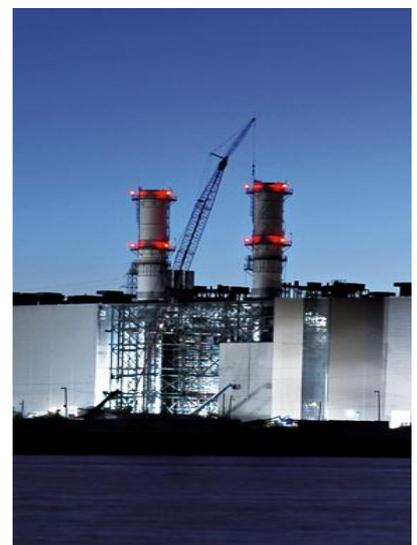
TAP - Trans Adriatic Pipeline

SOIL INVESTIGATION ITALY

Preparato per:
E.ON Technologies GmbH

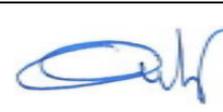
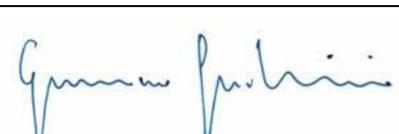
Luglio, 2015

Studio geotecnico e geofisico nell'area del Microtunnel - ITALIA



Project Title: **Trans Adriatic Pipeline – TAP**

 Document Title: **Studio geotecnico e geofisico nell'area del Microtunnel**
**IPL00-URS-000-Q-TRG-0002
Rev.: 01**
PERCORSO DI REDAZIONE / APPROVAZIONE DEL DOCUMENTO

VERSIONE	NOME	FIRMA	DATA	POSIZIONE
Preparato da	A. Passero		Novembre 2015	Geologo Senior Geologo Senior
Controllato da	S. Conti		Novembre 2015	Project Manager
Approvato da	G. Lucchini		Novembre 2015	Direttore tecnico

TITLE:

 STUDIO GEOTECNICO E
GEOFISICO NELL'AREA DEL
MICROTUNNEL - ITALIA

REVISIONI DEL DOCUMENTO

VERSIONE	DATA	Dettagli delle Revisioni
0A	15/07/2015	Bozza per revisione
00	20/11/2015	Versione finale
01	23/11/2015	Emissione finale

Progetto No.

46318-441

Contatto / Cliente:

Florian Guballa

Cliente:

 E.ON Technologies GmbH
Alexander-von-Humboldt-Straße 1
45896 Gelsenkirchen

Emesso da:

 URS Italia S.p.A.
Via G. Watt, 27
20143 Milano (Italy)

Project Title: **Trans Adriatic Pipeline – TAP**

 Document Title: **Studio geotecnico e geofisico nell'area del Microtunnel**
**IPL00-URS-000-Q-TRG-0002
Rev.: 01**

INDICE

1	INTRODUZIONE	9
2	DESCRIZIONE DEL PROGETTO	10
2.1	Planimetria e configurazione	11
2.2	Metodo di costruzione	12
2.2.1	Scavo del pozzo di spinta	13
2.2.2	Scavo del Microtunnel	13
3	DESCRIZIONE DEL SITO	16
4	INQUADRAMENTO GEOLOGICO	17
4.1	Geomorfologia	17
4.2	Geologia	18
4.3	Assetto strutturale	22
4.4	Pericolosità sismica	23
4.4.1	Classificazione sismica italiana	23
4.5	Idrologia ed idrogeologia	28
4.5.1	Idrologia	28
4.5.2	Acque sotterranee	29
5	RESOCONTO DELLE ATTIVITÀ IN CAMPO	31
5.1	Prospezioni geofisiche	31
5.2	Indagini geotecniche	33
6	ANALISI DEI RISULTATI	35
6.1	Prospezioni geofisiche	35
6.1.1	Campagna di indagine del 2013	35
6.1.2	Campagna di indagine del 2015	35
6.2	Indagini geotecniche	36
6.2.1	Caratterizzazione geologica	36
6.2.2	Caratterizzazione geotecnica	37
6.3	Valori disaggregati e caratteristici dei parametri geotecnici	41
6.4	Azioni sismiche di progetto	43
6.4.1	Categorie di Sottosuolo	44
6.4.2	Identificazione della pericolosità del sito	47
6.4.3	Scelta della strategia di progetto	49
6.4.4	Determinazione dell'azione sismica di progetto	50
7	VERIFICHE GEOTECNICHE AGLI STATI LIMITE	55
7.1	Riferimenti Normativi	55
7.2	Stato Limite Ultimo (SLU)	55
7.3	Carico limite per il collasso del terreno di fondazione	58

Project Title: **Trans Adriatic Pipeline – TAP**

 Document Title: **Studio geotecnico e geofisico nell'area del Microtunnel**
**IPL00-URS-000-Q-TRG-0002
Rev.: 01**

7.4	Stato Limite di Esercizio (SLE)	62
8	VERIFICA DELLA CAPACITÀ PORTANTE	65
8.1	Fondazione a platea 4 x 4 m- Verifica M2+R2	67
8.2	Fondazione a platea 4 x 4 m- Verifica M1+R3	68
8.3	Fondazione a platea 4 x 8 m- Verifica M2+R2	68
8.4	Fondazione a platea 4 x 8 m- Verifica M1+R3	69
8.5	Fondazione a platea 4 x 12 m- Verifica M2+R2	70
8.6	Fondazione a platea 4 x 12 m- Verifica M1+R3	71
9	VERIFICA DEI CEDIMENTI	72
10	POZZO DI SPINTA	75
10.1	Stati Limite di carattere Idraulico (UPL-HYD)	77
11	PENDENZE DEGLI SCAVI ALL'APERTO	81
12	MICROTUNNEL	82
13	CONCLUSIONI E RACCOMANDAZIONI	84
14	BIBLIOGRAFIA	85

  	Pagina 6 di 85				
	Area Code	Comp. Code	System Code	Disc. Code	Doc.-Type
Project Title:	Trans Adriatic Pipeline – TAP				
Document Title:	Studio geotecnico e geofisico nell'area del Microtunnel				
					IPL00-URS-000-Q-TRG-0002 Rev.: 01

ALLEGATI

- ALLEGATO 1 Inquadramento geografico del sito
- ALLEGATO 2 Ubicazione dei sondaggi geotecnici
- ALLEGATO 3 Sezioni geologiche
- ALLEGATO 4 Profili di Tomografia Elettrica in Superficie e di Sismica a Rifrazione del 2013
- ALLEGATO 5 Rapporto tecnico delle prospezioni geofisiche del 2015
- ALLEGATO 6 Rapporti giornalieri della sorveglianza archeologica
- ALLEGATO 7 Colonne stratigrafiche dei sondaggi geotecnici
- ALLEGATO 8 Rapporti di prova del laboratorio geotecnico
- ALLEGATO 9 Documentazione fotografica delle cassette catalogatrici delle carote
- ALLEGATO 10 Riepilogo degli esiti delle prove di laboratorio
- ALLEGATO 11 Riepilogo delle prove SPT
- ALLEGATO 12 Rilievo topografico dei sondaggi geotecnici

FIGURE NEL TESTO

Figura 2-1: Trans Adriatic Pipeline – schema generale.	10
Figura 2-2: percorso del Microtunnel in arancione (estratto da ESIA Italy – Capitolo 4)	11
Figura 2-3: Microtunnel (<i>Fonte: ERM - Gennaio 2012</i>)	12
Figura 2-4: Panoramica della tecnica “spingitubo”.	14
Figura 2-5: cantiere temporaneo per il Microtunnel (<i>Fonte: TAP AG, Giugno 2013</i>)	15
Figura 3-1: tracciato del Microtunnel (<i>Fonte: IAL00 - ERM - 643 - Y - TAE - 1000 - at07 – Tavola 3</i>)	16
Figura 4-1: F° 214 – Gallipoli; Carta geologica d'Italia a scala 1:100.000.	20
Figura 4-2: carta geologica dell'area circostante il tracciato del gasdotto (linea rossa). Da Bruno et al., 2008, modificato. LEGENDA: 1) sabbie e sedimenti alluvionali (recente); (2) arenarie a grana grossa, formazione delle "Calcareniti di Gravina" (Plio-Pleistocene); (3) sabbia detritica con strati di calcarenite intercalati, (4) calcilutite glauconitica, Formazione delle "Sabbie di Uggiano" (Pliocene); (5) calcarenite a grana media con strati di calcari marnosi intercalati, Formazione della "Calcarenite di Andrano" (Miocene sup.); (6) calcareniti marnose a grana fine (Miocene sup.), Formazione della "Pietra Leccese"; (7) calcari e calcari dolomitici (Cretaceo sup.) Formazione di "Altamura"; (8) limiti dell'area studiata; (9) strade principali; (10) faglie probabili; (11) sondaggi geognostici.	21
Figura 4-3: schema strutturale dell'Avampaese Pugliese: ubicazione di sismiti e principali eventi sismici (attività tettonica quaternaria nell'Area delle Murge – Avampaese Pugliese – Italia Meridionale. Pieri et alii, 1997)	22
Figura 4-4: Classificazione Sismica Italiana.	25
Figura 4-5: Pericolosità Sismica	26
Figura 4-6: Principali terremoti registrati (Scala MCS)	27
Figura 4-7: acque superficiali <i>fonte: ERM (Novembre 2011)</i>	28
Figura 4-8: tracciato del gasdotto e microtunnel e carta della vulnerabilità idrogeologica del PTCP (Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale) di Lecce.	30
Figura 6-2: profilo MASW 3	46
Figura 6-3: profili DH-1 e DH2	47
Figura 6-4: forme spettrali per i periodi di riferimento di ritorno (NCT – linea continua / calcolato dal Progetto S1- INGV– linea tratteggiata)	48
Figura 6-5: valori di ingresso dei parametri di progetto (spettri NTC. Ver. 1.0.3 – Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici)	49
Figura 6-6: spettri di risposta per differenti stati limite	50

 e-on <small>E.ON Technologies GmbH</small>	 <small>URS Italia S.p.A.</small>	Pagina 7 di 85					
		Area Code	Comp. Code	System Code	Disc. Code	Doc.- Type	Ser. No.
Project Title: Trans Adriatic Pipeline – TAP Document Title: Studio geotecnico e geofisico nell'area del Microtunnel		IPL00-URS-000-Q-TRG-0002 Rev.: 01					

Figura 6-7: valori di ingresso per la determinazione dell'azione sismica di progetto (spettri NTC. Ver. 1.0.3 – Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici)	51
Figura 6-8: spettri di risposta delle componenti orizzontale e verticale dello SLV	52
Figura 6-9: parametri e punti dello spettro di risposta della componente orizzontale dello SLV	53
Figura 6-10: parametri e punti dello spettro di risposta della componente verticale dello SLV	54
Figure 7-1: Schemi di rottura (from Bond & Harris, 2008)	57
Figura 8-1: planimetria del cantiere del pozzo di spinta	65
Figura 10-1: Sezione verticale del pozzo di spinta	75
Figura 10-2: Equazioni di Ka e Kp dalle teorie di Coulomb e Rankine	76
Figura 10-3: Schema per la verifica a sollevamento di un tampone di fondo a tenuta idraulica.	79
Figura 10-4: Schema per la verifica a sollevamento in termini di tensioni totali.	79
Figura 10-5: Schema per la verifica a sollevamento per un solettone tirantato.	80
Figura 11-1: Schema dello scavo del tratto "Drilling and Pulling" (<i>documento ricavato da: OPL00-SPF-124-Q-DQP-0001-01</i>)	81

	 <small>E.ON Technologies GmbH</small>	 <small>URS Italia S.p.A.</small>	Pagina 8 di 85					
			Area Code	Comp. Code	System Code	Disc. Code	Doc.- Type	Ser. No.
Project Title:	Trans Adriatic Pipeline – TAP		IPL00-URS-000-Q-TRG-0002 Rev.: 01					
Document Title:	Studio geotecnico e geofisico nell'area del Microtunnel							

LIMITAZIONI

URS ha preparato il presente Rapporto per l'uso esclusivo di E.ON Technologies GmbH (ENT) in conformità al Contratto di fornitura dei servizi. Non si concedono altre garanzie, né esplicite né implicite, in merito alle consulenze professionali ricomprese nel presente Rapporto né a qualsiasi altro servizio fornito da URS. Il presente Rapporto è riservato e non può essere divulgato a terzi dal Cliente né usato da altri senza il previo ed esplicito consenso scritto di URS.

Le conclusioni e le raccomandazioni contenute nel presente Rapporto si fondano su informazioni fornite da terzi e si basano sull'ipotesi che tutte le informazioni pertinenti siano state fornite dai terzi ai quali sono state richieste e che tali informazioni siano accurate. Le informazioni ottenute da URS non sono state sottoposte a una verifica indipendente, salvo quando altrimenti dichiarato nel Rapporto.

La metodologia adottata e le fonti di informazione usate da URS per la fornitura dei suoi servizi sono descritte nel presente Rapporto. Il lavoro descritto nel presente Rapporto, eseguito tra il 02/07/2013 e il 01/08/2013 si basa sulle condizioni riscontrate e le informazioni a disposizione nel corso del suddetto periodo di tempo. Lo scopo del presente Rapporto e i servizi sono pertanto limitati per ragioni di fatto da tali circostanze.

Qualora siano formulate valutazioni dei lavori o costi identificati nel presente Rapporto, tali valutazioni si fondano sulle informazioni disponibili all'epoca e, ove appropriato, sono soggette a ulteriori indagini o dipendono da ulteriori informazioni che possono divenire disponibili.

URS non si assume alcun impegno od obbligo di informare qualsiasi persona in merito a eventuali variazioni di qualunque aspetto che influisce sul Rapporto, le quali possono essere portate o segnalate all'attenzione di URS dopo la data del Rapporto.

Alcune dichiarazioni rese nel Rapporto che non sono fatti storici possono costituire stime, proiezioni o altre dichiarazioni riguardo il futuro e sebbene siano fondate su ipotesi ragionevoli alla data del Rapporto, tali dichiarazioni riguardo il futuro sono associate per loro propria natura a rischi e incertezze che potrebbero causare un discostamento sostanziale dei risultati effettivi rispetto ai risultati previsti. Nello specifico, URS non garantisce alcuna stima o proiezione contenuta nel presente Rapporto.

Qualora siano state eseguite indagini sul campo, queste ultime si sono limitate al livello di dettaglio richiesto al fine di realizzare gli obiettivi dichiarati dei servizi. I risultati di eventuali misurazioni effettuate possono variare a seconda dello spazio o del tempo e si consigliano ulteriori misurazioni di conferma dopo eventuali ritardi significativi nella distribuzione del presente Rapporto.

COPYRIGHT

© Il presente Rapporto è protetto dal diritto d'autore di URS. Eventuali riproduzioni o impieghi non autorizzati da parte di terzi diversi dal destinatario sono rigorosamente vietati.

	 <small>E.ON Technologies GmbH</small>	 <small>URS Italia S.p.A.</small>	Pagina 9 di 85					
			Area Code	Comp. Code	System Code	Disc. Code	Doc.-Type	Ser. No.
Project Title:	Trans Adriatic Pipeline – TAP		IPL00-URS-000-Q-TRG-0002 Rev.: 01					
Document Title:	Studio geotecnico e geofisico nell'area del Microtunnel							

1 INTRODUZIONE

Questo documento è la relazione tecnica che descrive le indagini geotecniche e le prospezioni geofisiche eseguite da URS preliminarmente alla costruzione del Trans Adriatic Pipeline (di seguito indicato come TAP) nell'area del Microtunnel, nel territorio comunale di Melendugno (LE).

URS è stata incaricata dell'esecuzione delle indagini di cui sopra da E.ON New Build and Technology GmbH (di seguito indicato come ENT), che all'epoca era componente di TAP AG con STATOIL e AXPO, a seguito di aggiudicazione della gara per tale progetto di indagini.

La documentazione tecnica di riferimento per la presente relazione è elencata di seguito:

1. Trans Adriatic Pipeline – Indagini geofisiche Italia, 2013;
2. IAL00-ERM-643-Y-TAE-1006 Rev. 00 ESIA Italia: Capitolo 6 Quadro di riferimento ambientale e sociale;
3. IAL00-ERM-643-Y-TAE-1000 ESIA Italia: Allegato 7
4. 2012_10_TAP_Addendum_URS_Proposal_3116048_rev00;
5. IAL00-ENT-000-Q-TSX-0001_00-Description of Area PRT and Pipeline Corridor;
6. IAL00-ENT-000-Q-TLX-0001_00-at01-Soil Investigation Italy - Bill of Quantities;
7. 2012_09_TAP_TSP_Italy_URS_Proposal_3116048_rev00;
8. IAL00-URS-000-Q-TRG-0001_00 - Geophysical Investigation Italy;
9. IPL00-URS-000-Q-TRS-0001_00 - Hydrogeological report for pipeline and microtunnel.

I documenti sopra menzionati sono stati utilizzati per definire:

- l'ubicazione dei punti di indagine;
- le procedure esecutive di perforazione, rilievi geofisici e prove in sito;
- la profondità di investigazione;
- le procedure di prelievo dei campioni e di consegna al laboratorio;
- le prove geotecniche da eseguire in laboratorio.

	 E.ON Technologies GmbH	 URS Italia S.p.A.	Pagina 10 di 85				
			Area Code	Comp. Code	System Code	Disc. Code	Doc.-Type
Project Title:	Trans Adriatic Pipeline – TAP		IPL00-URS-000-Q-TRG-0002				
Document Title:	Studio geotecnico e geofisico nell'area del Microtunnel		Rev.: 01				

2 DESCRIZIONE DEL PROGETTO

TAP trasporterà il gas fino all'Europa occidentale attraversando la Grecia, l'Albania ed il Mare Adriatico. Attraversando il Mare Adriatico in un gasdotto da 36" dall'Albania centro-occidentale, il gasdotto approderà in Puglia, nell'Italia Sud-Orientale e si collegherà alla esistente rete italiana di Snam Rete Gas.

Il progetto è finalizzato ad accrescere la sicurezza e la diversificazione delle fonti di approvvigionamento di gas per i mercati europei. TAP ha anche previsto in progetto di gestire il flusso inverso. La lunghezza totale del gasdotto è di circa 871 km.

L'approdo del gasdotto avverrà sulla costa tra San Foca e Torre Specchia Ruggeri nel Comune di Melendugno in provincia di Lecce. L'approdo sarà realizzato impiegando la tecnologia del "microtunnelling" per ridurre al minimo gli impatti visivi ed ambientali lungo la costa.

La Figura 2-1 mostra lo schema generale del TAP. Il gasdotto in Italia consisterà di:

- circa 45 km di condotta sottomarina, dalla linea mediana del Mar Adriatico alla costa italiana,
- un microtunnel in approdo lungo circa 1.485 m, di cui 600 m sulla terraferma,
- circa 8.2 km di condotta terrestre, dal punto chilometrico (Kp) 0, dove il microtunnel si innesta sulla condotta terrestre, al Kp 8.203, dove raggiunge il Terminale di Ricezione del gasdotto (Pipeline Receiving Terminal di seguito indicato come PRT),

ed avrà una capacità iniziale di 10 BCM (espandibile a 20 BCM) di gas naturale all'anno (circa 1.190.000 metri cubi standard all'ora).

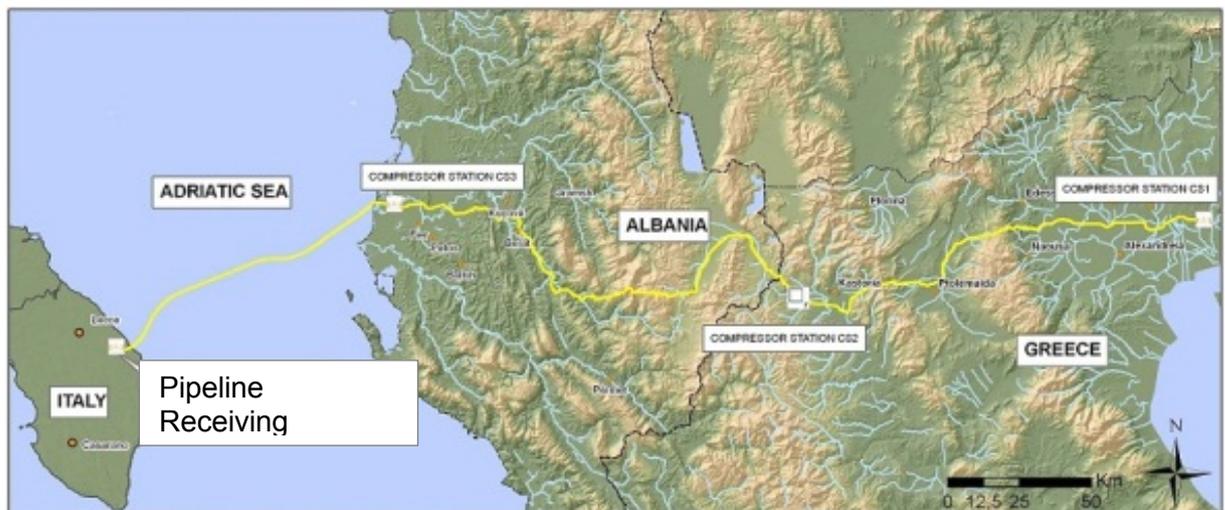


Figura 2-1: Trans Adriatic Pipeline – schema generale.

Il progetto includerà anche l'installazione di un cavo a fibra ottica per permettere le comunicazioni tra il PRT, dove sarà posizionato il centro di controllo e di vigilanza, le centrali di compressione in Albania e Grecia e le valvole di intercettazione (Block Valve Stations, di seguito BVS) installate lungo gli 871 km di gasdotto. Tale cavo sarà steso parallelamente al gasdotto, lungo l'intero

	 E.ON Technologies GmbH	 URS Italia S.p.A.	Pagina 11 di 85				
			Area Code	Comp. Code	System Code	Disc. Code	Doc.-Type
Project Title:	Trans Adriatic Pipeline – TAP		IPL00-URS-000-Q-TRG-0002			Rev.: 01	
Document Title:	Studio geotecnico e geofisico nell'area del Microtunnel						

percorso (tratto su terraferma e tratto sottomarino) e costituirà il principale mezzo di comunicazione tra le stazioni del gasdotto.

L'approdo del gasdotto sarà realizzato mediante un microtunnel al di sotto della linea di costa e della strada provinciale SP366 tra San Foca e Torre Specchia Ruggeri. Il punto di congiunzione con la condotta terrestre alla fine del tunnel segna il Kp 0 del tracciato a terra e sarà posizionato a circa 600 lontano dalla costa in direzione Sud-Ovest. Una valvola di intercettazione sarà realizzata subito a valle del suddetto punto di congiunzione.

Il tratto di condotta terrestre (lungo circa 8.2 km, dall'approdo della condotta sottomarina al PRT) si sviluppa in provincia di Lecce, a Sud-Est del capoluogo, secondo la direzione E-O ed interamente all'interno del Comune di Melendugno. Il PRT sarà il punto finale della condotta terrestre ed il punto di connessione con la rete italiana di proprietà e di gestione di Snam Rete Gas. Esso rappresenterà anche l'area di stoccaggio dei materiali durante la costruzione del gasdotto.

2.1 Planimetria e configurazione

Come indicato in precedenza, l'approdo sarà sulla costa tra San Foca e Torre Specchia Ruggeri nel territorio comunale di Melendugno (Provincia di Lecce).

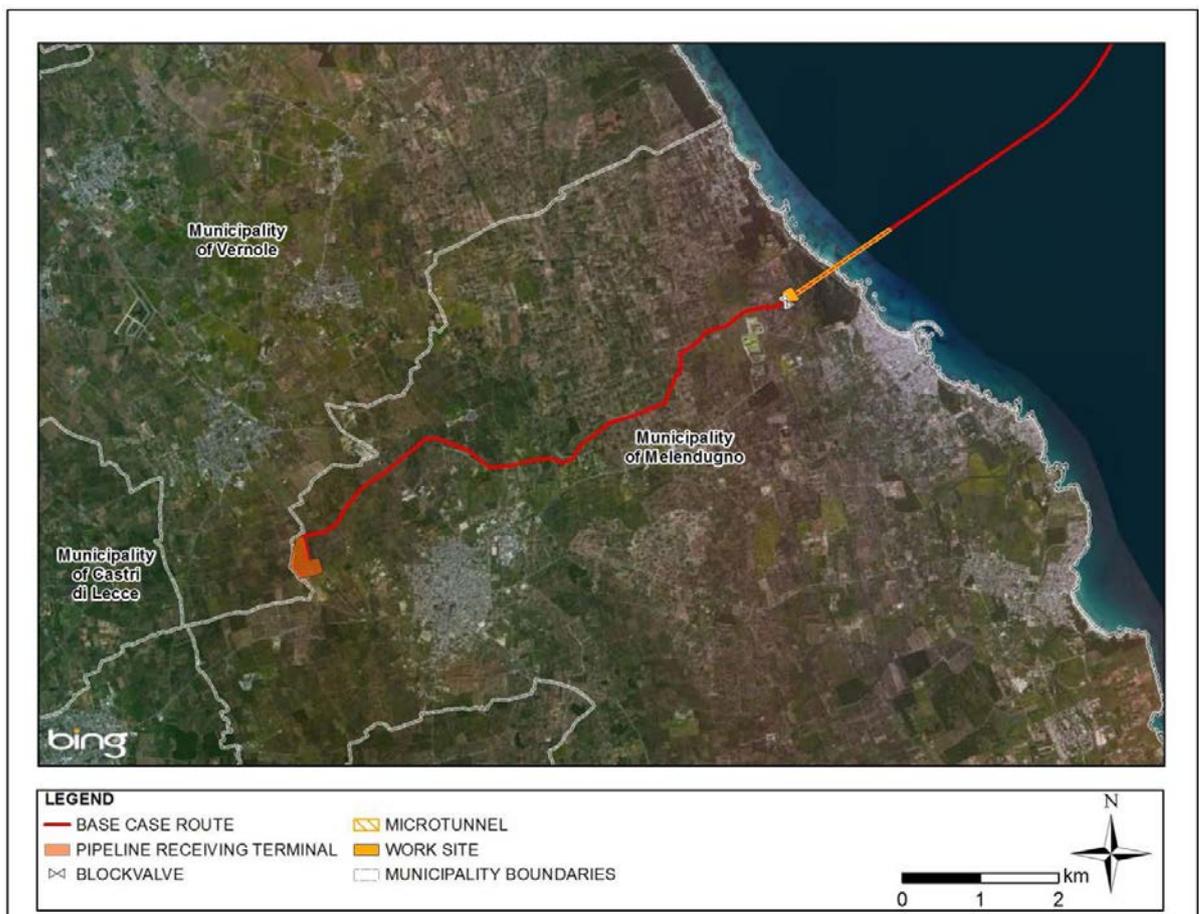


Figura 2-2: percorso del Microtunnel in arancione (estratto da ESIA Italy – Capitolo 4)

Project Title: **Trans Adriatic Pipeline – TAP**

Document Title: **Studio geotecnico e geofisico nell'area del Microtunnel**

**IPL00-URS-000-Q-TRG-0002
Rev.: 01**

L'approdo sarà realizzato impiegando la tecnica del "microtunnelling" per rendere minime le interferenze con la fascia costiera. Essa usa una TBM (Tunnel Boring Machine) a testa fresante controllata a distanza in combinazione con un sistema denominato tecnica "spingitubo" per installare direttamente i conci in calcestruzzo. La TBM sarà installata nel "pozzo di spinta" ed i conci in calcestruzzo saranno infissi procedendo verso mare fino a che il tunnel non raggiungerà la superficie del fondo del mare, come mostrato in Figura 2-3.

La sezione rettilinea in prossimità della costa è necessaria per installare la condotta all'interno del tunnel di approdo mediante operazioni di "tiro" da una chiatta posa-tubi situata in mare.

Una volta completato il microtunnel e non appena la testa del tubo raggiungerà il pozzo di spinta, l'installazione della condotta sottomarina continuerà fino alla costa albanese.

Il microtunnel sarà lungo all'incirca 1.485 km, avrà sezione circolare e diametro esterno pari a 3 m. Esso passerà inoltre al di sotto della strada provinciale SP366 e di una strada secondaria, entrambe all'incirca parallele alla linea di costa.

Sarà necessario un cantiere temporaneo per la costruzione del micro tunnel a mare (Kp 0.000) (IAL00-ERM-643-Y-TAE-1000, Tavola 3 in Appendice 2 dell'Allegato 7) e avrà un'area di 26000 m². Il pozzo di spinta sarà ubicato qui ed il cantiere temporaneo sarà anche usato per il pre-commissioning della condotta sottomarina.

2.2 Metodo di costruzione

La tecnica del "microtunnelling" usa una TBM a testa fresante controllata a distanza in combinazione con un sistema denominato tecnica "spingitubo" per installare direttamente i conci in calcestruzzo allo scopo di realizzare un microtunnel sotterraneo e di inserirvi la condotta, come mostrato in Figura 2-3.

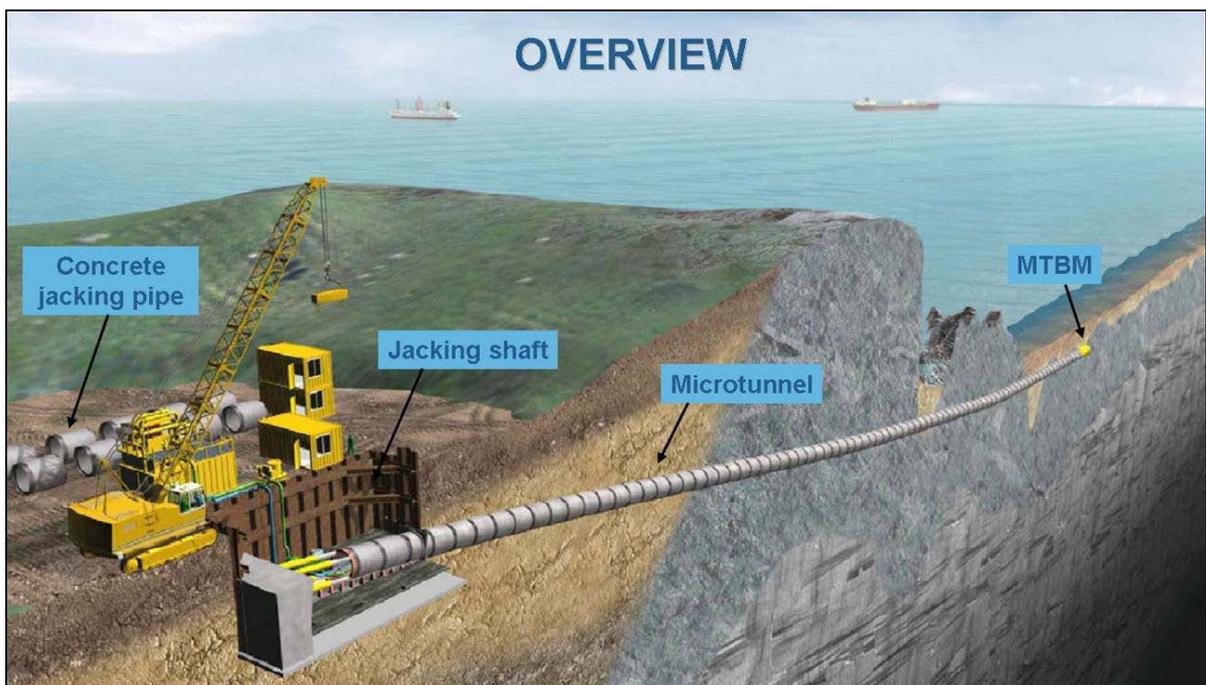


Figura 2-3: Microtunnel (Fonte: ERM - Gennaio 2012)

 Trans Adriatic Pipeline	 e-on <small>E.ON Technologies GmbH</small>	 URS <small>URS Italia S.p.A.</small>	Pagina 13 di 85				
			Area Code	Comp. Code	System Code	Disc. Code	Doc.-Type
Project Title:	Trans Adriatic Pipeline – TAP		IPL00-URS-000-Q-TRG-0002 Rev.: 01				
Document Title:	Studio geotecnico e geofisico nell'area del Microtunnel						

Il microtunnel sarà la prima attività di costruzione ad essere eseguita. Le attività per la realizzazione del microtunnel consistono delle seguenti fasi:

- scavo del pozzo di spinta;
- scavo del microtunnel ed infissione dei conci in calcestruzzo;
- pre-dragaggio e recupero della TBM.

2.2.1 Scavo del pozzo di spinta

Il pozzo di spinta è necessario al fine di assicurare il corretto allineamento del microtunnel (Figura 4-6); la sua ubicazione è prevista presso il cantiere temporaneo in corrispondenza del Kp 0. Le dimensioni provvisorie della pozzo di spinta per il microtunnel sono:

- profondità: 11.0 m;
- lunghezza: 10.0 m
- larghezza: 12.0 m

Il pozzo di spinta sarà predisposto tramite scavo ed è possibile l'impiego limitato di microcariche alla luce delle caratteristiche del terreno previste. Per lo scavo connesso alla costruzione della pozzo di spinta si prevede la rimozione di un quantitativo di suolo pari a circa 1300 m³.

2.2.2 Scavo del Microtunnel

Il parco macchine tipico per la realizzazione degli scavi di un microtunnel si compone di una TBM dimensionata in funzione delle condizioni previste del sottosuolo e al diametro della condotta da installare, di un sistema a martinetto idraulico per la tecnica "spingi tubo" (Figura 2-4), di un sistema di fango a circuito chiuso per l'asportazione dei residui di scavo, di un sistema di lubrificazione per lubrificare l'esterno delle tubazioni durante l'installazione, di un sistema di guida per garantire l'accuratezza dell'installazione, di una gru per il carico e lo scarico del tubo in cemento (casing), e di un impianto di alimentazione e distribuzione elettrica per il funzionamento di tutte le apparecchiature menzionate.

Project Title: **Trans Adriatic Pipeline – TAP**

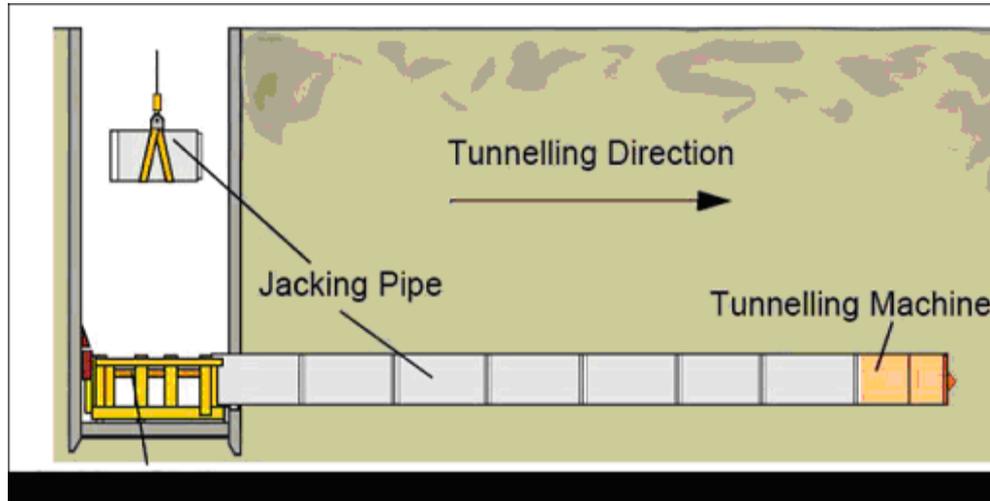
 Document Title: **Studio geotecnico e geofisico nell'area del Microtunnel**
**IPL00-URS-000-Q-TRG-0002
Rev.: 01**


Figura 2-4: Panoramica della tecnica “spingitubo”.

I detriti di perforazione saranno rimossi tramite circolazione di fanghi a base acquosa con bentonite, essendo il terreno mescolato ai fanghi all'interno della camera di estrazione della TBM. Delle pompe posizionate nella sezione di tunnel dietro alla TBM trasporteranno la miscela di terra/fango attraverso la tubazione fino al sito di partenza. Il fango sarà quindi sottoposto a dissabbiatura all'interno di un impianto di riciclaggio e le acque così ripulite saranno riportate sul fronte di avanzamento della perforazione.

Per tutto il tempo di permanenza nel circuito idraulico, il fango liquido sarà continuamente sottoposto a trattamento tramite l'impianto di dissabbiamento. Tale impianto provvederà alla separazione della frazione di sabbia (ovvero con rimozione di particelle più grandi di 60 μm), e delle particelle più piccole che tendono ad aderire le une alle altre. In una seconda fase, il fango sarà trattato da un'unità di filtropressa allo scopo di disidratarlo il più possibile, l'acqua così recuperata sarà inviata al processo.

L'impianto di dissabbiamento si comporrà delle seguenti parti:

- linea di alimentazione fango;
- setacci:
 - Primo vibrovaglio;
 - Secondo vibrovaglio;
- idrocicloni;
- contenitori del fango liquido.

Una volta saturo di limo/argilla, il fango sarà sostituito con acqua. Il fango saturo sarà rimosso dai relativi contenitori e quindi smaltito nella vasca di stoccaggio per fanghi.

Mentre le operazioni di scavo proseguiranno con l'impiego di acqua, si procederà al trattamento del fango saturo. Nella prima fase saranno aggiunti alcuni polimeri al fango liquido affinché le particelle più piccole si leghino insieme. A quel punto, il fango flocculato entrerà in una filtropressa.

	 E.ON Technologies GmbH	 URS Italia S.p.A.	Pagina 15 di 85					
			Area Code	Comp. Code	System Code	Disc. Code	Doc.-Type	Ser. No.
Project Title:	Trans Adriatic Pipeline – TAP		IPL00-URS-000-Q-TRG-0002 Rev.: 01					
Document Title:	Studio geotecnico e geofisico nell'area del Microtunnel							

L'iniezione a base di polimeri sarà completamente controllata: il dosaggio, l'adattamento polimerico e il monitoraggio saranno seguiti durante tutte le operazioni di tunnelling.

Il materiale di scavo stimato per l'approdo è pari a circa 11800 m³, (1300 m³ per la pozzo di spinta e 10500 m³ per il microtunnel.)

Il materiale di scavo sarà trattato in conformità alla legislazione vigente, in particolare:

- in caso di materiale idoneo al riutilizzo, il Progetto riutilizzerà il materiale o lo trasferirà a impianti e strutture in grado di dar seguito a tale riutilizzo;
- qualora il materiale risultante fosse contaminato e quindi non idoneo al riutilizzo, esso sarà inviato a smaltimento.

Lo schema planimetrico dell'area cantiere temporanea per la realizzazione del microtunnel è riportato in Figura 2-5.

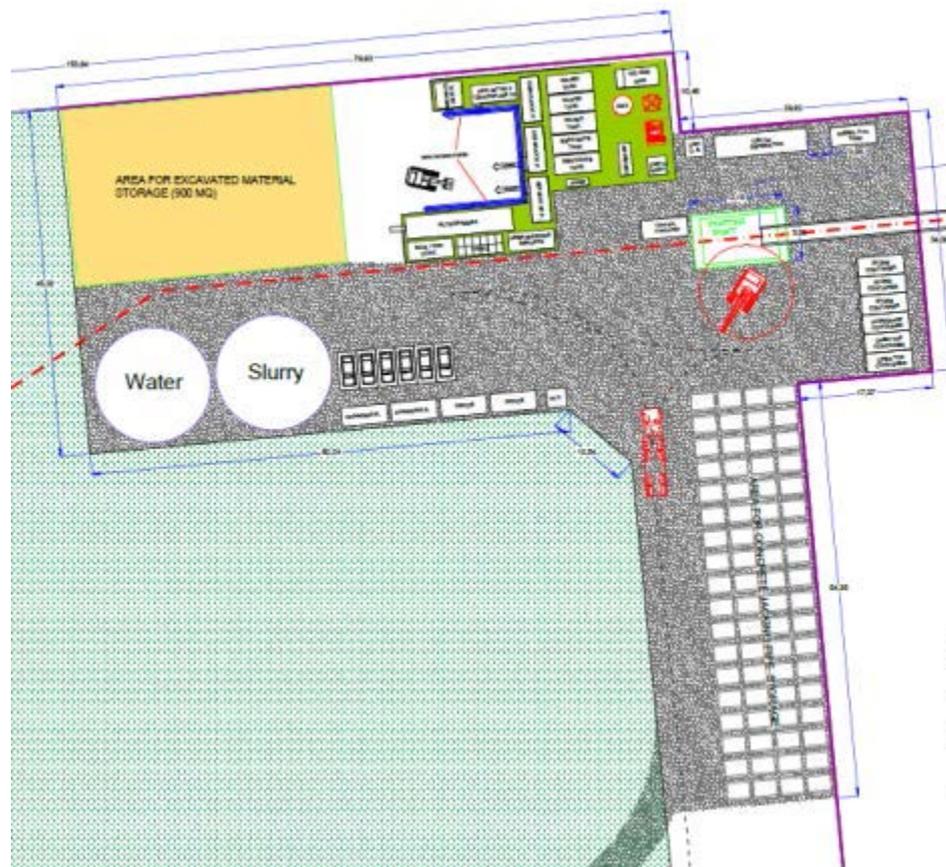


Figura 2-5: cantiere temporaneo per il Microtunnel (Fonte: TAP AG, Giugno 2013)

Project Title: **Trans Adriatic Pipeline – TAP**

 Document Title: **Studio geotecnico e geofisico nell'area del Microtunnel**
**IPL00-URS-000-Q-TRG-0002
Rev.: 01**

3 DESCRIZIONE DEL SITO

Il microtunnel sarà lungo all'incirca 1485 m, di cui solo 620 su terraferma.

Il suo tracciato attraverserà un'area caratterizzata da una debole e graduale pendenza verso mare, con quote circa comprese tra 8 e 0 m s.l.m. In tale contesto spicca un'ampia depressione morfologica, presente circa 500 m a NO dell'inizio del Microtunnel è in cui si è impostata una zona umida, la "Palude di Cassano", che è sottoposta a vincolo (Piano regolatore generale del Comune di Melendugno).

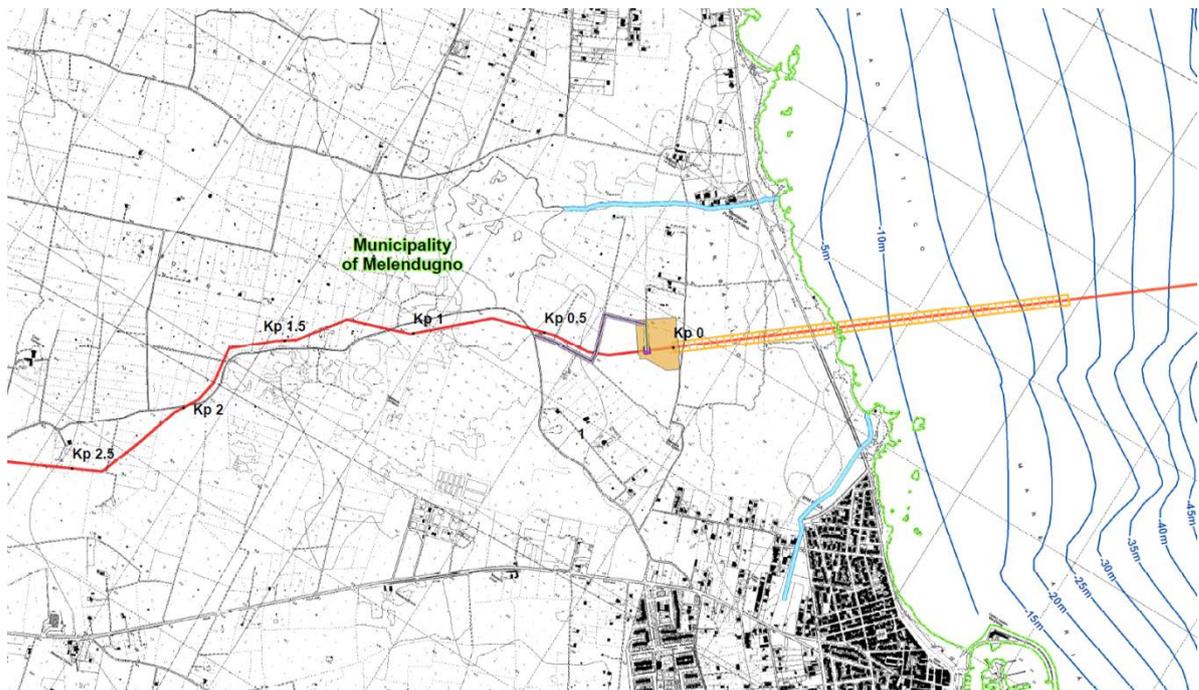


Figura 3-1: tracciato del Microtunnel (Fonte: IAL00 - ERM - 643 - Y - TAE - 1000 - at07 – Tavola 3)

	 <small>E.ON Technologies GmbH</small>	 <small>URS Italia S.p.A.</small>	Pagina 17 di 85				
			Area Code	Comp. Code	System Code	Disc. Code	Doc.-Type
Project Title:	Trans Adriatic Pipeline – TAP		IPL00-URS-000-Q-TRG-0002 Rev.: 01				
Document Title:	Studio geotecnico e geofisico nell'area del Microtunnel						

4 INQUADRAMENTO GEOLOGICO

4.1 Geomorfologia

Il paesaggio salentino è caratterizzato da una serie di piane lievemente ondulate di varia estensione e forma, in genere estese in direzione NW-SE, e caratterizzate da differenti quote (Allegato 01). I versanti che congiungono le piane rappresentano principalmente superfici di faglia or antiche scarpate costiere (Sansò et al., 2004).

I più importanti rilievi sono le “Serre”, bassi crinali tabulari nel settore occidentale del Salento, con andamento NNW – SSE e NW – SE, che di norma tagliano i calcari cretaceo-paleogenici e raggiungono quote di 200 m s.l.m. Esse hanno una complessa origine strutturale, rappresentando porzioni di un’antica (pre-miocenica) superficie di erosione tropicale (etchplain, Sansò et al., 2004) modellata da doline riempite di depositi residuali bauxitici e da piccoli rilievi a forma di cupola.

Verso la costa adriatica il rilievo è meno marcato e le creste tabulari meno estese. Lungo la costa, a n di Otranto, dei bacini lacustri occupano delle depressioni a forma romboidale allineate in direzione N-S e probabilmente associate a recente attività tettonica (Sansò et al., 2004).

A causa dell’estesa presenza di rocce carbonatiche, il Salento è particolarmente interessato dal carsismo, che è esteso dai calcari e le dolomie del Mesozoico alle unità più recenti, coinvolgendo anche i depositi pleistocenici delle Calcareniti di Gravina.

Secondo Sansò et al. (2004), si possono riconoscere quattro fasi di sviluppo del carsismo:

- 1) la prima ha età paleogenica e si è sviluppata sui calcari mesozoici, producendo un paesaggio tabulare in un clima tropicale, con intensi processi di dissoluzione;
- 2) la seconda ha avuto luogo nel Pliocene: si possono osservare solo poche forme carsiche di questa fase, nei depositi della Pietra Leccese, forse a causa dell’intensa erosione che ha colpito il paesaggio;
- 3) la terza ha età infra-medio-pleistocenica ed è connessa ad un livello di base del mare più basso di quello attuale. Gran parte delle forme carsiche attuali appartengono a questa fase;
- 4) l’ultima fase è datata Pleistocene medio-superiore. Solo poche forme sotterranee rinvenute nella Calcarenite di Gravina possono essere attribuite a questa fase.

Nel Salento settentrionale il carsismo sotterraneo è principalmente caratterizzato da grotte ipogee di varia grandezza, di solito a sviluppo sub-orizzontale 1) vicino a dislocazioni tettoniche e/o 2) lungo i giunti di stratificazione delle formazioni calcaree o 3) come carsismo di contatto tra i calcari mesozoici e le meno solubili formazioni cenozoiche. Queste grotte possono occasionalmente collassare e quindi formare delle doline, particolarmente diffuse nelle aree costiere sia dello Ionio che dell’Adriatico (Parise et al., 2008).

Altro tipico carattere del paesaggio salentino, in relazione con il carsismo, è l’assenza di un reticolo idrografico ben sviluppato e la presenza di bacini endoreici in cui si trovano depressioni e doline che costituiscono i punti di recapito del ruscellamento. In questi tipi di bacini non è possibile definire un’efficace rete di drenaggio; il ruscellamento è normalmente disperso e solo localmente incanalato in vie preferenziali nei dintorni di depressioni più ripide.

	 <small>E.ON Technologies GmbH</small>	 <small>URS Italia S.p.A.</small>	Pagina 18 di 85					
			Area Code	Comp. Code	System Code	Disc. Code	Doc.-Type	Ser. No.
Project Title:	Trans Adriatic Pipeline – TAP		IPL00-URS-000-Q-TRG-0002 Rev.: 01					
Document Title:	Studio geotecnico e geofisico nell'area del Microtunnel							

In particolare, l'area attraversata dal tratto di microtunnel su terraferma è caratterizzata da un profilo quasi piatto, con quote da circa 10 a 0 m s.l.m.

4.2 Geologia

Il Salento appartiene alla Piattaforma Apula, la quale rappresenta l'avampaese dell'Appennino Campano-Lucano, ed è formato da una spessa sequenza stratigrafica carbonatica di età mesozoica, ricoperta in trasgressione da depositi organogenici e/o calcarenitici paleogenico-oligocenici e da una sottile successione carbonatico-terrigena di età quaternaria.

La successione stratigrafica, definita da Largaiolli et al. (1969) nella Carta Geologica d'Italia ("F° 214 – Gallipoli; Carta geologica d'Italia a scala 1:100.000") e da Ciaranfi et al. (1988) nella "Carta geologica delle Murge e del Salento", è stata recentemente modificata da studi dettagliati di Bossio et al. (2005, 2006), svolti nell'area di Lecce e nella regione costiera del Salento da Otranto a Santa Maria di Leuca.

Di seguito si riporta una breve descrizione delle unità stratigrafiche del Salento, dalla più antica alla più recente.

Calcarei di Altamura (Calcarei di Melissano e Dolomie di Galatina) – Cretacico superiore

La sequenza carbonatica mesozoica affiora nella parte interna del Salento formando i rilievi più elevate della regione. Essa consiste di un'alternanza di strati a spessore variabile di calcari micritici compatti e calcari dolomitici bianchi/grigi (Bossio et al., 2006). Lo spessore complessivo è considerevole, raggiungendo almeno 1000 m. L'ambiente deposizionale è tipico di un'estesa piattaforma carbonatica interna, con rinvenimento di successioni cicliche *tidali (di marea, Ndr)*.

Nel Foglio "F 214 – Gallipoli" della Carta Geologica d'Italia, Largaiolli et al. (1969) hanno istituito due formazioni mesozoiche, le Dolomie di Galatina e i calcari di Melissano. In seguito Ciaranfi (1988), ha chiamato "Calcarei di Altamura" la sequenza mesozoica del Salento. Tale denominazione è stata mantenuta da alcuni autori (Margiotta et al., 2006, Bruno et al., 2008), mentre Bossio (2006) ha ripreso la precedente denominazione "Calcarei di Melissano".

Formazione di Galatone (Oligocene superiore) e Formazione di Lecce (Oligocene Superiore - Miocene Inferiore)

Tali formazioni affiorano a sud-ovest di Lecce. La Formazione di Galatone è composta da calcari micritici compatti grigi-bianchi, marne e depositi sabbioso-argillosi (Bossio et al., 2006), di spessore modesto (tra 10 e 70 m). La Formazione di Lecce è caratterizzata da calcareniti di colore da bianco a marrone chiaro e spessore pari approssimativamente a 60 m.

Pietra Leccese - Burdigaliano-Tortoniano (Messiniano)

Affiorante estesamente intorno a Lecce ed in un'area delimitata da Strudà, Vernole e Acaia, questa formazione costituita da due successioni leggermente differenti (Calò et al., 2005): la successione inferiore è rappresentata da una biomicrite marnosa detritica giallo pallido a tessitura compatta, quella superiore è costituita da calcari glauconitici, frequentemente con tessitura tenera e porosa. Il calcare glauconitico è chiamato localmente "Piromafo" (Ciaranfi et al., 1988).

La sequenza litologica indica un ambiente da litorale a piattaforma aperta. Lo spessore Massimo è di 80 m.

	 <small>E.ON Technologies GmbH</small>	 <small>URS Italia S.p.A.</small>	Pagina 19 di 85					
			Area Code	Comp. Code	System Code	Disc. Code	Doc.-Type	Ser. No.
Project Title:	Trans Adriatic Pipeline – TAP		IPL00-URS-000-Q-TRG-0002 Rev.: 01					
Document Title:	Studio geotecnico e geofisico nell'area del Microtunnel							

Calcarenite di Andrano - Messiniano

Ampliamente affiorante ad Est e Sud-Est di Lecce, tale formazione rappresenta la sequenza regressiva di chiusura del ciclo miocenico dovuta all'emersione dell'intera penisola salentina (Bossio et al., 2006). È composta da calcari bioclastici, calcari detritici o oolitici, con calcari marnosi e marne in subordine. Tali depositi sono in alternanza teneri/porosi e compatti.

L'associazione di facies indica un ambiente deposizionale vicino al limite della zona neritica nella sequenza basale, con evidenza di una progressiva diminuzione della profondità nella successione sommitale (Bossio et al., 2006). Lo spessore totale raggiunge i 50 metri.

Formazione di Leuca– Pliocene inferiore (Miocene superiore)

Spessa solo pochi metri, la Formazione di Leuca forma una striscia continua tra la Calcarenite di Andrano e la Formazione di Uggiano la Chiesa. È costituita da brecce, conglomerati e, in subordine, da biomicriti glauconitiche (Bossio et al., 2006). La fauna bentonica ritrovata suggerisce un ambiente deposizionale di mare basso.

Formazione di Uggiano la Chiesa– Pliocene inferiore

Forma una larga striscia che marca la linea di costa del Mare Adriatico e consiste di calcari stratificati e fossiliferi biodetritici, in genere teneri, e sabbie calcaree, il tutto di spessore pari a circa 50 meters. La base della successione è caratterizzata da uno strato conglomeratico, costituito da ciottoli fosfatici in una matrice calcareo-fosfatica di colore chiaro. La sequenza basale è di norma a grana fine e localmente ha composizione marnosa, mentre la sequenza sommitale è rappresentata da sedimenti calcarei a grana da media a grossolana. Nell'area di Lecce, l'ambiente deposizionale è rappresentato dalla zona neritica, interna o esterna (Bossio et al., 2006).

Calcarenite di Gravina (Calcarenite del Salento) – Plio-Pleistocene

Affiora ad E di Calimera e ad O di Vernole, fino a Borgagne ed è caratterizzata da una considerevole variabilità litologica, includendo infatti calcareniti marnose poco coerenti di grana da media a fine; calcareniti fossilifere grossolane; sabbie calcaree grossolane; sabbie limose o limi sabbiosi più o meno cementate; in genere la calcarenite è di colore giallastro o grigiastro, mentre gli altri litotipi possono essere ricoperte da una crosta superficiale gialla o rossastra. L'ambiente di deposizione è litorale. Corrisponde alla facies calcarenitica plio–pleistocenica della Calcarenite del Salento nel "F° 214 – Gallipoli della the Carta geologica d'Italia".

Argille subappenniniche - Pleistocene

Le Argille subappenniniche non affiorano nell'area costiera ma sono riconosciute nel sottosuolo, in alcune colonne stratigrafiche di pozzi. L'unità è composta principalmente da argille e argille marnoso-siltose stratificate con rare intercalazioni sabbiose (Ciaranfi et al., 1988). Lo spessore può raggiungere 250 m sul lato occidentale del Salento.

Depositi Continentali Recenti

Presenti lungo la costa, comprendono sedimenti limosi e argillosi con strati torbosi, di ambiente lagunare o di palude, e sabbie eoliche che formano dune costiere.

Project Title: **Trans Adriatic Pipeline – TAP**
 Document Title: **Studio geotecnico e geofisico nell'area del Microtunnel**

IPL00-URS-000-Q-TRG-0002
Rev.: 01

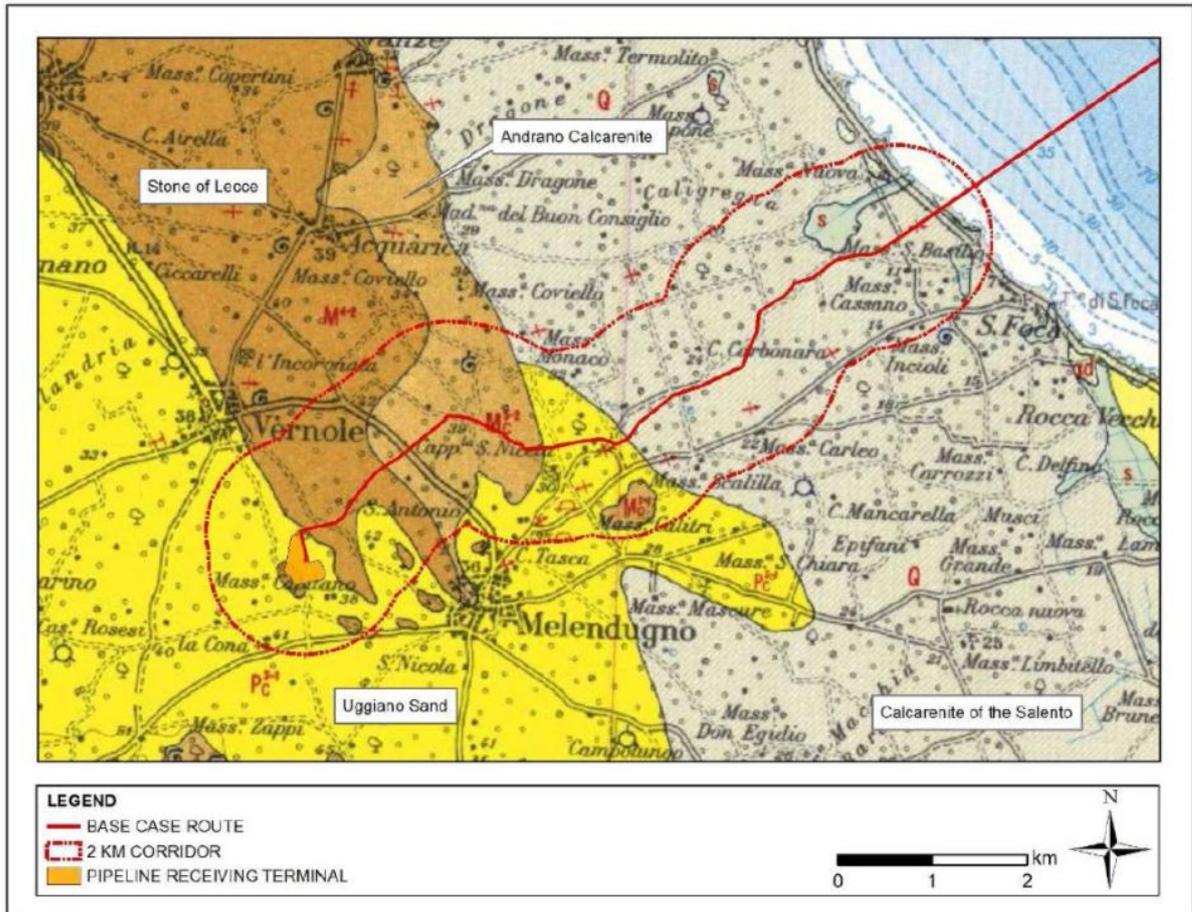


Figura 4-1: F° 214 – Gallipoli; Carta geologica d'Italia a scala 1:100.000.

Il Microtunnel attraversa un'area in cui sono presenti sabbie detritiche intercalate con strati calcarenitici (Figura 4-2).

Project Title: **Trans Adriatic Pipeline – TAP**
Document Title: **Studio geotecnico e geofisico nell'area del Microtunnel**

IPL00-URS-000-Q-TRG-0002
Rev.: 01

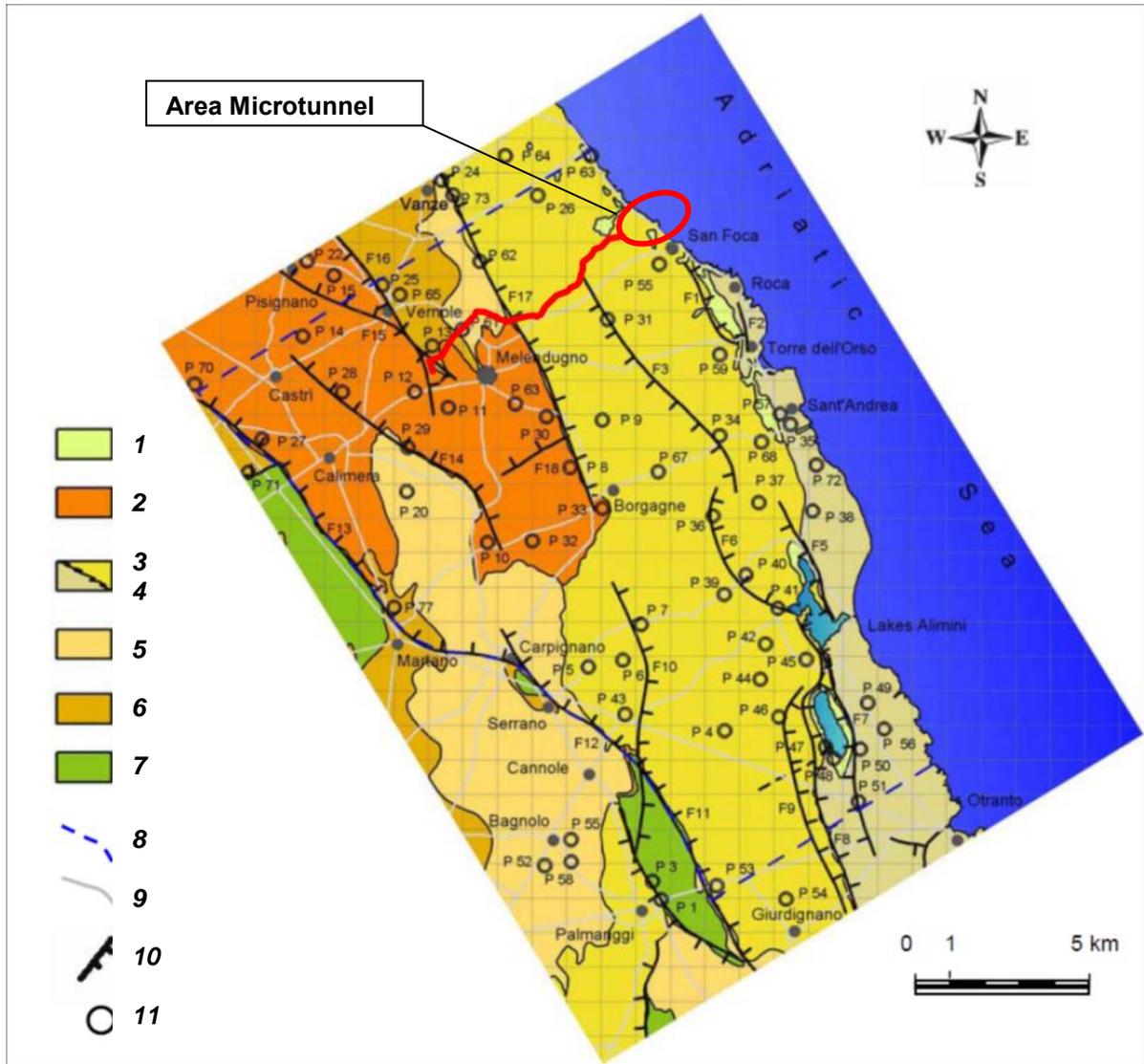


Figura 4-2: carta geologica dell'area circostante il tracciato del gasdotto (linea rossa). Da Bruno et al., 2008, modificato. LEGENDA: 1) sabbie e sedimenti alluvionali (recente); 2) arenarie a grana grossa, formazione delle "Calcareniti di Gravina" (Plio-Pleistocene); 3) sabbia detritica con strati di calcarenite intercalati, (4) calcilutite glauconitica, Formazione delle "Sabbie di Uggiano" (Pliocene); (5) calcarenite a grana media con strati di calcari marnosi intercalati, Formazione della "Calcarenite di Andrano" (Miocene sup.); (6) calcareniti marnose a grana fine (Miocene sup.), Formazione della "Pietra Leccese"; (7) calcari e calcari dolomitici (Cretaceo sup.) Formazione di "Altamura"; (8) limiti dell'area studiata; (9) strade principali; (10) faglie probabili; (11) sondaggi geognostici.

Project Title: **Trans Adriatic Pipeline – TAP**

 Document Title: **Studio geotecnico e geofisico nell'area del Microtunnel**
IPL00-URS-000-Q-TRG-0002
Rev.: 01

4.3 Assetto strutturale

L'Avampaese Pugliese è deformato da un'ampia piega antiforme con direzione ONO – ESE, estesa dalla Fossa Bradanica al Mar Adriatico (Doglioni et al., 1996).

La struttura del Salento meridionale è dissecata da faglie normali con direzione NO – SE, di età variabile (dal tardo Cretacico al Pleistocene), formanti una serie di rilievi (horst) e depressioni (graben) strutturali estese lungo i piani assiali aventi direzione NO-SE.

A scala regionale, l'antiforme pugliese mostra i blocchi fagliati più grandi immergenti verso la Fossa Bradanica ed il Mar Adriatico (Doglioni et al., 1996). A causa di questa struttura le formazioni mesozoiche affiorano nel settore interno della regione.

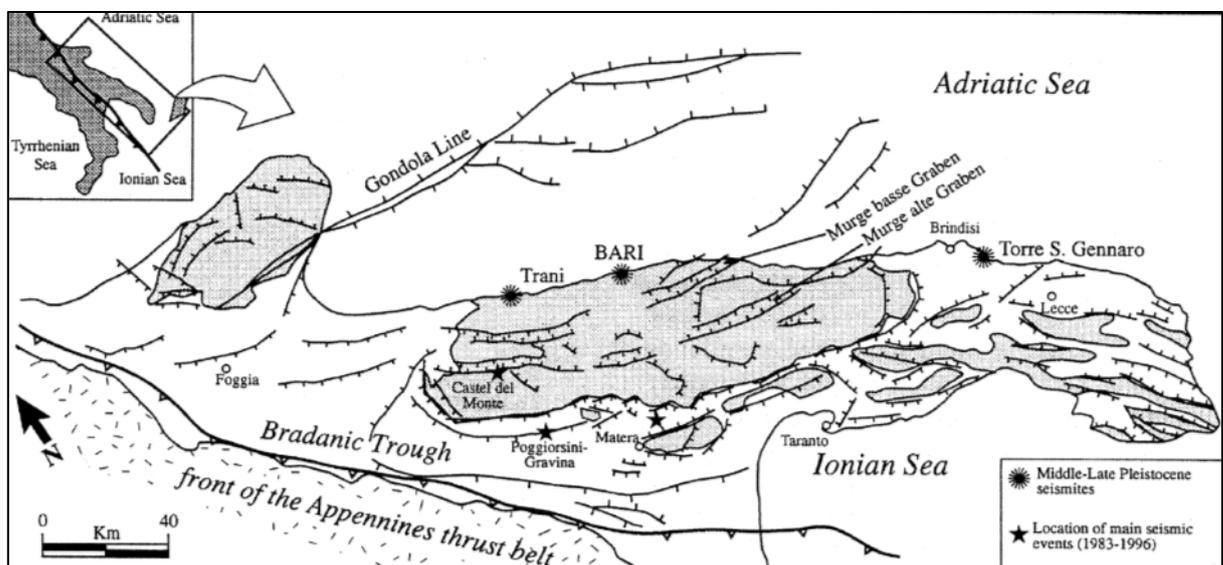


Figura 4-3: schema strutturale dell'Avampaese Pugliese: ubicazione di sismiti e principali eventi sismici (attività tettonica quaternaria nell'Area delle Murge – Avampaese Pugliese – Italia Meridionale. Pieri et alii, 1997)

Nell'area in studio, la struttura ha un assetto monoclinale con una leggera immersione verso la costa ionica (Ciaranfi et al., 1988).

	 <small>E.ON Technologies GmbH</small>	 <small>URS Italia S.p.A.</small>	Pagina 23 di 85				
			Area Code	Comp. Code	System Code	Disc. Code	Doc.-Type
Project Title:	Trans Adriatic Pipeline – TAP		IPL00-URS-000-Q-TRG-0002 Rev.: 01				
Document Title:	Studio geotecnico e geofisico nell'area del Microtunnel						

4.4 Pericolosità sismica

4.4.1 Classificazione sismica italiana

Secondo la normativa italiana (Decreto Legislativo n. 122 del 1998, Decreto del Presidente della Repubblica n. 380 del 2001, - "Testo Unico delle Norme per l'Edilizia"), l'intero territorio nazionale è stato classificato come segue:

- Zona 1 – la classe più pericolosa, dove possono accadere i terremoti più forti.
- Zona 2 – i Comuni in questa classe possono essere colpiti da terremoti piuttosto forti.
- Zona 3 – i Comuni in questa classe possono essere soggetti a modesti eventi sismici.
- Zona 4 – la meno pericolosa: i Comuni in questa classe hanno una bassa probabilità di danni sismici.

Il Governo italiano ha compilato un elenco di Comuni con la zona cui ciascuno di essi appartiene, con un grado decrescente di pericolosità.

Le aree in precedenza "non classificate" adesso rientrano nella zona 4 qui descritta, all'interno della quale le Regioni hanno il potere di rendere obbligatoria la pianificazione anti-sismica. Inoltre, ogni zona ha un valore di azione sismica utile per la pianificazione di cui sopra, espressa in termini di massima accelerazione in roccia (zone 1=0,35 g, zone 2=0,25 g, zone 3=0,15 g, zone 4=0,05 g).

Un nuovo studio, allegato al OPCM n. 3519/06, ha fornito alle Regioni uno strumento aggiornato per la classificazione territoriale, introducendo intervalli di accelerazione con una probabilità di eccedenza dell'accelerazione di picco (ag) uguale a 10% in 50 anni, da assegnare alle 4 zone sismiche.

Tabella 4-1: Suddivisione in zone sismiche secondo l'accelerazione di picco su suolo rigido (ag) (OPCM 3519/06)

Seismic zone	Acceleration with probability of exceeding equal to 10% in 50 years (ag)
1	ag > 0,25
2	0,15 < ag ≤ 0,25
3	0,05 < ag ≤ 0,15
4	ag ≤ 0,05

In base agli indirizzi ed ai criteri istituiti a livello nazionale, alcune Regioni hanno classificato il loro territorio in quattro zone, come descritto in Tabella 4-1, ed altri adottando tre zone ed introducendo, in alcuni casi, anche delle sub-zone, per meglio adattare la normativa ai caratteri di sismicità.

I dettagli ed i significati della zonazione secondo ogni Regione sono contenuti nelle norme regionali. A prescindere dalla scelta della singola regione, ogni zona o subzona ha un valore fondamentale di pericolosità, espresso in termini di massima accelerazione su suolo rigido (ag), che non influenza la pianificazione.

 e-on <small>E.ON Technologies GmbH</small>	 <small>URS Italia S.p.A.</small>	Pagina 24 di 85				
		Area Code	Comp. Code	System Code	Disc. Code	Doc.- Type
Project Title: Trans Adriatic Pipeline – TAP Document Title: Studio geotecnico e geofisico nell’area del Microtunnel		IPL00-URS-000-Q-TRG-0002 Rev.: 01				

La vigente normativa tecnica per le costruzioni (Decreto Ministeriale del 14 January 2008), infatti, ha modificato il ruolo che la classificazione sismica ha avuto per gli scopi di pianificazione: per ciascuna zona – e perciò per il territorio comunale– è stato fornito un valore di accelerazione di picco e di conseguenza uno spettro di risposta elastica per calcolare le azioni sismiche. A partire dal 1 Luglio 2009, le Norme Tecniche per le costruzioni 2008 sono entrate in vigore: ogni edificio ha la propria accelerazione, secondo le coordinate geografiche dell’area di progetto e secondo la vita nominale di progetto dell’edificio: il grado di pericolosità di base può quindi essere definito per ciascun punto del territorio nazionale, entro un’area di 5 m², a prescindere dai confini amministrativi locali. La classificazione sismica (alla cui zona sismica appartiene un Comune) è perciò utile solo per la gestione della pianificazione ed il controllo del territorio da parte degli organi competenti.

Il Salento è classificato come “Zona 4”. I Comuni di quest’area hanno una scarsa probabilità di danni sismici.

Project Title: **Trans Adriatic Pipeline – TAP**
 Document Title: **Studio geotecnico e geofisico nell'area del Microtunnel**

IPL00-URS-000-Q-TRG-0002
Rev.: 01

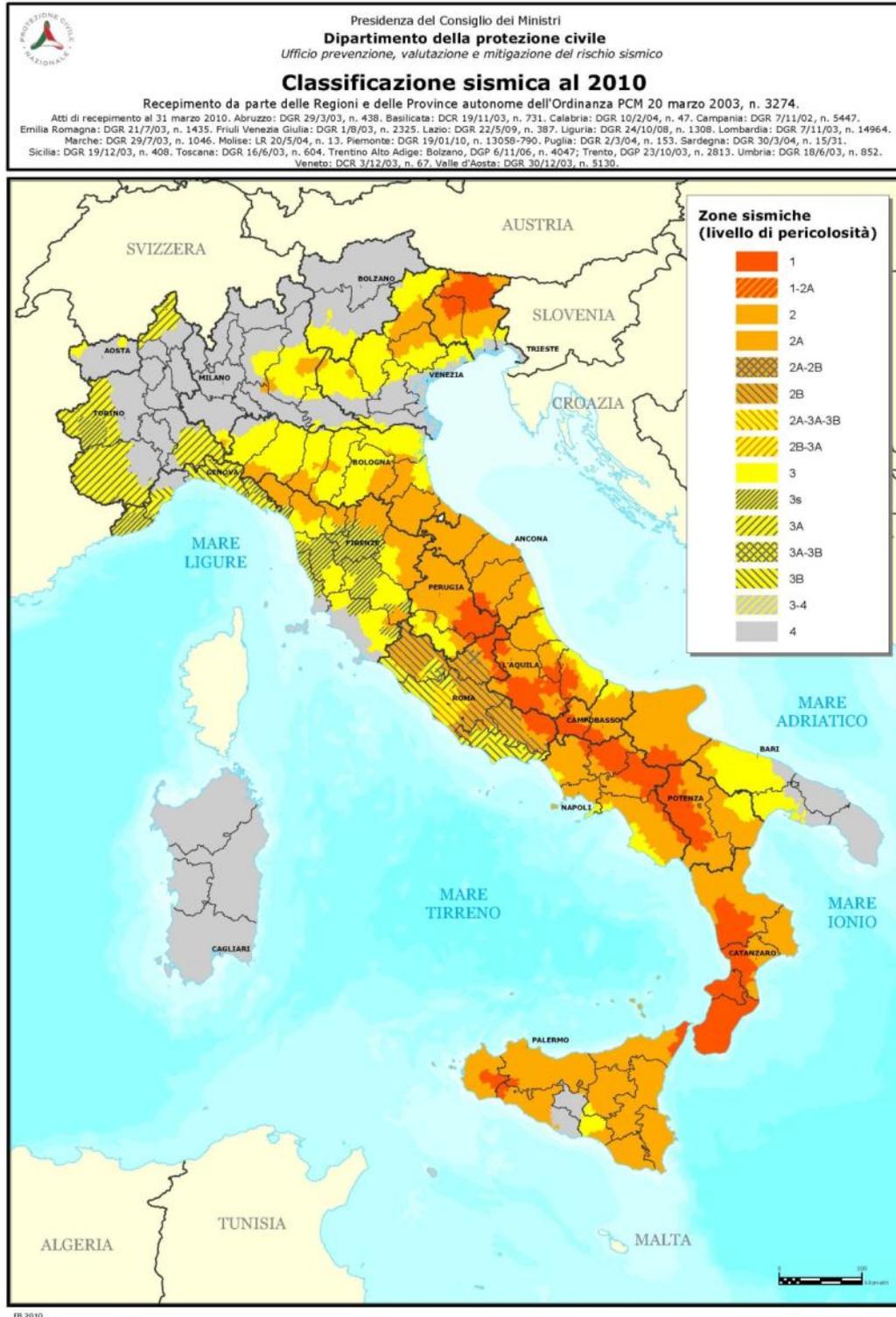


Figura 4-4: Classificazione Sismica Italiana.

Tuttavia il DGR della Regione Puglia n. 153 del 2 Marzo 2004 – “Individuazione delle zone sismiche del territorio regionale e delle tipologie di edifici ed opere strategici e rilevanti: approvazione del programma temporale e delle indicazioni per le verifiche tecniche da effettuarsi sugli stessi” richiede

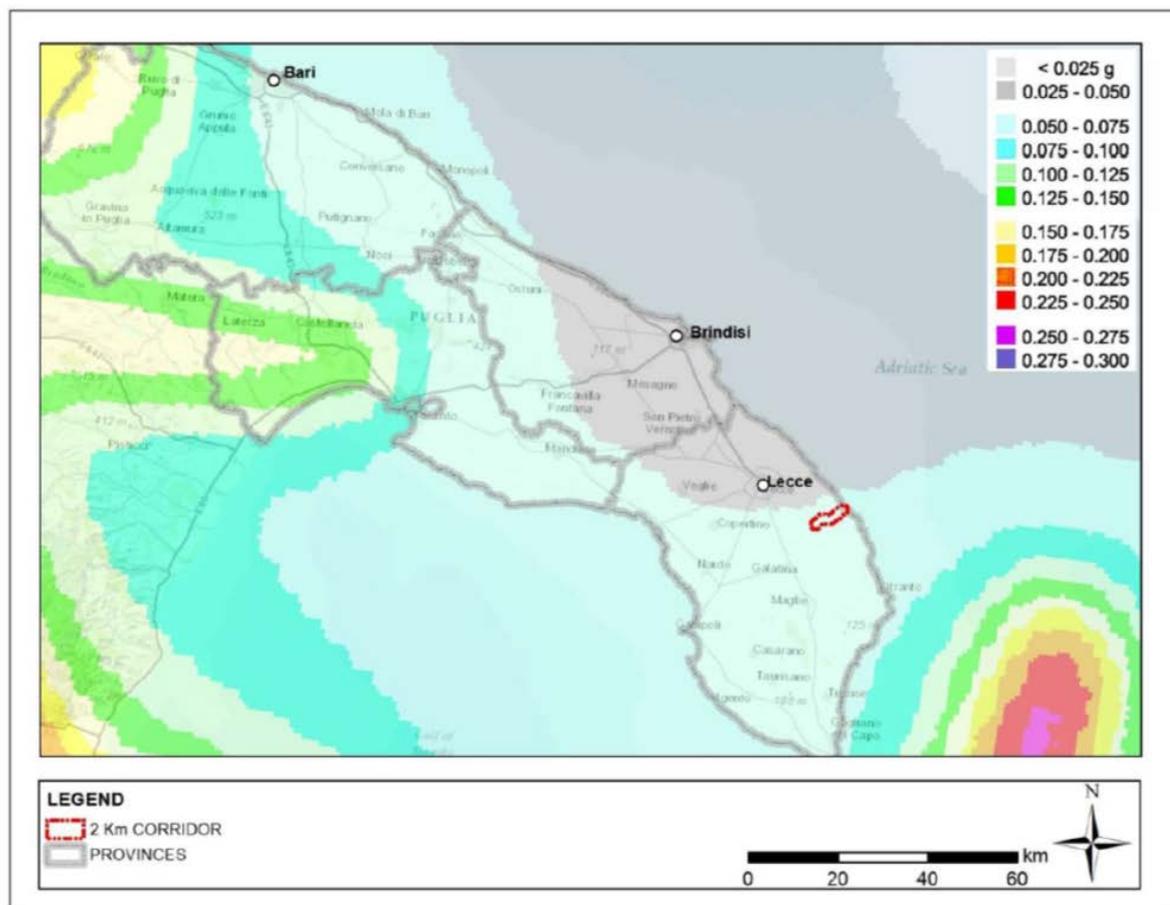
Project Title: **Trans Adriatic Pipeline – TAP**

Document Title: **Studio geotecnico e geofisico nell'area del Microtunnel**

IPL00-URS-000-Q-TRG-0002
Rev.: 01

che la progettazione anti-sismica di nuovi edifici ed infrastrutture definiti come strategici e rilevanti per la protezione civile e classificati in Zona 4 (come ad esempio il Microtunnel), deve essere realizzata secondo i parametri definiti per la Zona 3.

Pochi terremoti storici sono stati registrati in Salento. La distribuzione dei loro epicentri assieme alla vigente mappa della pericolosità sismica in Italia (Ordinanza PCM, 2006), in cui la Puglia meridionale è caratterizzata da valori compresi tra 0.050-0.075 g dell'accelerazione di picco orizzontale del suolo a_g (Figura 4-5) permette di classificare quest'area come a bassa pericolosità.



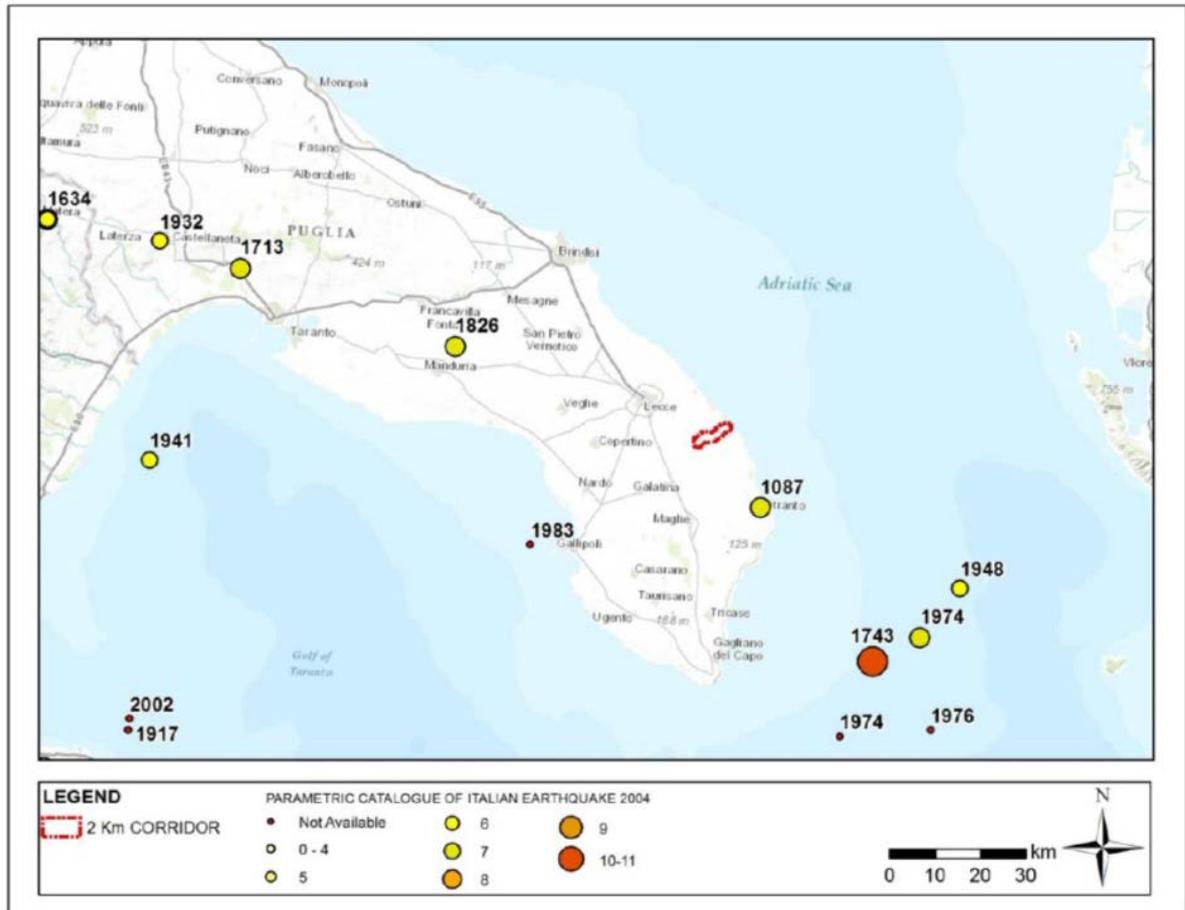
Source: INGV Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia

Figura 4-5: Pericolosità Sismica

La Figura 4-6 mostra gli eventi sismici registrati in Salento attonro all'area di studio (271 B.C – 2002 A.D.). L'intensità epicentrale (MCS, scala Mercalli-Cancani-Sieberg) è stata riportata al fine di usare tale parametro come sistema omogeneo di misurazione dell'attività tettonica.

Project Title: **Trans Adriatic Pipeline – TAP**
 Document Title: **Studio geotecnico e geofisico nell'area del Microtunnel**

IPL00-URS-000-Q-TRG-0002
Rev.: 01



Source: CPTI04 Parametric Catalogue of Italian Earthquake

Figura 4-6: Principali terremoti registrati (Scala MCS)

Il terremoto di maggiore intensità è quello del 1743, parametrizzato dal Gruppo di Lavoro CPTI (2004; di seguito CPTI04) con un'intensità epicentrale $I_0=IX-X$ MCS ed una magnitudo momento $M_w=6.9$, con epicentro posizionato in mare a SE della costa Salentina. Altri terremoti con epicentro in Salento indicati dal rapporto CPTI04 sono i seguenti:

- 1826, con leggeri danni in Manduria e Crispiano
- 1087, con danni nell'area di Otranto

In conclusione, in base alla distribuzione dei terremoti storici nell'area di interesse e dei caratteri sismogenetici della regione, l'area interessata dalla costruzione del gasdotto presenta un bassissimo indice sismo genetico ed altrettanto bassi sono la frequenza degli eventi e la loro Magnitudo.

Riguardo alla pericolosità sismica, i massimi valori attesi di accelerazione orizzontale del terreno al livello di roccia madre per il gasdotto in oggetto e definiti secondo le recenti NTC 2008 sono particolarmente bassi.

Project Title: **Trans Adriatic Pipeline – TAP**

 Document Title: **Studio geotecnico e geofisico nell'area del Microtunnel**
**IPL00-URS-000-Q-TRG-0002
Rev.: 01**

4.5 Idrologia ed idrogeologia

4.5.1 Idrologia

Il reticolo idrografico della penisola salentina è rappresentato, piuttosto che da corsi d'acqua nel vero senso del termine, da linee di flusso in cui le acque meteoriche sono canalizzate e che interessano le aree a quota inferiore, dove affiorano in prevalenza sabbie, sabbie e argille o calcareniti, all'esterno delimitati da creste calcaree.

Queste linee drenano le acque meteoriche trasportandole verso forme infossate chiamate con nome locale "cupe" oppure verso doline o inghiottitoi, tutte aree spesso soggette ad alluvionamento durante piogge intense. L'assenza di un reticolo di drenaggio superficiale ben sviluppato è una caratteristica del paesaggio carsico.

Il tracciato di progetto non attraversa corsi d'acqua permanenti o stagionali. In prossimità dell'approdo del gasdotto, solo due torrenti stagionali sono presenti: uno scorre parallelamente al tracciato del microtunnel circa 530 m a N, collegando la palude al mare (Figura 4-7), l'altro ha il suo sbocco 350 m a Sud.

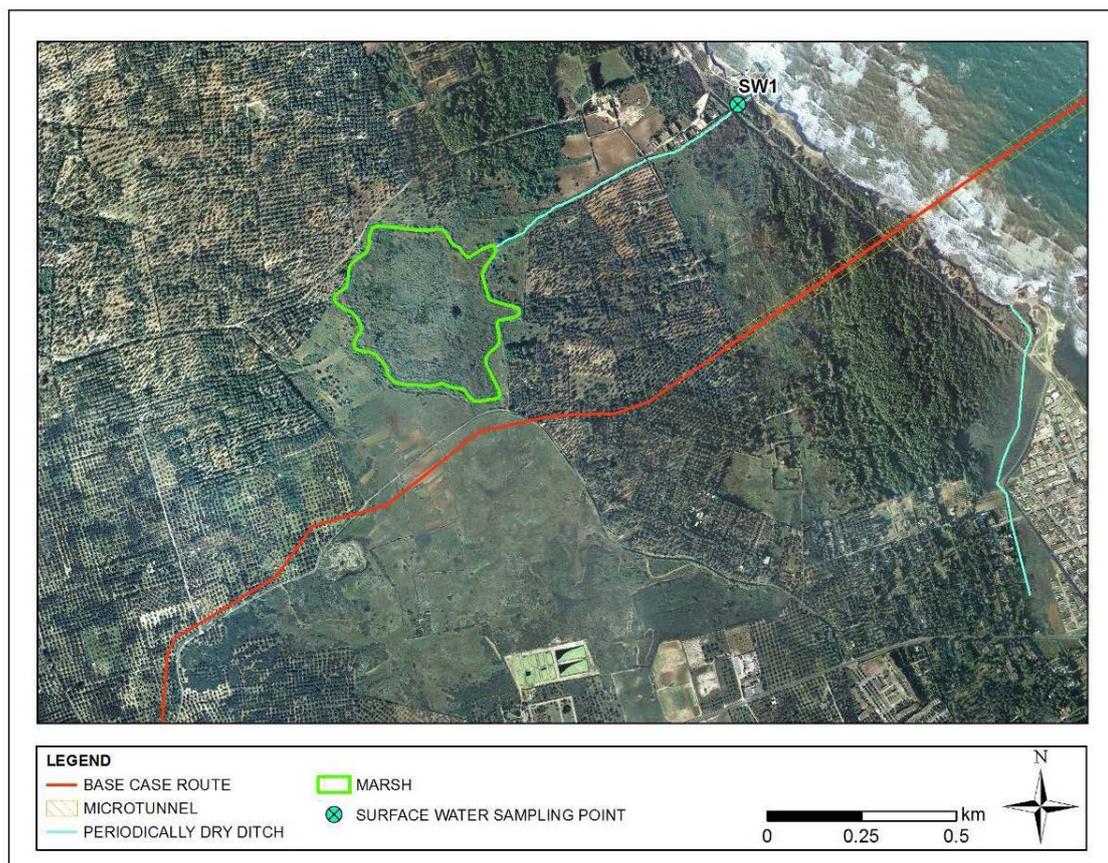


Figura 4-7: acque superficiali fonte: ERM (Novembre 2011)

Da un punto di vista idraulico ed idrogeologico, il tracciato scorre vicino due bacini endoreici oggetto di indagine da parte dell'Autorità di Bacino della Puglia, ai Kp 4.5 e 5.5 (secondo la comunicazione ufficiale n. AO Prot 8/10/2012 8.50 0011854 della suddetta Autorità di Bacino). Pur non essendo

	 <small>E.ON Technologies GmbH</small>	 <small>URS Italia S.p.A.</small>	Pagina 29 di 85					
			Area Code	Comp. Code	System Code	Disc. Code	Doc.-Type	Ser. No.
Project Title:	Trans Adriatic Pipeline – TAP		IPL00-URS-000-Q-TRG-0002 Rev.: 01					
Document Title:	Studio geotecnico e geofisico nell'area del Microtunnel							

previste restrizioni dal PAI (cfr. Piano di Assetto Idrogeologico) in queste aree, l'Autorità di Bacino della Puglia richiede che la posa della condotta non influenzi negativamente il regime idraulico dell'area. Inoltre, ogni accumulo di sedimenti derivante da eventi meteo estremi non dovrà causare malfunzionamento o inefficienze del gasdotto. Questi aspetti sono verificati tramite lo Studio di Compatibilità Idraulica del gasdotto IPL00-URS-000-Q-TRS-0001.

4.5.2 Acque sotterranee

La Puglia rappresenta un ambiente idrogeologico complesso. Il Salento è caratterizzato da due acquiferi:

- il primo acquifero, superficiale, è composto da sedimenti del Mio-Plio-Pleistocene contenenti uno o due corpi idrici, il secondo dei quali possiede una geometria spesso difficile da determinare, poiché i sedimenti giacciono in limitati intervalli di roccia permeabile all'interno di un più generale contesto di depositi impermeabili.
- Il secondo acquifero, profondo, è composto da formazioni carbonatiche mesozoiche.

In particolare:

- l'acquifero superficiale è ubicato nelle Calcareniti del Salento e nelle Sabbie di Uggiano; la sua ricarica è dovuta quasi esclusivamente alle precipitazioni che interessano gli affioramenti di tali formazioni; esso mostra un grado di permeabilità relativo alla frazione limosa e/o limoso-argillosa all'interno delle sabbie; in genere non possiede un'elevata capacità di immagazzinamento e la falda idrica è soggetta a variazioni stagionali del livello;
- le Argille subappenniniche formano un acquitardo che separa la falda superficiale da una falda semiconfinata presente nelle Calcareniti di Andrano; tali falde sono tra di loro connesse;
- la Pietra Leccese rappresenta un impermeabile che separa l'acquifero multifalda superficiale dall'acquifero profondo ubicato nella Formazione dei Calcari di Altamura; la falda profonda è perciò confinata in questi depositi cretacei dai sovrastanti sedimenti miocenici (generalmente impermeabili).

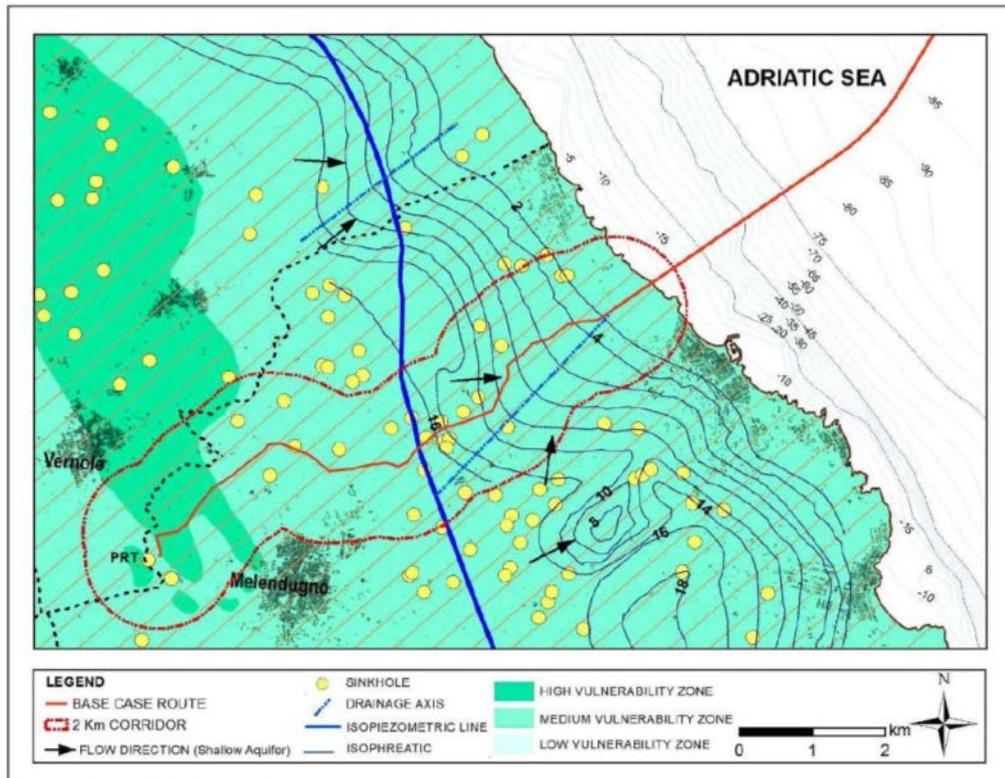
L'acquifero superficiale e l'acquifero semi-confinato appartengono al sistema denominato acquifero multilivello superficiale. Il tracciato di progetto attraversa le aree morfologicamente depresse occupate da terreni plio-pleistocenici: qui si può ritrovare l'acquifero multilivello superficiale. In particolare, nel tratto iniziale (all'incirca nel primo km) il livello di falda è stato rinvenuto a profondità circa pari a 6 m (luglio 2015), le quali aumentano gradualmente dalla costa verso l'interno.

La seguente figura (Figura 4-8) mostra il PRT, il gasdotto ed il microtunnel sovrapposti alla Carta Idrogeologica del PTCP (Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale) di Lecce. Essa evidenzia:

- le isofreatiche dell'acquifero superficiale, che diminuiscono gradualmente da 16 a 2 m s.l.m.;
- la direzione di flusso della falda nell'acquifero superficiale, indicata dalle frecce;
- la presenza di assi di drenaggio (SW-NE) che caratterizzano l'acquifero superficiale;
- il grado di vulnerabilità dell'acquifero, connesso alla permeabilità primaria e secondaria, dovuta al contenuto di limo e/op argilla nelle sabbie ed al grado di cementazione delle calcareniti.

Project Title: **Trans Adriatic Pipeline – TAP**
 Document Title: **Studio geotecnico e geofisico nell'area del Microtunnel**

IPL00-URS-000-Q-TRG-0002
Rev.: 01



Source: PTCP – ERM (May 2013)

Figura 4-8: tracciato del gasdotto e microtunnel e carta della vulnerabilità idrogeologica del PTCP (Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale) di Lecce.

	 <small>E.ON Technologies GmbH</small>	 <small>URS Italia S.p.A.</small>	Pagina 31 di 85					
			Area Code	Comp. Code	System Code	Disc. Code	Doc.-Type	Ser. No.
Project Title:	Trans Adriatic Pipeline – TAP		IPL00-URS-000-Q-TRG-0002 Rev.: 01					
Document Title:	Studio geotecnico e geofisico nell'area del Microtunnel							

5 RESOCONTO DELLE ATTIVITÀ IN CAMPO

Secondo quanto indicato dalla documentazione riportata nei punti da 3 a 6 dell'elenco nel Paragrafo 1, sono state eseguite le seguenti attività:

- ricerca/bonifica di ordigni bellici inesplosi, di seguito indicata come “rilievi UXO” (Unexploded Ordnance);
- prospezioni geofisiche delle seguenti tipologie: TES (Tomografia Elettrica in Superficie), sismica a rifrazione, MASW (Multichannel Analysis Surface Waves);
- indagini geologiche e geotecniche (perforazioni, prelievo di campioni e prove in situ);
- sorveglianza archeologica nel corso delle perforazioni sui punti di indagine;
- rilievo topografico dei punti di indagine;
- analisi geotecniche in laboratorio sui campioni prelevati.

I rilievi UXO, effettuati in più fasi (Luglio 2014, Aprile-Maggio 2015) a causa dei tempi di rilascio delle autorizzazioni da parte delle autorità competenti locali, sono stati realizzati su un'area di circa 25 m² intorno a ciascun punto di indagine e fino ad una profondità di 5 m da piano campagna, da un'impresa specializzata ed accreditata presso il Ministero della Difesa, e non hanno evidenziato la presenza di ordigni inesplosi sia nel suolo che nel sottosuolo. Altrettanto, la sorveglianza archeologica non ha dato evidenza di manufatti antropici nelle carote recuperate durante le perforazioni.

I seguenti paragrafi descrivono in dettaglio le indagini eseguite.

5.1 Prospezioni geofisiche

Nel Luglio 2013 URS ha condotto una prima campagna di prospezioni geofisiche, effettuate lungo profili la cui ubicazione è riportata in “IAL00-URS-000-Q-TRG-0001_00—Geophysical Investigation Italy - Appendix E”.

Scopo delle indagini era il rilievo delle strutture geologiche presenti nel sottosuolo dell'area del tracciato del gasdotto (incluso il microtunnel), in particolare della profondità del substrato roccioso, in modo da poter pianificare i lavori di scavo e posa in opera del gasdotto, possibilmente identificando eventuali fenomeni carsici e individuando aree dove sarebbero state necessarie ulteriori e più dettagliate indagini.

In seguito sono state commissionate ad URS delle indagini geofisiche integrative che sono state eseguite da Marzo ad Aprile 2015.

Entrambe le campagne di indagine sono state realizzate mediante l'impiego di due specifiche metodologie, la TES e la sismica a rifrazione, tipicamente e comunemente usate in combinazione, poiché misurare sia i parametri geoelettrici che meccanici del sottosuolo permette di confermare i risultati di entrambe, migliora l'accuratezza ed evidenzia eventuali aree dove può essere opportuno eseguire ulteriori indagini.

La TES (Tomografia Elettrica in Superficie) si basa sulla misurazione delle variazioni di resistività a loro volta causate da variazioni di fattori quali cambiamenti litologici (per esempio, si confronti il basalto con l'arenaria) o da variazioni locali di fattori come il contenuto d'acqua o il grado di costipazione nel terreno.

	 <small>E.ON Technologies GmbH</small>	 <small>URS Italia S.p.A.</small>	Pagina 32 di 85					
			Area Code	Comp. Code	System Code	Disc. Code	Doc.-Type	Ser. No.
Project Title:	Trans Adriatic Pipeline – TAP		IPL00-URS-000-Q-TRG-0002 Rev.: 01					
Document Title:	Studio geotecnico e geofisico nell'area del Microtunnel							

La resistività si determina applicando nel terreno una corrente alternata ad intensità nota e misurando la differenza di potenziale elettrico creata dalla corrente. Per ciascuna misura si usano quattro elettrodi, di cui due servono per immettere la corrente nel terreno e due per l'effettiva misura della differenza di potenziale. Il rapporto tra l'intensità di corrente e la differenza di potenziale fornisce la resistività del terreno.

La prospezione sismica a rifrazione si basa su come le onde sismiche si propagano attraverso il terreno ed interagiscono con zone a differente densità all'interno del sottosuolo. L'energia sismica viene generata da un impatto o un'esplosione (in gergo "shot") ed i tempi di arrivo delle onde sismiche sono registrati da sensori chiamati geofoni disposti in superficie lungo un allineamento.

La velocità delle onde sismiche è legata alla densità ed al modulo elastico del materiale attraverso cui viaggiano. Un'onda sismica che incontra una sufficiente variazione di densità e quindi di velocità sarà rifratta ad un angolo che dipende da quanto grande è la variazione. Poiché generalmente la densità, e quindi la velocità delle onde sismiche, dello strato più profondo è maggiore rispetto a quella dello strato superficiale, ci sarà un punto nello stendimento di geofoni in cui l'energia sismica che ha viaggiato lungo la superficie di discontinuità supera l'energia sismica che si propaga attraverso lo strato superiore e diviene il primo arrivo al geofono. L'analisi di questi primi arrivi permette di costruire un modello delle velocità sismiche.

Durante la campagna di indagini del 2013 sono stati realizzati nell'area del Microtunnel:

- 3 profili TES, per una lunghezza totale investigata di 680 m, con spaziatura degli elettrodi pari a 3 m.
- 4 sezioni di sismica a rifrazione con lunghezza del singolo stendimento in media pari a 69 m, per un totale di 690 m. La spaziatura dei geofoni, pari a 2-3 m, è stata scelta in base allo spazio disponibile in campo. La profondità di investigazione ottenuta è stata pari a circa 16 m.

Sia per la TES che per la sismica a rifrazione, all'inizio ed alla fine di ciascun profilo sono state registrate le coordinate GPS, mentre le quote altimetriche lungo i profili sono state ricavate dal DEM ufficiale della Regione Puglia, scaricabile dal sito web di quest'ultima.

Nel 2015 è stata eseguita un'ulteriore campagna di indagini geofisiche, consistente in:

- a) Sismica a rifrazione e geoelettrica TES lungo n. 2 profili denominati PR_B e PR_D, ubicati in nella macchia mediterranea vicino a due forme carsiche superficiali (doline),
- b) n.1 MASW, denominata MASW-3, vicino al sondaggio PIEZO2,
- c) n.2 Down-Hole, denominate DH-1 e DH-2, rispettivamente nel perforo ST_BH4 e nel perforo ST_BH5,
- d) n.5 SEV (Sondaggio Elettrico Verticale), denominato VES-1+VES-5.

adottando le stesse metodiche impiegate nel 2013 (spaziatura degli elettrodi/geofoni, tecnica "roll-along", lunghezza degli stendi menti, ecc.) per quanto riguarda le indagini di cui ai punti a) e b).

il metodo sismico "down-hole" è usato per determinare la velocità di propagazione delle onde elastiche di compressione e di taglio (VP e VS), generate in superficie mediante l'impiego di un

 Trans Adriatic Pipeline	 e-on <small>E.ON Technologies GmbH</small>	 URS <small>URS Italia S.p.A.</small>	Pagina 33 di 85					
			Area Code	Comp. Code	System Code	Disc. Code	Doc.-Type	Ser. No.
Project Title:	Trans Adriatic Pipeline – TAP		IPL00-URS-000-Q-TRG-0002 Rev.: 01					
Document Title:	Studio geotecnico e geofisico nell'area del Microtunnel							

Martello da fabbro, all'interno delle diverse unità litologiche che si incontrano lungo l'asse di perforazione, usando un sistema di ricezione (geofono da pozzo), che è fissato contro le pareti di un pozzo, mediante un sistema pneumatico, a profondità crescenti.

Le misure della resistività del suolo con la tecnica SEV sono richieste per valutare il dimensionamento del sistema di Protezione Catodica del tratto condotta che va dalla futura ubicazione del pozzo di spinta (escluso) del Microtunnel fino all'ubicazione proposta del Giunto di Isolamento (cfr. Isolating Joint). Tali misure sono state realizzate usando la configurazione di Schlumberger, con spaziatura degli elettrodi massimo pari a 50 m.

Infine le prospezioni sismiche tipo MASW sono una particolare tecnica di prospezione sismica basata sulla registrazione delle onde superficiali.

Segue una tabella riepilogativa delle indagini geofisiche eseguite.

Tab. 5-1: sintesi delle indagini geofisiche eseguite

METODOLOGIA	CAMPAGNA DI INDAGINE	NUMERO PROFILI	LUNGHEZZA COMPLESSIVA
Tomografia Elettrica Superficiale (TES)	2013	3	680 m
Sismica a rifrazione	2013	64	690 m
Tomografia Elettrica Superficiale (TES)	2015	2	155 m
Sismica a rifrazione	2015	2	130 m
Sismica MASW	2015	1	46 m
Sismica Downhole	2015	2	60 m
Sondaggio Elettrico Verticale (SEV)	2015	10	2000 m

Gli esiti delle indagini sin qui descritte e maggiori dettagli sulle tecniche di indagine sono presentati in "IAL00-URS-000-Q-TRG-0001_00—Geophysical Investigation Italy" (Appendix A-B) e negli Allegati 4-5 del presente documento.

5.2 Indagini geotecniche

Nell'area del Microtunnel sono state eseguite indagini geotecniche aventi le seguenti finalità:

- ricostruzione della successione stratigrafica e del quadro geologico ed idrogeologico locale,
- prelievo di campioni da sottoporre ad analisi geotecniche in laboratorio ed esecuzione di prove in sito, il tutto finalizzato alla caratterizzazione del sottosuolo nell'area del Microtunnel.

Le indagini sono iniziate nel Maggio 2015, con la perforazione del punto di indagine ST_BH1, e terminate nel Giugno 2015, con il sondaggio ST_BH5.

Nell'area del Microtunnel sono stati eseguiti 4 sondaggi geognostici: ST_BH1 fino alla profondità di 10 m dal p.c. (N.d.R.: piano campagna), ST_BH2 fino alla profondità di 20 m dal p.c., ST_BH4 e ST_BH5 fino alla profondità di 30 m dal p.c., per un totale di 90 m di perforazione, nelle posizioni indicate nell'Allegato 2. Le perforazioni sono state eseguite a rotazione, usando la tecnica del

 e-on <small>E.ON Technologies GmbH</small>	 <small>URS Italia S.p.A.</small>	Pagina 34 di 85					
		Area Code	Comp. Code	System Code	Disc. Code	Doc.- Type	Ser. No.
Project Title: Trans Adriatic Pipeline – TAP Document Title: Studio geotecnico e geofisico nell'area del Microtunnel		IPL00-URS-000-Q-TRG-0002 Rev.: 01					

carotaggio continuo con un diametro di 101 mm, come da indicazioni della documentazione elencata dai punti 3 a 6 nel paragrafo 1.

Durante le suddette perforazioni, sono state eseguite 25 prove SPT (*N.d.R.: Standard Penetration Test, prove effettuate in campo che misurano il numero di colpi necessario ad infiggere un campionatore standardizzato nel terreno sotto i colpi di un maglio con peso di 63,5 kg e da un'altezza di 76 cm; dall'entità della penetrazione è possibile ricavare, attraverso delle correlazioni, parametri geotecnici quali ad esempio l'angolo di attrito, la densità relativa, la coesione, ecc.*) e sono stati prelevati nei terreni ed in roccia, tra disturbati ed indisturbati, 22 campioni su cui eseguire le seguenti determinazioni in laboratorio:

- peso di volume naturale, peso specifico dei grani, contenuto d'acqua, analisi granulometrica, taglio diretto, limiti di Atterberg, permeabilità mediante edometro, ecc. nel caso di suoli,
- peso di volume naturale, prova di compressione ad espansione laterale libera, carico puntuale, indice di abrasione, resistenza alla trazione nel caso di rocce.

Segue una tabella di sintesi dei sondaggi geotecnici effettuati.

Tab. 5-2: sondaggi geotecnici effettuati

INDAGINE	NUMERO
Sondaggi geognostici	4
Prove SPT	25
Campioni prelevati	22

 Trans Adriatic Pipeline	 e-on <small>E.ON Technologies GmbH</small>	 URS <small>URS Italia S.p.A.</small>	Pagina 35 di 85					
			Area Code	Comp. Code	System Code	Disc. Code	Doc.-Type	Ser. No.
Project Title:	Trans Adriatic Pipeline – TAP		IPL00-URS-000-Q-TRG-0002 Rev.: 01					
Document Title:	Studio geotecnico e geofisico nell'area del Microtunnel							

6 ANALISI DEI RISULTATI

Nel presente paragrafo sono presentati, discussi ed interpretati i risultati delle prospezioni geofisiche e delle indagini geotecniche allo scopo di ricavare la caratterizzazione geofisica, geologica e geotecnica del suolo e del sottosuolo nell'area del Microtunnel.

6.1 Prospezioni geofisiche

6.1.1 Campagna di indagine del 2013

I profili nell'area del Microtunnel sono presentati da Est ad Ovest, eccetto il Profilo 2, orientato NNO-SSW. I risultati indicano la presenza di un assetto geologico a stratificazione orizzontale, con:

- 0) uno strato superficiale e discontinuo di suolo con spessore variabile da pochi centimetri fino a 1m che ricopre
- 1) uno strato roccioso ad alta resistività (150÷900 ohm m) e bassa velocità delle onde P (900÷1400 m/s), di spessore fino a 5 m a sua volta al di sopra di un
- 2) un acquifero a bassa resistività (< 150 ohm m) e media velocità delle onde P (1400÷1800 m/s).

Lo strato 1) mostra proprietà geofisiche tipiche di roccia tenera o di sabbie molto dense in condizioni anidre, mentre il 2) è compatibile con la presenza di roccia e/o strati limoso-sabbiosi in condizioni sature, in quanto in falda. Sono state rinvenute alcune anomalie di resistività e velocità lungo i profili investigati che non possono essere interpretabili come variazioni locali della densità, tipo lenti o membri rocciosi o di sabbie più dense.

Ulteriori e più approfondite informazioni sono presentate nell'Allegato 4 alla presente relazione e in "IAL00-URS-000-Q-TRG-0001_00—Geophysical Investigation Italy".

6.1.2 Campagna di indagine del 2015

Le indagini geofisiche effettuate sui profili PR_B e PR_D hanno confermato la successione stratigrafica ricavata dai rilievi del 2013, data da due strati di cui:

- Il più superficiale è al di sopra del livello della falda e caratterizzato da roccia o sabbie molto dense,
- Il più profondo è al di sotto del livello di falda e caratterizzato da un maggior contenuto delle frazioni sabbiose, limose e argillose.

Lungo il profilo PR_B nel tratto tra 60 e 70 m dal vertice SW (vertice A, fig. 25, All. 5) e tra circa 2 e 5 m di profondità dal p.c. è stata riscontrata un'anomalia con alti valori di resistività e bassi valori di velocità delle onde sismiche, mentre lungo il profilo PR_D nel tratto tra circa 30 e 50 m dal vertice NW (vertice A, fig. 26, All. 5) e tra circa 2 e 8 m di profondità dal p.c. è stata riscontrata un'anomalia con bassi valori di resistività e alti valori di velocità delle onde sismiche.

Le indagini down-hole eseguite nei perfori ST_BH4 e ST_BH5, lungo tutta la loro profondità (30 m, N.d.R.), hanno fornito risultati coerenti con le prospezioni TES e sismiche a rifrazione di cui sopra, mostrando due strati, il più superficiale caratterizzato da valori di velocità delle onde P dell'ordine di 600÷ 800 m/s ed il più profondo di 1600÷1900 m/s.

 e-on <small>E.ON Technologies GmbH</small>	 <small>URS Italia S.p.A.</small>	Pagina 36 di 85				
		Area Code	Comp. Code	System Code	Disc. Code	Doc.-Type
Project Title: Trans Adriatic Pipeline – TAP		IPL00-URS-000-Q-TRG-0002 Rev.: 01				
Document Title: Studio geotecnico e geofisico nell'area del Microtunnel						

Ulteriori e più dettagliate informazioni sono presentate nell'Allegato 5.

6.2 Indagini geotecniche

6.2.1 Caratterizzazione geologica

Il modello geologico descritto di seguito è stato ricostruito in base alle indagini geofisiche e geotecniche descritte nel paragrafo 5. La sezione geologica lungo il microtunnel (Allegato 3) considera anche le colonne stratigrafiche dei sondaggi ST_BH1 e ST_BH2.

Le indagini sopra menzionate hanno permesso di ricavare la seguente successione stratigrafica, dal piano campagna fino alla profondità investigata (max 30 m da p.c.):

- a) "Terra rossa", composta da limo sabbioso o argilloso e più raramente sabbia limosa residuale con spessore esiguo (da 15 cm in ST_BH2 a 1.00m in ST_BH4) che ricopre in modo discontinuo le unità descritte di seguito; solo in ST_BH5 ricopre del riporto antropico spesso circa 1.7 m, la cui estensione dovrebbe verosimilmente corrispondere all'ampiezza della strada costiera SP 366, sul cui lato SE ST_BH5 è ubicato; per la sua discontinua estensione ed il suo modesto spessore non è stata riportata nella sopra menzionata sezione geologica (Allegato 3).
- b) sabbia, limo sabbioso o sabbia limosa, più raramente limo argilloso di colore giallastro o a volte biancastro (b1), trovato:
 - i nei perfori ST_BH1, ST_BH2, ST_BH4 e ST_BH5 intercalato con strati di calcarenite giallastra;
 - ii solo nel perforo ST_BH1 anche ricoperto da calcarenite giallastra, tenera (b2), da discretamente a molto fratturata, affiorante lungo la costa.

le osservazioni eseguite sulle carote e le posizioni dei perfori permettono di affermare verosimilmente che b1 e b2 sono sub-unità reciprocamente intercalate o membri eteropici all'interno della stessa unità stratigrafica, correlata con la formazione denominata "Calcarenite del Salento", conosciuta anche come "Calcarenite di Gravina".

Come tendenza generale, sia la velocità delle onde P che la resistività decrescono con la profondità, mostrando una netta variazione nei valori ad una profondità in media pari a circa 2 m dal p.c. che corrisponde abbastanza bene con la profondità da p.c. della falda idrica misurata durante le perforazioni e dopo l'installazione dei piezometri (per approfondimenti si veda IPL00-URS-000-Q-TRS-0001 - Studio Idrogeologico nell'area della Pipeline e del Microtunnel).

Sono state rinvenute anomalie dei valori di resistività e/o delle velocità delle onde P nel sottosuolo, di cui:

- alcune potrebbero essere interpretate come cavità riempite con detrito roccioso molto fratturato e/o saturo d'acqua, a causa della loro vicinanza a forme carsiche superficiali
- altre potrebbero essere interpretate come locali variazioni litologiche, sia verticali che laterali, da strati sabbiosi meno densi a più densi di sabbia o addirittura calcarenite, come visto nei sondaggi.

 Trans Adriatic Pipeline	 e-on <small>E.ON Technologies GmbH</small>	 URS <small>URS Italia S.p.A.</small>	Pagina 37 di 85					
			Area Code	Comp. Code	System Code	Disc. Code	Doc.-Type	Ser. No.
Project Title: Trans Adriatic Pipeline – TAP	IPL00-URS-000-Q-TRG-0002							
Document Title: Studio geotecnico e geofisico nell'area del Microtunnel	Rev.: 01							

Per approfondimenti si rimanda agli Allegati 4 e 5 del presente documento e in IAL00-URS-000-Q-TRG-0001_00 (Geophysical Investigation Italy, 2013).

La roccia non sembra di gran qualità, a causa del diffuso stato di fratturazione, per maggiori dettagli si veda l'Allegato 07 (colonne stratigrafiche dei sondaggi).

Durante le perforazioni nelle sabbie dell'unità b2 è stato trovato un livello idrico sotterraneo nei punti ST_BH1 (2.30 m da p.c.), ST_BH2 (3.96 m da p.c.), ST_BH4 (3.40 m da p.c.) e ST_BH5 (1.96 m da p.c.). Come indicato in precedenza, questo livello si sovrappone piuttosto bene a quello in cui variano sia i valori di velocità delle onde P che quelli di resistività. per ulteriori dettagli si rimanda allo "ALLEGATO 7 Colonne stratigrafiche dei sondaggi geotecnici".

6.2.2 Caratterizzazione geotecnica

La caratterizzazione geotecnica dell'area del Microtunnel è stata effettuata mediante:

- prove SPT eseguite nel corso delle perforazioni;
- prove di laboratorio eseguite sui campioni di terreno prelevati nel corso delle perforazioni;
- misura dello RQD (*Rock Quality Designation*, *cf. pag. 40 per la definizione*) sulle carote di roccia;
- prove di laboratorio eseguite sui campioni di roccia prelevati nel corso delle perforazioni.

Le prove SPT sono state realizzate su terreni dell'unità b1. I valori N_{spt} vanno da 9 a più di 59, quindi i terreni di tale unità possono essere classificati come *terreni a densità da media ad elevata* (Terzaghi-Peck, 1948) ed il loro angolo di attrito varia tra 10 e 29.1 ° (De Mello, 1971); per i dettagli si rimanda alla seguente tabella (Tabella 6-1) ed all'Allegato 11.

Tabella 6-1: prove SPT eseguite nell'unità b1) e parametri geotecnici ricavati dalla correlazione con N_{spt}

SONDAGGIO GEOGNOSTICO	SPT	PROF. m da p.c.	UNIT A	N_{SPT}	$(N_1)_{60}$	$\phi, ^\circ$ (De Mello 1971)	$D_R, \%$ (Bazaraa 1967)	Modulo di Young E, Mpa (Jambu)	Modulo di taglio G, Mpa (Ohsaki & Iwasaki)	Modulo edometrico E_{ed} , Mpa
ST_BH1	SPT1	6.00-6.45	b1	46	30	28	33	66.8	154.1	21
ST_BH1	SPT2	9.00-9.45	b1	18	17	23.8	21	64.1	97.5	11.5
ST_BH2	SPT1	2.60-3.05	b1	35	23	29.1	38	50.9	126.6	16.2
ST_BH2	SPT2	5.00-5.45	b1	24	23	27.4	30	59.9	127.2	16.3
ST_BH2	SPT3	8.00-8.45	b1	33	24	25.5	26	69.3	129.7	16.7
ST_BH2	SPT4	11.00-11.45	b1	17	16	21.9	18	69	95.3	11.1
ST_BH2	SPT5	17.00-17.45	b1	59	37	21	23	34.5	180.2	25.7
ST_BH4	SPT1	5.00-5.45	b1	10	10	24.1	20	48.9	54.2	6.8
ST_BH4	SPT2	8.30-8.75	b1	14	14	23.3	19	61.3	76.1	9.7
ST_BH4	SPT4	15.00-15.45	b1	26	21	20.0	18	80.3	108.9	14.3
ST_BH4	SPT5	18.00-18.45	b1	REF	33	19.9	21	93.3	164.8	22.9

Project Title: **Trans Adriatic Pipeline – TAP**

 Document Title: **Studio geotecnico e geofisico nell'area del Microtunnel**
**IPL00-URS-000-Q-TRG-0002
Rev.: 01**

	ST_BH4	SPT6	21.00-21.45	b1	27	21	16.2	16	91.2	110.2	14.4
	ST_BH5	SPT1	3.00-3.45	b1	22	21	28.4	34	50.1	110.9	14.5
	ST_BH5	SPT2	6.30-6.75	b1	9	9	23	17	51.1	49.8	6.2
A	ST_BH5	SPT3	9.00-9.45	b1	11	11	21.9	17	61.0	60.7	7.7
C	ST_BH5	SPT4	12.00-12.45	b1	43	43	25.1	29	89.4	202.0	29.9
C	ST_BH5	SPT5	14.50-14.95	b1	58	37	22.8	25	90.6	178.3	25.4
O	ST_BH5	SPT6	18.00-18.45	b1	9	9	15.1	11	76.2	50.1	6.2
r	ST_BH5	SPT7	20.00-20.45	b1	16	15	15.8	14	85.3	83.1	10.7
d	ST_BH5	SPT8	23.00-23.45	b1	20	17	14.2	14	91.5	92.3	12.0
	ST_BH5	SPT9	26.00-26.45	b1	30	22	13	15	99.2	120.9	15.2
a	ST_BH5	SPT10	29.00-29.45	b1	20	17	10	12	98.6	90.7	11.7

l'unità a) non è stata sottoposta a prelievo di campioni, causa il suo esiguo spessore e la profondità di prelievo prevista, mentre dall'unità b) sono stati prelevati sia campioni indisturbati che disturbati, di suolo e/o di roccia.

I campioni prelevati sono stati sottoposti a prove in laboratorio allo scopo di effettuare le seguenti determinazioni: peso di volume naturale, peso di volume secco, contenuto d'acqua, peso specifico dei grani, porosità, indice dei vuoti, grado di saturazione, curva granulometrica, limiti di Atterberg, permeabilità mediante edometro, taglio diretto, prova edometrica, Point Load, resistenza a trazione, espansione laterale libera. Per i dettagli si vedano le seguenti tabelle (Tabella 6-2 e 6-3) e l'Allegato 11.

 Trans Adriatic Pipeline E.ON Technologies GmbH	 e-on E.ON Technologies GmbH	 URS URS Italia S.p.A.	Pagina 39 di 85					
			Area Code	Comp. Code	System Code	Disc. Code	Doc.-Type	Ser. No.
Project Title: Trans Adriatic Pipeline – TAP Document Title: Studio geotecnico e geofisico nell'area del Microtunnel			IPL00-URS-000-Q-TRG-0002 Rev.: 01					

Tabella 6-2: parametri geotecnici ricavati dalle prove di laboratorio eseguite su campioni prelevati in b1

ID del campione	Prof. di prelievo (m da p.c.)	γ_n (KN/m ³)	γ_d (KN/m ³)	W (%)	G (-)	n (%)	e (-)	S (%)	k (m/sec)
ST_BH1-C2	3.00-3.50	18.42	15.19	21.31	2.67	43.2	0.76	74.81	1.61E-06
ST_BH1-C3	4.00-4.50	-	-	-	-	-	-	-	
ST_BH1-C4	6.00-6.45	-	-	19.81	2.63	-	-	-	
ST_BH2-C1	2.00-2.60	15.96	13.43	18.96	2.66	49.44	0.98	51.3	1.14E-05
ST_BH2-C2	2.60-3.05	-	-	-	-	-	-	-	
ST_BH2-C3	5.00-5.45	-	-	-	-	-	-	-	
ST_BH2-C4	8.00-8.45	-	-	-	-	-	-	-	
ST_BH2-C5	11.00-11.45	-	-	16.42	2.6	-	-	-	
ST_BH2-C7	17.00-17.45	-	-	39.21	2.63	-	-	-	
ST_BH4-C1	5.00-5.45	-	-	20.98	-	-	-	-	
ST_BH4-C2	8.30-8.75	-	-	18.72	-	-	-	-	
ST_BH4-C3	15.00-15.45	-	-	12.85	-	-	-	-	
ST_BH4-C4	18.00-18.45	-	-	35.27	-	-	-	-	
ST_BH4-C5	28.00-28.50	18.15	13.3	36.49	2.67	50.18	1.01	96.6	1.12E-06
ST_BH5-C1	3.00-3.45	-	-	23.79	-	-	-	-	
ST_BH5-C2	12.00-12.45	-	-	23.55	-	-	-	-	
ST_BH5-C3	14.50-14.95	-	-	19.37	-	-	-	-	
ST_BH5-C4	18.00-18.45	-	-	28.45	-	-	-	-	
ST_BH5-C5	20.00-20.45	-	-	18.87	-	-	-	-	
ST_BH5-C6	23.00-23.45	-	-	18.85	-	-	-	-	
ST_BH5-C7	26.00-26.45	-	-	40.89	-	-	-	-	
ST_BH5-C8	29.00-29.45	-	-	21.68	-	-	-	-	

La classe granulometrica prevalente è la sabbia, poi c'è la ghiaia, poi il limo ed infine l'argilla, la curva granulometrica media è data da *sabbia con limo argillosa e debolmente ghiaiosa*. Coerentemente con la loro distribuzione granulometrica, il comportamento di tale materiale è non plastico.

Il peso di volume naturale varia da 15.96 a 18.42 kNm⁻³, con un valore medio di 17.51 kNm⁻³, riflettendo coerentemente i valori da medi ad elevati di porosità e indice dei vuoti.

Il peso specifico ha un valore medio di 2.64 e varia da 2.60 a 2.67, perfettamente coerente con la prevalente composizione mineralogica dei granuli.

La permeabilità mostra valori bassi, tipici di sabbie fini, limi sabbiosi a sabbie limose.

Il contenuto d'acqua varia da 12.85 a 40.89%, con una media di 24.19%, mentre il grado di saturazione varia da 51.30 a 96.60%, con una media di 74.88%. Ciò è coerente con il rinvenimento di un livello idrico a profondità tra 2.00 e 4.00 m dal p.c., essendo stati prelevati al di sotto del livello di falda tutti i campioni sottoposti alle determinazioni del contenuto d'acqua e del grado di saturazione.

La caratterizzazione geotecnica degli strati o dei livelli di calcarenite giallastra è stata eseguita sulla base:

- dell'indice Rock Quality Designation (RQD), che fornisce una misura del grado di fratturazione o comunque della presenza di discontinuità in un ammasso roccioso ed è espresso come rapporto percentuale tra la somma delle lunghezze degli spezzoni di carota lunghi più di 10 cm rispetto alla lunghezza totale della manovra di carotaggio;

 Trans Adriatic Pipeline	 E.ON Technologies GmbH	 URS Italia S.p.A.	Pagina 40 di 85					
			Area Code	Comp. Code	System Code	Disc. Code	Doc.-Type	Ser. No.
Project Title:	Trans Adriatic Pipeline – TAP					IPL00-URS-000-Q-TRG-0002		
Document Title:	Studio geotecnico e geofisico nell'area del Microtunnel					Rev.: 01		

- dei risultati di prove di laboratorio eseguite su campioni di calcarenite, sebbene la quantità di material campionato dagli strati rocciosi incontrati nel corso delle perforazioni abbia permesso di eseguire le prove Point Load, di resistenza a trazione e di espansione laterale libera ma non di effettuare la prove di abrasività.

Tabella 6-3: parametri geotecnici ricavati dalle prove di laboratorio eseguite su campioni prelevati in b2

ID sondaggio	Profondità di prelievo (m da p.c.)	Unità litotecnica	γ_n (KN/m ³)	test d		Resistenza a trazione (Mpa)	Resistenza a compressione monoassiale (Mpa)
				Abrasività Cerchar (-)	Point load (-)		
ST_BH1-C1	1.60-2.00	b2	21.83	-	2.32	-	27.84
ST_BH2-C6	14.50-15.00	b2	18.7	-	1.65	3.055	19.8

La calcarenite giallastra è stata incontrata nei 4 perfori (ST-BH1, ST-BH2, ST-BH4, ST- BH5) sotto forma di livelli con spessori molto ridotti. L'indice RQD varia da 0 a 13%, permettendo di classificare il 100% delle carote di calcarenite giallastra trovata nell'area del microtunnel come roccia molto scadente.

Tab. 6-4: distribuzione dei valori RQD con la profondità per l'unità b2)

PROFONDITÀ	0-3 m	3-6 m	6-9 m	9-12 m	12-15 m	15-18 m	18-21 m	21-24 m	24-27 m	27-30 m
classe RQD										
molto scadente	1	0	0	1	2	1	1	0	1	0
scadente	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
mediocre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
buono	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
eccellente	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

I valori di resistenza da prova di compressione monoassiale determinati in laboratorio sono tipici di rocce classificabili da poco a mediamente resistenti secondo i principali sistemi di classificazione geomeccanica delle rocce.

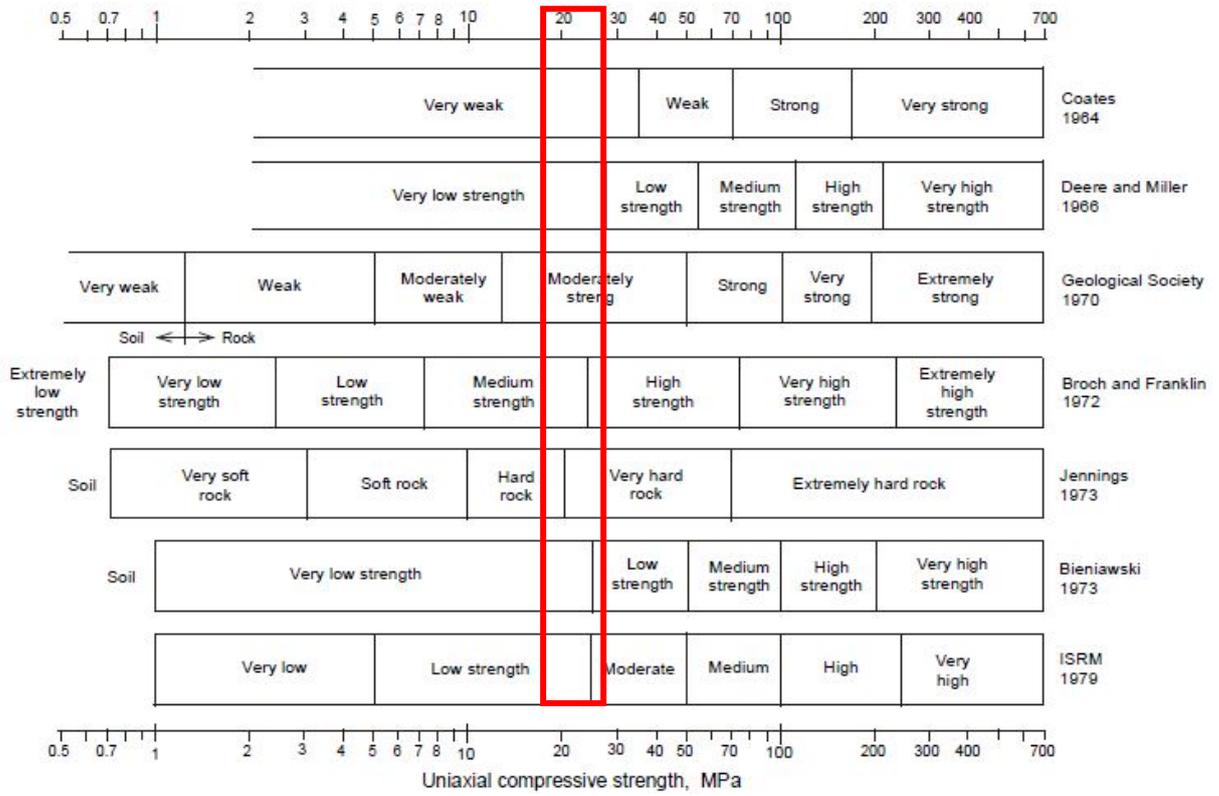


Figura 6-5: diversi sistemi di classificazione della resistenza delle rocce (da Bieniawski, 1984); il rettangolo rosso indica il campo di variazione dei valori di espansione laterale libera UCS dei campioni prelevati

6.3 Valori disaggregati e caratteristici dei parametri geotecnici

Gli esiti delle prove in situ ed in laboratorio sono stati sottoposti a trattamento statistico allo scopo di ricavare i classici indicatori come media, mediana, minimo, massimo, deviazione standard, coefficiente di variazione, ecc. per ciascuna unità geotecnica. I valori sono riportati nelle seguenti tabelle.

Tabella 6-6: indicatori statistici per i parametri ricavati dalla correlazione con N_{spt} per l'unità b1

	N_{spt}	$(N_1)_{60}$	ϕ	D_R	E_d	G	E_{ed}
conteggio	26.05	21.36	21.34	21.40	71.93	111.98	14.83
Media	9.00	9.00	10.03	11.13	34.50	49.84	6.21
Min	59.00	43.00	29.10	38.00	99.17	201.97	29.92
Max	14.98	9.52	5.32	7.54	18.71	43.47	6.62
St. Dev.	0.575	0.446	0.249	0.352	0.260	0.388	0.446
COV	22	22	22	22	22	22	22

	 <small>E.ON Technologies GmbH</small>	 <small>URS Italia S.p.A.</small>	Pagina 42 di 85					
			Area Code	Comp. Code	System Code	Disc. Code	Doc.-Type	Ser. No.
Project Title:	Trans Adriatic Pipeline – TAP		IPL00-URS-000-Q-TRG-0002 Rev.: 01					
Document Title:	Studio geotecnico e geofisico nell'area del Microtunnel							

Tabella 6-7: indicatori statistici per i parametri ricavati da prove di laboratorio per l'unità b1

	γ_n	γ_d	W	G	n	e	S	k (m/sec)
conteggio	3	3	18	6	3	3	3	7
Media	17.51	13.97	24.19	2.64	47.61	0.92	74.24	4.25E-06
Min	15.96	13.30	12.85	2.60	43.20	0.76	51.30	5.97E-07
Max	18.42	15.19	40.89	2.67	50.18	1.01	96.60	1.03E-05
St. Dev.	1.35	1.06	8.29	0.03	3.83	0.14	22.66	4.01E-06
COV	0.08	0.08	0.34	0.01	0.08	0.15	0.31	9.44E-01

Tabella 6-8: indicatori statistici per i parametri ricavati da prove di laboratorio per l'unità b2

	γ_n	Point Load	Resistenza a trazione (Mpa)	Resistenza a compressione monoassiale (Mpa)
conteggio	2	2	1	2
Media	20.27	1.99	3.06	23.82
Min	18.70	1.65	3.06	19.80
Max	18.70	2.32	3.06	27.84
St. Dev.	15.96	0.47	0.00	5.69
COV	2.21	0.24	-	0.24

Successivamente, come stabilito dall'Eurocodice 7 EN 1997-1 "Progettazione geotecnica" e dalla normativa italiana di settore (principalmente le "Norme Tecniche sulle Costruzioni", 2008), da tali valori "disaggregati" dei parametri geotecnici devono essere ricavati, mediante un approccio statistico, i valori "caratteristici".

Come recita l'Eurocodice 7, "...il valore caratteristico di un parametro di un terreno o di una roccia dovrebbe essere scelto in base ad una valutazione cautelativa del parametro che influenza l'insorgere dello stato limite..."; a tal fine sono previsti due approcci:

- quando lo stato limite è controllato dal valore medio di un dato parametro del terreno (cioè, quando esso coinvolge grandi volumi di terreno e può verificarsi una redistribuzione dei carichi) il valore caratteristico dovrebbe essere scelto come stima precauzionale del valore medio;
- quando invece lo stato limite interessa piccoli volumi di terreno e/o non sono disponibili molti risultati sperimentali e/o la dispersione dei valori è elevata, allora è più corretto eseguire una stima precauzionale del valore più basso locale.

Considerati i lavori da realizzare, il quadro geologico locale, la quantità e la qualità dei dati, è stato scelto il secondo approccio.

Avendo a disposizione un relativamente modesto numero di prove, l'equazione usata per il trattamento statistico dei dati è quella suggerita da H.R. Schneider, P. Fitze – (2011):

	 <small>E.ON Technologies GmbH</small>	 <small>URS Italia S.p.A.</small>	Pagina 43 di 85				
			Area Code	Comp. Code	System Code	Disc. Code	Doc.-Type
Project Title:	Trans Adriatic Pipeline – TAP		IPL00-URS-000-Q-TRG-0002 Rev.: 01				
Document Title:	Studio geotecnico e geofisico nell'area del Microtunnel						

$$x_k = x_{mean} - 1,645 \sqrt{\frac{\sigma}{n}}$$

dove:

x_{mean} è la media aritmetica;

σ è la deviazione standard;

n è il numero di campioni.

Usando la suddetta equazione, sono stati ottenuti I valori caratteristici riportati nelle Tabelle 6-7, 6-8 e 6-9.

Tabella 6-9: valori caratteristici per i parametri ricavati dalla correlazione con N_{spt} per l'unità b1

N _{spt,k}	(N ₁) _{60,k}	φ _k	D _{R,k}	Ed _{,k}	G _k	E _{ed,k}
28.29	21.76	29,52	56.87	16.44	111.11	14.85

Tabella 6-10: valori caratteristici per i parametri ricavati dalle prove di laboratorio per l'unità b1

γ _{nk} (KN/m ³)	γ _{dk} (KN/m ³)	W _k (%)	G _k (-)	n _k (%)	e _k (-)	S _k (%)	φ _k (°)	C _k (Kpa)	k _k (m/sec)
18.79	14.98	27.41	2.66	51.25	1.05	95.75	34.98	14.54	1.02E-05

Tabella 6-11: valori caratteristici per i parametri ricavati dalle prove di laboratorio per l'unità b2

γ _{nk} (KN/m ³)	Point Load	Resistenza a trazione	UCS (Mpa)
17.69	1.43	3.06	17.21

6.4 Azioni sismiche di progetto

Il nuovo codice italiano delle costruzioni NTC (Norme Tecniche NTC 2008) affronta diversi argomenti, inclusa la progettazione di nuove costruzioni civili e industriali, ponti e strutture geotecniche e le modificazioni di strutture esistenti.

Esso innanzitutto introduce il periodo di riferimento V_R per le azioni sismiche, che è dato dal prodotto della vita nominale della costruzione V_N e del suo coefficiente d'uso C_U . V_N è il numero di anni durante i quali un edificio, soggetto a regolare manutenzione, dovrebbe essere usato per lo scopo per cui è stato progettato. La norma indica $V_N = 10$ anni per opere provvisorie, $V_N \geq 50$ anni per opere ordinarie e $V_N \geq 100$ anni per grandi opere o di importanza strategica.

Il coefficiente d'uso è collegato direttamente alla classe d'uso della costruzione, che va da Classe I (rara presenza di persone, edifici agricoli, $C_U = 0.7$) a Classe II (normale presenza di persone, $C_U = 1.0$) fino a Classe IV (costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti anche con riferimento alla gestione della protezione civile, $C_U = 2.0$).

  	Pagina 44 di 85				
	Area Code	Comp. Code	System Code	Disc. Code	Doc.-Type
Project Title:	Trans Adriatic Pipeline – TAP				
Document Title:	Studio geotecnico e geofisico nell'area del Microtunnel				
					IPL00-URS-000-Q-TRG-0002 Rev.: 01

Sono stabiliti nella norma due stati limite di esercizio (SLO = Stato Limite di Operatività, SLD = Stato Limite di Danno (SLD) e due stati limite ultimi (SLU = Stato Limite di Salvaguardia della Vita, SLC = Stato Limite di prevenzione del collasso (SLC).

Secondo la norma, la probabilità di superamento dell'azione sismica durante il periodo di riferimento varia con lo stato limite.

Tabella 6-12: variazione della probabilità di superamento del moto sismico per diversi stati limite

Stato limite		Probabilità P di superamento nel periodo di riferimento V_R
Stati limite di servizio	Stato limite di operatività (SLO)	81%
	Stato limite di danno (SLD)	63%
Stati limite ultimi	Stato limite di salvaguardia della vita (SLV)	10%
	Stato limite di prevenzione del collasso (SLC)	5%

Questo modo di definire il periodo di ritorno di un terremoto è associato ad un sistema recentemente diventato disponibile in Italia, che permette la visualizzazione e l'interrogazione di mappe probabilistiche di pericolosità sismica del territorio nazionale utilizzando diversi parametri di scuotimento su una griglia regolare con una spaziatura 0,05 ° (Meletti e Montaldo, 2007).

In sintesi, vi è ora uno strumento in Italia, all'interno delle NTC, che permette la determinazione dell'accelerazione di picco al suolo (peak ground acceleration, PGA) e lo spettro di progetto per i terremoti con diversi periodi di ritorno in ogni punto del territorio.

6.4.1 Categorie di Sottosuolo

L'ambiente professionale dell'Ingegneria Sismica è ben consapevole del fatto che le condizioni locali del suolo possono modificare notevolmente le caratteristiche del moto sismico tipiche del substrato roccioso affiorante.

Nelle NTC gli effetti di sito vengono introdotti attraverso la determinazione del tipo di terreno, che influenza la categoria di sottosuolo, e la forma dello spettro di risposta di progetto.

In particolare, viene introdotta la velocità equivalente delle onde di taglio V_{s30} e sono definiti un numero di colpi SPT equivalente N_{SPT30} e una coesione equivalente C_{u30} . Le NTC raccomandano fortemente la misura delle V_{s30} per la definizione delle categorie di suolo e solo quando ciò non sia possibile l'uso di N_{SPT30} o C_{u30} .

Una definizione più chiara della profondità del terreno per cui questi parametri equivalenti possono essere valutati è data in base al tipo di costruzione. La profondità deve essere calcolata dalla profondità del piano di posa per le fondazioni poco profonde; dalla testa del palo per fondazioni profonde; dalla testa del muro per pareti per muri di contenimento di terreni naturali e dalla profondità della fondazione per muri per costruzioni in terra.

Per quanto riguarda il tipo di terreno, si precisa che il deposito può essere classificato in una delle cinque categorie convenzionali (dalla classe A alla classe E) solo se si osserva un aumento regolare nei valori delle sue proprietà meccaniche con la profondità. In caso contrario, il sito deve essere classificato come S2 e sono richiesti studi speciali per la definizione dell'azione sismica.

	 <small>E.ON Technologies GmbH</small>	 <small>URS Italia S.p.A.</small>	Pagina 45 di 85					
			Area Code	Comp. Code	System Code	Disc. Code	Doc.-Type	Ser. No.
Project Title:	Trans Adriatic Pipeline – TAP		IPL00-URS-000-Q-TRG-0002 Rev.: 01					
Document Title:	Studio geotecnico e geofisico nell'area del Microtunnel							

Tabella 6-13: valori delle Vs30 per le principali categorie di suolo secondo le NTC 2008

Categoria di suolo		V _{s,30} (m/s)
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi	> 800
B	Rocce tenere , terreni a grana grossa molto addensati o a grana fina molto consistenti	360+800
C	Terreni a grana grossa mediamente addensati o a grana fina mediamente consistenti	180+360
D	Terreni a grana grossa scarsamente addensati o a grana fina scarsamente consistenti	< 180
E	Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento	Valori di V _s di tipo C o D e spessori variabili tra 5 e 20 m, seguiti da materiale più rigido con V _s > 800 m/s

Nel 2015 sono stati eseguiti un profilo MASW (MASW 3) vicino al sondaggio Piezo 2 e due Down hole, DH-1 e DH-2, rispettivamente nei sondaggi ST_BH4 e ST_BH5.

I risultati sono presentati nell'Allegato 6 e sono qui sintetizzati:

- Profilo 1 - *MASW 3*
Velocità media delle onde di taglio $V_{s,30} = 550$ m/s - classificazione del terreno secondo l'Eurocodice 8 = "B" ($360 \text{ m/s} < V_{s,30} < 800 \text{ m/s}$).
- DH-1
Velocità media delle onde di taglio $V_{s,30} = 425$ m/s - classificazione del terreno secondo l'Eurocodice 8 = "B" ($360 \text{ m/s} < V_{s,30} < 800 \text{ m/s}$).
- DH-2
Velocità media delle onde di taglio $V_{s,30} = 475$ m/s - classificazione del terreno secondo l'Eurocodice 8 = "B" ($360 \text{ m/s} < V_{s,30} < 800 \text{ m/s}$).

Project Title: **Trans Adriatic Pipeline – TAP**
 Document Title: **Studio geotecnico e geofisico nell'area del Microtunnel**

IPL00-URS-000-Q-TRG-0002
Rev.: 01

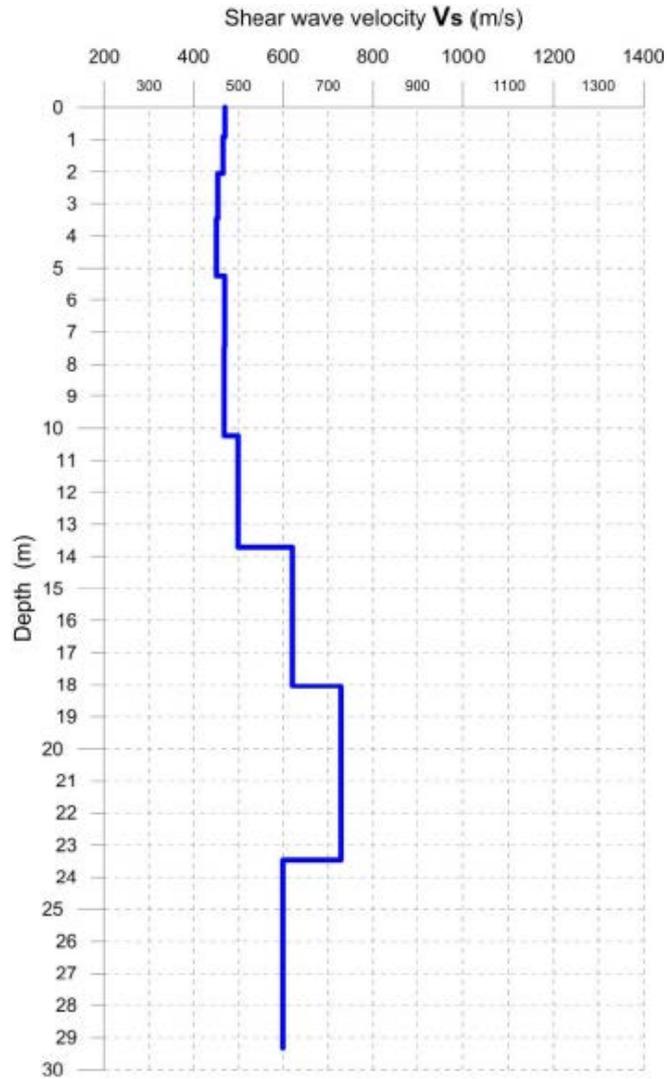
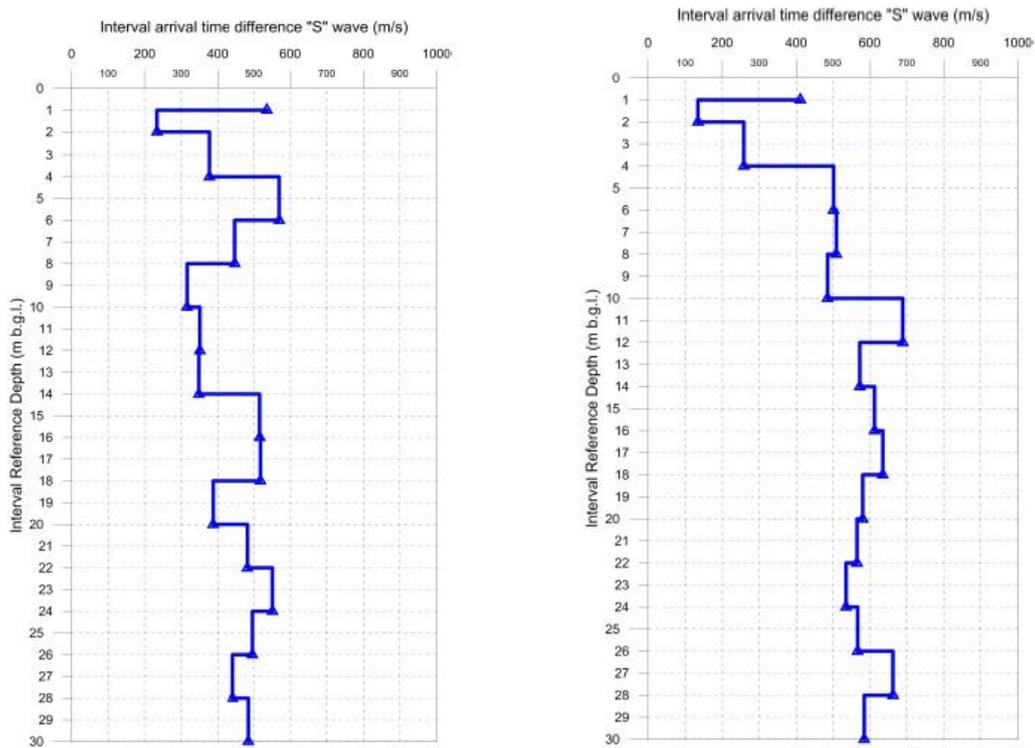


Figura 6-1: profilo MASW 3

Project Title: **Trans Adriatic Pipeline – TAP**

Document Title: **Studio geotecnico e geofisico nell'area del Microtunnel**

**IPL00-URS-000-Q-TRG-0002
Rev.: 01**



"S" wave velocity chart

"S" wave velocity chart

Figura 6-2: profili DH-1 e DH2

La caratterizzazione sismica finale qui proposta prevede l'impiego della categoria di sottosuolo B per il Microtunnel.

6.4.2 Identificazione della pericolosità del sito

In conformità con le NTC, sono definite le forme spettrali, per ciascuna delle probabilità di superamento nel period di riferimento V_R , dai valori dei seguenti parametri di riferimento:

- a_g : accelerazione massima orizzontale al sito;
- F_0 : valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- T^*_c periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Il Comune di Melendugno è ubicato in zona sismica 4 (secondo il DGR n. 153/2004, consideriamo la zone 3 per le strutture strategiche), con i parametri sismici per i periodi di ritorno di riferimento T_r riportati nella seguente tabella:

Project Title: **Trans Adriatic Pipeline – TAP**
 Document Title: **Studio geotecnico e geofisico nell'area del Microtunnel**

IPL00-URS-000-Q-TRG-0002
Rev.: 01

Tabella 6-14: valori dei parametri a_g , F_o , T_c per i periodi di ritorno di riferimento

T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_c^* [s]
30	0,013	2,458	0,152
50	0,017	2,436	0,163
72	0,021	2,441	0,213
101	0,026	2,362	0,249
140	0,030	2,355	0,291
201	0,035	2,420	0,328
475	0,052	2,462	0,406
975	0,072	2,505	0,464
2475	0,102	2,627	0,540

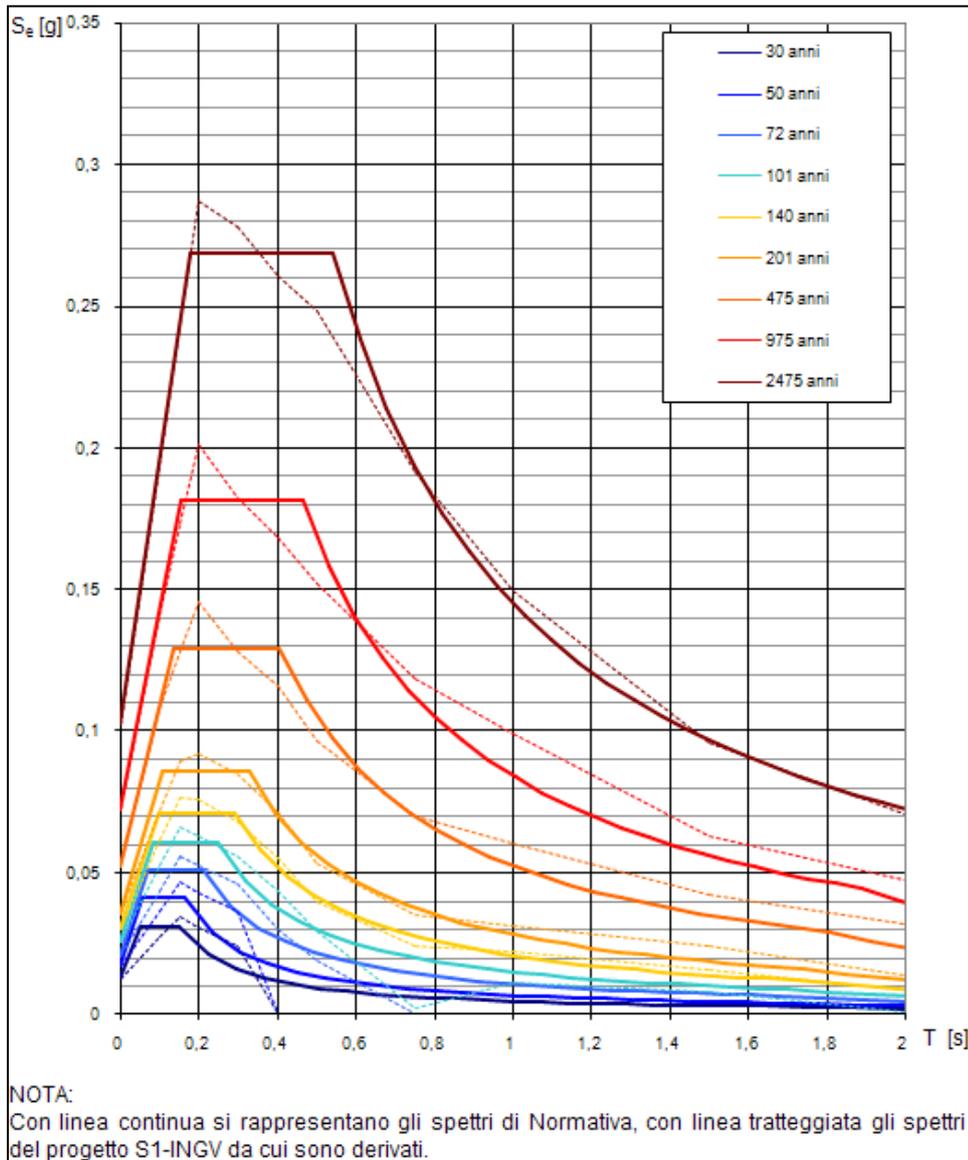


Figura 6-3: forme spettrali per i periodi di riferimento di ritorno (NCT – linea continua / calcolato dal Progetto S1-INGV– linea tratteggiata)

6.4.3 Scelta della strategia di progetto

In conformità con le NTC, la strategia di progetto in questo caso considera una vita nominale degli edifici nel PRT equivalente a 100 anni ed un coefficiente d'uso C_U pari a 2.

Di seguito i valori progettuali di ingresso:

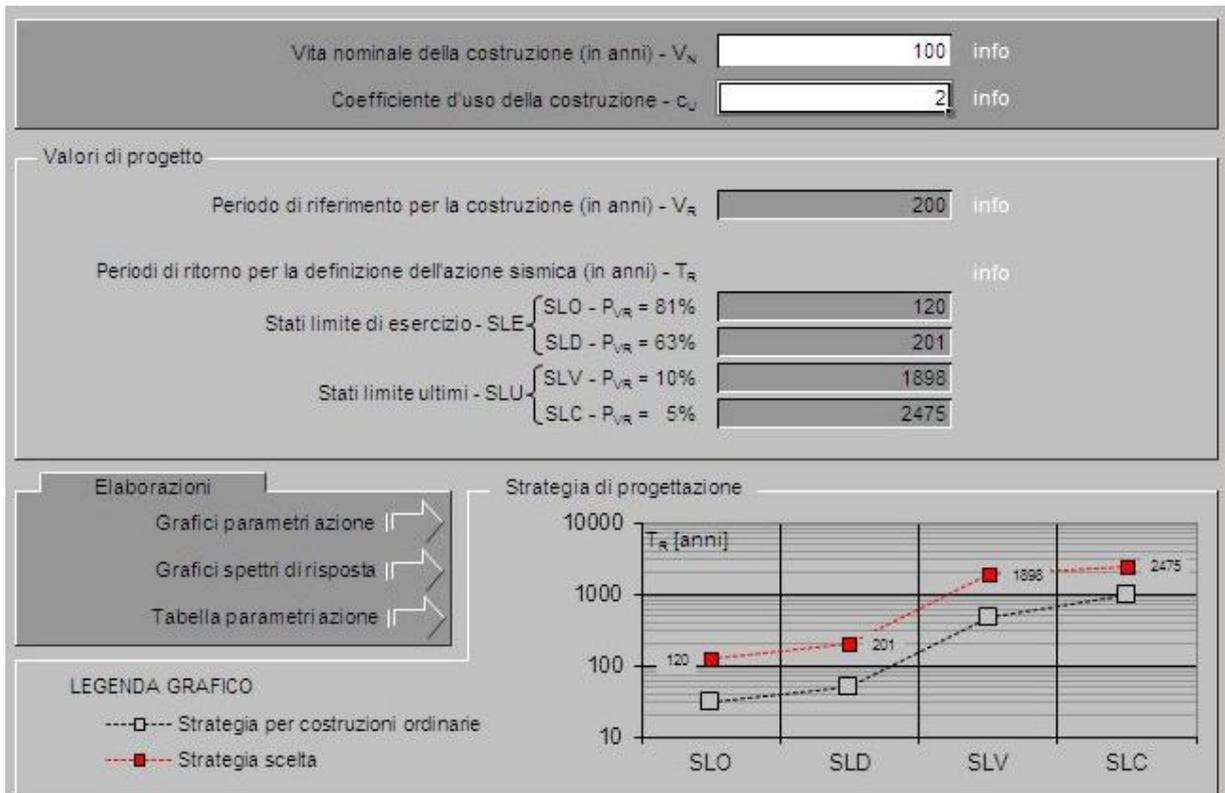


Figura 6-4: valori di ingresso dei parametri di progetto (spettri NTC. Ver. 1.0.3 – Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici)

in Tabella 6-14 sono rappresentati i parametri a_g , F_o , T_c per i quattro stati limite, considerando una vita nominale delle costruzioni PRT equivalente a 100 anni ed un coefficiente d'uso pari a 2.

Tabella 6-15: parametri a_g , F_o , T_c^* per i quattro stati limite, considerando una vita nominale delle costruzioni PRT equivalente a 100 anni ed un coefficiente d'uso pari a 2.

SLATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_c^* [s]
SLO	120	0,028	2,358	0,271
SLD	201	0,035	2,420	0,328
SLV	1898	0,093	2,592	0,517
SLC	2475	0,102	2,627	0,540

Project Title: **Trans Adriatic Pipeline – TAP**

Document Title: **Studio geotecnico e geofisico nell'area del Microtunnel**

IPL00-URS-000-Q-TRG-0002
Rev.: 01

Spettri di risposta elastici per i diversi Stati Limite

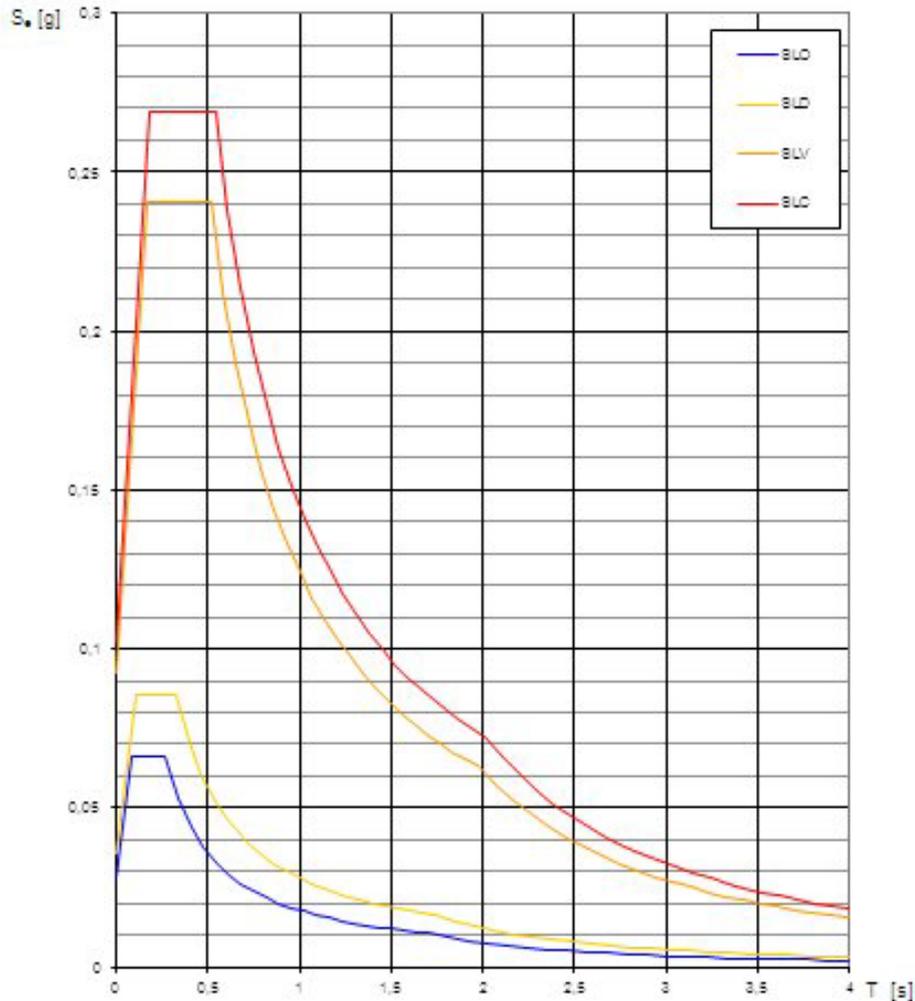


Figura 6-5: spettri di risposta per differenti stati limite

6.4.4 Determinazione dell'azione sismica di progetto

L'azione sismica di progetto è basata sull'identificazione delle categorie di sottosuolo e sulla topografia del sito.

Consideriamo una categoria di sottosuolo = B ed una categoria topografica = T1 (superficie pianeggiante).

Segue una figura con i parametri di ingresso considerati:

Project Title: **Trans Adriatic Pipeline – TAP**
 Document Title: **Studio geotecnico e geofisico nell'area del Microtunnel**

IPL00-URS-000-Q-TRG-0002
Rev.: 01

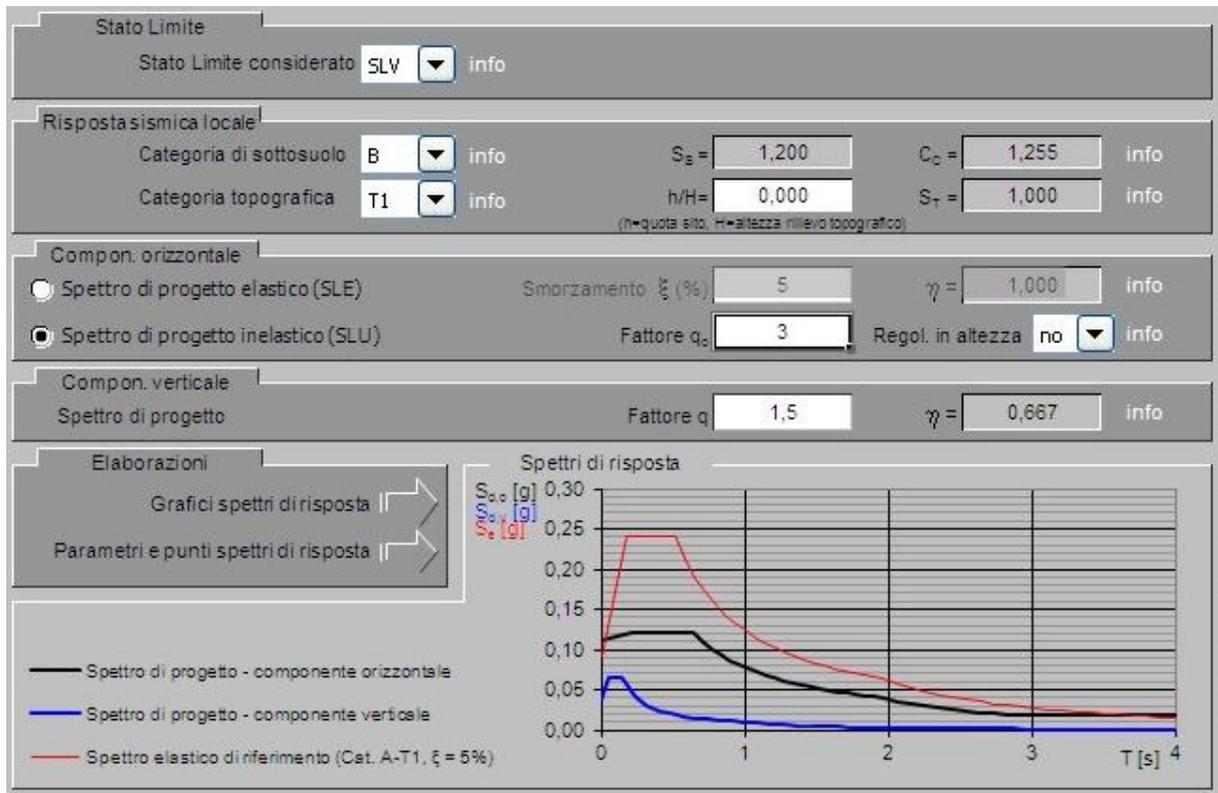


Figura 6-6: valori di ingresso per la determinazione dell'azione sismica di progetto (spettri NTC, Ver. 1.0.3 – Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici)

Project Title: **Trans Adriatic Pipeline – TAP**
 Document Title: **Studio geotecnico e geofisico nell'area del Microtunnel**

IPL00-URS-000-Q-TRG-0002
Rev.: 01

Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato lim SLV

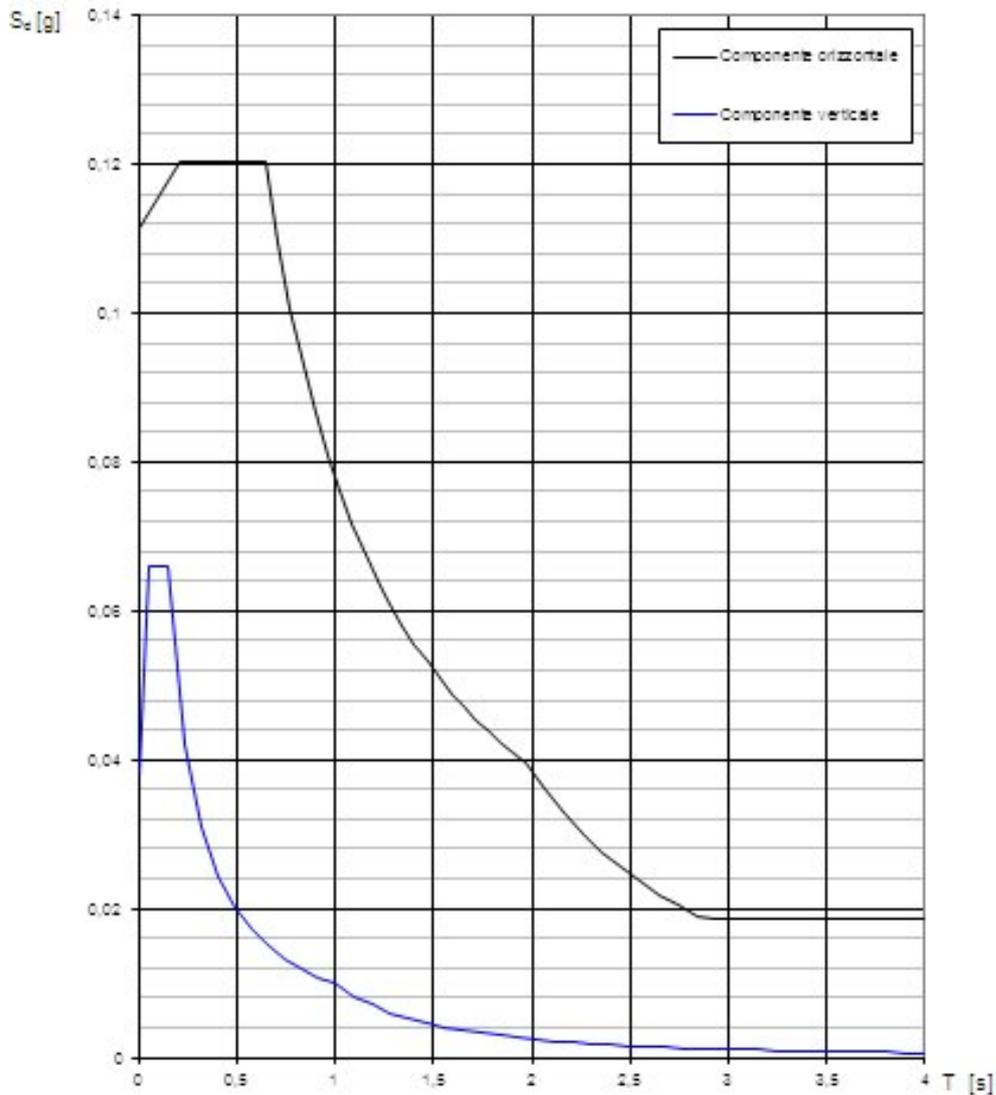


Figura 6-7: spettri di risposta delle componenti orizzontale e verticale dello SLV

Project Title: **Trans Adriatic Pipeline – TAP**
 Document Title: **Studio geotecnico e geofisico nell'area del Microtunnel**

IPL00-URS-000-Q-TRG-0002
Rev.: 01

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
a_g	0,093 g
F_c	2,592
T_c	0,517 s
S_B	1,200
C_C	1,255
S_T	1,000
q	2,400

Parametri dipendenti

S	1,200
η	0,417
T_B	0,216 s
T_C	0,649 s
T_D	1,971 s

Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_g \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = \sqrt{10/(5+\xi)} \geq 0,55; \eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.6; §. 3.2.3.5})$$

$$T_B = T_C / 3 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.8})$$

$$T_C = C_C \cdot T_c^2 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.7})$$

$$T_D = 4,0 \cdot a_g / g + 1,6 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.9})$$

Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.4)

$$0 \leq T < T_B \quad S_g(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_o} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_g(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_g(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_g(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left(\frac{T_C T_D}{T^2} \right)$$

Lo spettro di progetto $S_d(T)$ per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico $S_g(T)$ sostituendo η con $1/q$, dove q è il fattore di struttura. (NTC-08 § 3.2.3.5)

Punti dello spettro di risposta

	T [s]	Se [g]
	0,000	0,111
$T_B \leftarrow$	0,216	0,120
$T_C \leftarrow$	0,649	0,120
	0,712	0,110
	0,775	0,101
	0,838	0,093
	0,901	0,087
	0,964	0,081
	1,027	0,076
	1,090	0,072
	1,153	0,068
	1,216	0,064
	1,279	0,061
	1,341	0,058
	1,404	0,056
	1,467	0,053
	1,530	0,051
	1,593	0,049
	1,656	0,047
	1,719	0,045
	1,782	0,044
	1,845	0,042
	1,908	0,041
$T_D \leftarrow$	1,971	0,040
	2,068	0,036
	2,164	0,033
	2,261	0,030
	2,358	0,028
	2,454	0,026
	2,551	0,024
	2,647	0,022
	2,744	0,020
	2,841	0,019
	2,937	0,019
	3,034	0,019
	3,130	0,019
	3,227	0,019
	3,324	0,019
	3,420	0,019
	3,517	0,019
	3,614	0,019
	3,710	0,019
	3,807	0,019
	3,903	0,019
	4,000	0,019

Figura 6-8: parametri e punti dello spettro di risposta della componente orizzontale dello SLV

Project Title: **Trans Adriatic Pipeline – TAP**

 Document Title: **Studio geotecnico e geofisico nell'area del Microtunnel**
IPL00-URS-000-Q-TRG-0002
Rev.: 01
Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
a_{gv}	0,038 g
S_B	1,000
S_T	1,000
q	1,500
T_B	0,050 s
T_C	0,150 s
T_D	1,000 s

Parametri dipendenti

F_v	1,066
S	1,000
η	0,667

Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_g \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 §. 3.2.3.5})$$

$$F_v = 1,35 \cdot F_o \cdot \left(\frac{a_g}{g} \right)^{0,5} \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.11})$$

Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.10)

$$0 \leq T < T_B \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_o} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left(\frac{T_C \cdot T_D}{T^2} \right)$$

Punti dello spettro di risposta

	T [s]	Se [g]
	0,000	0,038
$T_B \leftarrow$	0,050	0,066
$T_C \leftarrow$	0,150	0,066
	0,235	0,042
	0,320	0,031
	0,405	0,024
	0,490	0,020
	0,575	0,017
	0,660	0,015
	0,745	0,013
	0,830	0,012
	0,915	0,011
$T_D \leftarrow$	1,000	0,010
	1,094	0,008
	1,188	0,007
	1,281	0,006
	1,375	0,005
	1,469	0,005
	1,563	0,004
	1,656	0,004
	1,750	0,003
	1,844	0,003
	1,938	0,003
	2,031	0,002
	2,125	0,002
	2,219	0,002
	2,313	0,002
	2,406	0,002
	2,500	0,002
	2,594	0,001
	2,688	0,001
	2,781	0,001
	2,875	0,001
	2,969	0,001
	3,063	0,001
	3,156	0,001
	3,250	0,001
	3,344	0,001
	3,438	0,001
	3,531	0,001
	3,625	0,001
	3,719	0,001
	3,813	0,001
	3,906	0,001
	4,000	0,001

Figura 6-9: parametri e punti dello spettro di risposta della componente verticale dello SLV

  	Pagina 55 di 85				
	Area Code	Comp. Code	System Code	Disc. Code	Doc.-Type
Project Title:	Trans Adriatic Pipeline – TAP				
Document Title:	Studio geotecnico e geofisico nell'area del Microtunnel				
					IPL00-URS-000-Q-TRG-0002 Rev.: 01

7 VERIFICHE GEOTECNICHE AGLI STATI LIMITE

Il presente capitolo descrive l'approccio delle verifiche geotecniche seguendo le Norme Tecniche per le Costruzioni D.M. 14/01/2008 – nel seguito NTC2008.

7.1 Riferimenti Normativi

Leggi e decreti:

- D.M. 14/01/2008 – “Norme tecniche per le costruzioni”
Technical Rules for Construction Minister Decree (hereinafter NTC2008);
- Circ. Min. n. 617 Febbraio 2009 – “Istruzioni per l'applicazione delle Nuove norme tecniche per le costruzioni di cui al D.M. 14/01/2008”, indicata con Circ. NTC2008
Circ. Min. n. 617 February2009 “Instructions for application of NTC2008”.

Norme Europee:

- Eurocodice 7 – “Progettazione geotecnica – Parte 1 – regole generali” nella versione in lingua italiana, pubblicata a cura dell'UNI (UNI ENV 1997-1, ratificata in data Ottobre 1994)
EN 1997-1 (2004) (English): Eurocode 7: Geotechnical design - Part 1: General rules [Authority: The European Union Per Regulation 305/2011, Directive 98/34/EC, Directive 2004/18/EC]”
- Eurocodice 8 – “Progettazione delle strutture per la resistenza sismica” - Parte 1: Regole generali, azioni sismiche e regole per gli edifici.
EN 1998-1 (2004) (English): Eurocode 8: Design of structures for earthquake resistance – Part 1: General rules, seismic actions and rules for buildings [Authority: The European Union Per Regulation 305/2011, Directive 98/34/EC, Directive 2004/18/EC

7.2 Stato Limite Ultimo (SLU)

Le verifiche di sicurezza relative agli stati limite ultimi (SLU) prevedono che sia rispettata, per ogni stato limite ultimo, la seguente condizione:

$$E_d \leq R_d$$

dove E_d è il valore di progetto dell'azione o dell'effetto dell'azione:

$$E_d = E \left[\gamma_F F_k; \frac{X_k}{\gamma_M}; a_d \right] \quad \text{ovvero} \quad E_d = \gamma_E \cdot E \left[F_k; \frac{X_k}{\gamma_M}; a_d \right]$$

con $\gamma_E = \gamma_F$.

Mentre R_d è il valore di progetto della resistenza del sistema geotecnico:

$$R_d = \frac{1}{\gamma_R} R \left[\gamma_F F_k; \frac{X_k}{\gamma_M}; a_d \right]$$

L'effetto delle azioni e resistenza sono espresse in funzione delle azioni di progetto $\gamma_F F_k$, dei parametri di progetto X_k/γ_M e della geometria di progetto a_d . L'effetto delle azioni può anche essere valutato direttamente come $E_d = E_k \cdot \gamma_E$. Nella formulazione della resistenza R_d , compare

	 <small>E.ON Technologies GmbH</small>	 <small>URS Italia S.p.A.</small>	Pagina 56 di 85					
			Area Code	Comp. Code	System Code	Disc. Code	Doc.-Type	Ser. No.
Project Title:	Trans Adriatic Pipeline – TAP		IPL00-URS-000-Q-TRG-0002 Rev.: 01					
Document Title:	Studio geotecnico e geofisico nell'area del Microtunnel							

esplicitamente un coefficiente γ_R che opera direttamente sulla resistenza del sistema.

La verifica della suddetta condizione deve essere effettuata impiegando diverse combinazioni di gruppi di coefficienti parziali, rispettivamente definiti per le azioni (A1 e A2), per i parametri geotecnici (M1 e M2) e per le resistenze (R1, R2 e R3).

I diversi gruppi di coefficienti di sicurezza parziali sono scelti nell'ambito di due approcci progettuali distinti e alternativi.

Nel primo approccio progettuale (Approccio 1) sono previste due diverse combinazioni di gruppi di coefficienti: la prima combinazione è generalmente più severa nei confronti del dimensionamento strutturale delle opere a contatto con il terreno, mentre la seconda combinazione è generalmente più severa nei riguardi del dimensionamento geotecnico.

Nel secondo approccio progettuale (Approccio 2) è prevista un'unica combinazione di gruppi di coefficienti, da adottare sia nelle verifiche strutturali sia nelle verifiche geotecniche.

Gli stati limite ultimi da considerare sono i seguenti:

EQU – perdita di equilibrio della struttura, del terreno o dell'insieme terreno-struttura, considerati come corpi rigidi;

STR – raggiungimento della resistenza degli elementi strutturali, compresi gli elementi di fondazione;

GEO – raggiungimento della resistenza del terreno interagente con la struttura con sviluppo di meccanismi di collasso dell'insieme terreno-struttura;

UPL – perdita di equilibrio della struttura o del terreno, dovuta alla sottospinta dell'acqua (galleggiamento);

HYD – erosione e sifonamento del terreno dovuta a gradienti idraulici.

Project Title: **Trans Adriatic Pipeline – TAP**

Document Title: **Studio geotecnico e geofisico nell'area del Microtunnel**

IPL00-URS-000-Q-TRG-0002
Rev.: 01

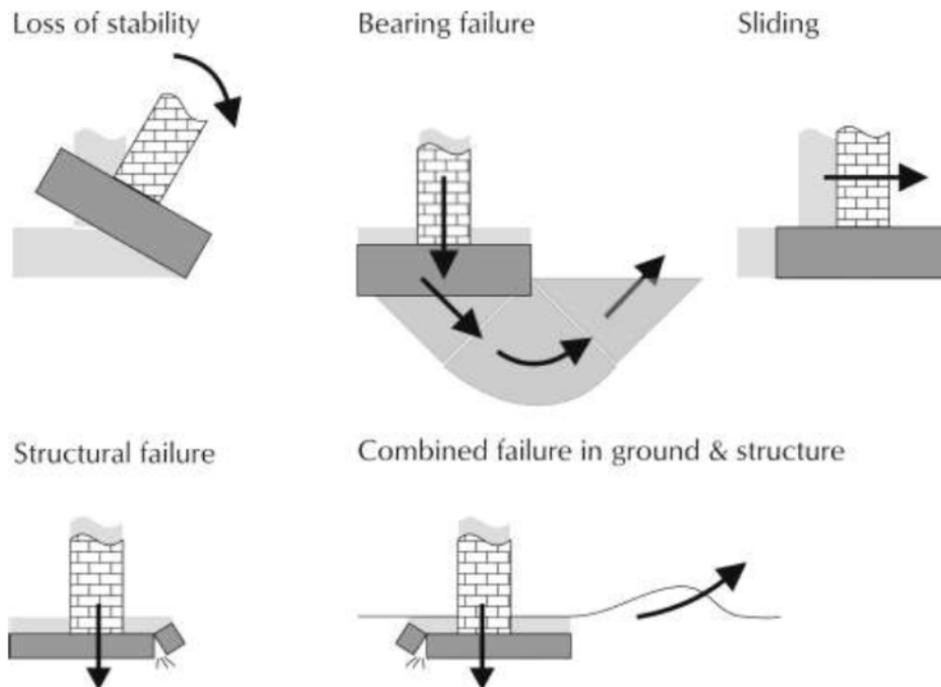


Figure 7-1: Schemi di rottura (from Bond & Harris, 2008)

Nel presente studio è stato analizzato lo stato limite di tipo GEO, secondo il più conservativo dei due approcci:

Approccio 1: Combinazione 2: (A2+M2+R2)

Approccio 2: (A1+M1+R3).

Le tabelle seguenti contengono i coefficienti applicati nelle verifiche:

Tabella 7-1 – Coefficienti parziali sulle azioni (Tabella 6.2.I di NTC2008)

CARICHI	EFFETTO	Coefficiente Parziale γ (o γ_{ϕ})	EQU	(A1) STR	(A2) GEO
Permanenti	Favorevole	γ_{01}	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevole		1,1	1,3	1,0
Permanenti non strutturali ⁽¹⁾	Favorevole	γ_{02}	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3
Variabili	Favorevole	γ_{03}	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3

(1) Nel caso in cui i carichi permanenti non strutturali (ad es. i carichi permanenti portati) siano compiutamente definiti, si potranno adottare gli stessi coefficienti validi per le azioni permanenti.

Project Title: **Trans Adriatic Pipeline – TAP**

 Document Title: **Studio geotecnico e geofisico nell'area del Microtunnel**
**IPL00-URS-000-Q-TRG-0002
Rev.: 01**
Tabella 7-2 – Coefficienti parziali sui parametric geotecnici (Tabella 6.2.II di NTC2008)

PARAMETRO	GRANDEZZA ALLA QUALE APPLICARE IL COEFFICIENTE PARZIALE	COEFFICIENTE PARZIALE γ_M	(M1)	(M2)
<i>Tangente dell'angolo di resistenza al taglio</i>	$\tan \phi'_k$	γ_ϕ	1,0	1,25
<i>Coesione efficace</i>	c'_k	γ_c	1,0	1,25
<i>Resistenza non drenata</i>	c_{uk}	γ_{cu}	1,0	1,4
<i>Peso dell'unità di volume</i>	γ	γ_γ	1,0	1,0

Tabella 7-3 – Coefficienti parziali per le verifiche SLU per fondazioni superficiali (Tabella 6.4.I di NTC2008)

VERIFICA	COEFFICIENTE PARZIALE (R1)	COEFFICIENTE PARZIALE (R2)	COEFFICIENTE PARZIALE (R3)
Capacità portante	$\gamma_R = 1,0$	$\gamma_R = 1,8$	$\gamma_R = 2,3$
Scorrimento	$\gamma_R = 1,0$	$\gamma_R = 1,1$	$\gamma_R = 1,1$

7.3 Carico limite per il collasso del terreno di fondazione

Per il calcolo del collasso per carico limite dell'insieme fondazione-terreno si procederà a valutare la capacità portante limite del terreno di fondazione (carico a rottura) facendo riferimento ai tradizionali metodi basati sulla teoria dell'equilibrio limite così come originariamente proposti da Brinch-Hansen (1970) per terreno omogeneo.

$$q_{lim} = \frac{1}{2} \gamma' \cdot B' \cdot N_\gamma \cdot s_\gamma \cdot d_\gamma \cdot i_\gamma \cdot b_\gamma \cdot g_\gamma + c' \cdot N_c \cdot s_c \cdot d_c \cdot i_c \cdot b_c \cdot g_c + q' \cdot N_q \cdot s_q \cdot d_q \cdot i_q \cdot b_q \cdot g_q$$

nella quale:

- q_{lim} = portata limite;
- γ' = peso di volume efficace;
- B' = lato minore della fondazione efficace equivalente;
- N_γ, N_c, N_q = fattori di capacità portante, dipendenti dall'angolo di resistenza al taglio ϕ' ;
- s_γ, s_c, s_q = fattori di forma;
- d_γ, d_c, d_q = fattori dipendenti dalla profondità del piano di posa;
- i_γ, i_c, i_q = fattori correttivi che tengono conto dell'inclinazione del carico;
- b_γ, b_c, b_q = fattori correttivi che tengono conto dell'inclinazione della base della fondazione;
- g_γ, g_c, g_q = fattori correttivi che tengono conto dell'inclinazione del piano campagna;

Project Title: **Trans Adriatic Pipeline – TAP**

Document Title: **Studio geotecnico e geofisico nell'area del Microtunnel**

**IPL00-URS-000-Q-TRG-0002
Rev.: 01**

- q' = sovraccarico laterale alla base della fondazione.

Con ϕ' si definisce nel seguito l'angolo di attrito di "design" ϕ'_d ottenuto moltiplicando l'angolo di attrito caratteristico ϕ'_k per il rispettivo coefficiente parziale, M1 o M2, dei parametri geotecnici.

I fattori inseriti nella formula generale sono definiti dalle seguenti espressioni:

- fattori di capacità portante (Vesic, 1975)

$$N_\gamma = 2 \cdot (N_q + 1) \cdot \tan \phi'$$

$$N_q = e^{(\pi \cdot \tan \phi')} \cdot \left(\frac{\pi}{4} + \frac{\phi'}{2} \right)$$

$$N_c = (N_q - 1) \frac{1}{\tan \phi'}$$

- fattori di forma della fondazione (De Beer, 1967)

$$s_\gamma = 1 - 0.4 \frac{B'}{L}$$

$$s_q = 1 + \frac{B'}{L} \cdot \tan \phi'$$

$$s_c = 1 + \frac{B'}{L} \cdot \frac{N_q}{N_c}$$

con L' = lato maggiore della fondazione efficace equivalente

- fattori dipendenti dalla profondità del piano di posa (Brinch-Hansen, 1970)

$$d_\gamma = 1$$

$$d_q = 1 + 2 \cdot \frac{D}{B'} \cdot \tan \phi' \cdot (1 - \sin \phi')^2, \text{ per } D/B' \leq 1$$

$$d_q = 1 + 2 \cdot \tan \phi' \cdot (1 - \sin \phi')^2 \cdot \tan^{-1} \left(\frac{D}{B'} \right), \text{ per } D/B' \geq 1$$

$$d_c = d_q - \frac{1 - d_q}{N_c \cdot \tan \phi'}$$

con D = approfondimento del piano di posa al di sotto del piano campagna

- fattori dipendenti dall'inclinazione del carico (Vesic, 1975)

Project Title: **Trans Adriatic Pipeline – TAP**

Document Title: **Studio geotecnico e geofisico nell'area del Microtunnel**

**IPL00-URS-000-Q-TRG-0002
Rev.: 01**

$$i_{\gamma} = \left[1 - \frac{H}{N + B' \cdot L' \cdot c' \cdot \cot \phi'} \right]^{(m+1)}$$

$$i_q = \left[1 - \frac{H}{N + B' \cdot L' \cdot c' \cdot \cot \phi'} \right]^m$$

$$i_c = i_q - \frac{1 - i_q}{N_q - 1}$$

$$m_B = \frac{2 + B' / L'}{1 + B' / L'}$$

$$m_L = \frac{2 + L' / B'}{1 + L' / B'}$$

$$m = m_L \cdot \cos^2 \mathcal{G} + m_B \cdot \sin^2 \mathcal{G}$$

$$\mathcal{G} = \arctg\left(\frac{T_B}{T_L}\right)$$

con H = carico orizzontale

N = carico verticale

T_B = carico orizzontale in direzione B

T_L = carico orizzontale in direzione L

- fattori dipendenti dall'inclinazione del piano di posa della fondazione (Brinch-Hansen, 1970)

$$b_q = b_{\gamma} = (1 - \alpha \cdot \tan \phi')^2$$

$$b_c = b_q - \frac{1 - b_q}{N_c \cdot \tan \phi'}$$

con α = inclinazione del piano di posa;

- fattori dipendenti dall'inclinazione del piano campagna (Brinch-Hansen, 1970)

$$g_q = g_{\gamma} = (1 - \tan \omega)^2$$

$$g_c = g_q - \frac{1 - g_q}{N_c \cdot \tan \phi'}$$

con ω = inclinazione del piano campagna.

Le dimensioni della fondazione efficace equivalente B' e L', sono calcolate, in presenza di carichi

Project Title: **Trans Adriatic Pipeline – TAP**

Document Title: **Studio geotecnico e geofisico nell'area del Microtunnel**

IPL00-URS-000-Q-TRG-0002
Rev.: 01

eccentrici, con il criterio proposto da Meyerhof (**Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**) che prevede di riferire la capacità del terreno all'area "netta" $B' \times L'$:

$$B' = B - 2e_1$$

$$L' = L - 2e_2$$

dove:

L, B = dimensioni "reali" della fondazione;

e_1, e_2 = eccentricità del carico nelle direzioni considerate.

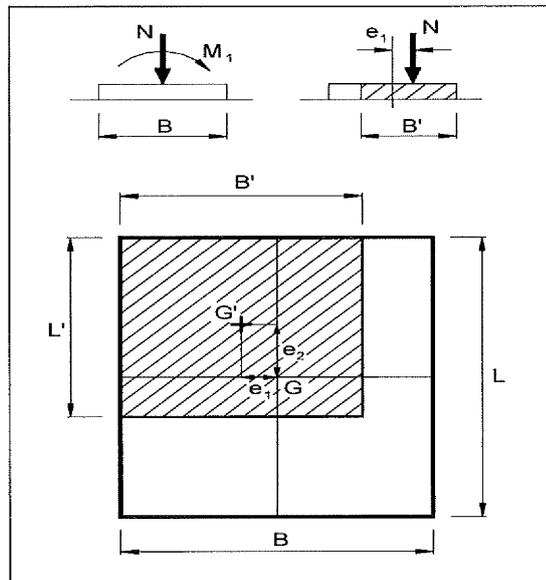


Figura 7-1: **Criterio di Meyerhof per il calcolo della fondazione reagente**

Per tener conto dell'influenza della falda sul terreno sottostante il piano di fondazione, si fa riferimento ad un peso di volume corretto (γ_c) secondo il seguente procedimento:

$$\gamma_c = \gamma_w (z_w / B) + (\gamma - \gamma_w) \text{ se } 0 \leq z_w \leq B$$

$$\gamma_c = \gamma \text{ se } z_w \geq B$$

dove:

z_w = distanza tra il piano d'imposta della fondazione e la falda.

Project Title: **Trans Adriatic Pipeline – TAP**

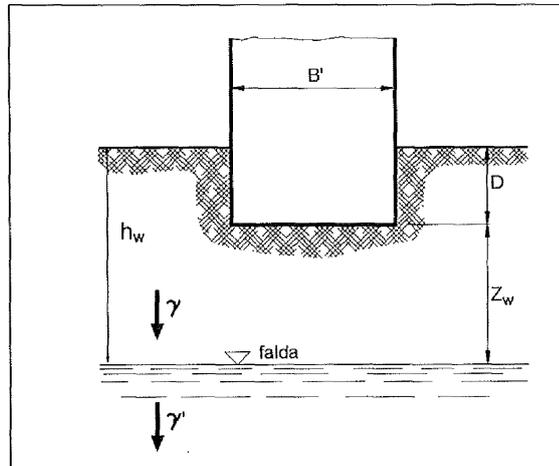
 Document Title: **Studio geotecnico e geofisico nell'area del Microtunnel**
**IPL00-URS-000-Q-TRG-0002
Rev.: 01**


Figura 7-2: Influenza della falda

7.4 Stato Limite di Esercizio (SLE)

Le NTC 2008 indicano che si devono calcolare i valori degli spostamenti e delle distorsioni per verificarne la compatibilità con i requisiti prestazionali della struttura in elevazione (§§ 2.2.2 e 2.6.2), nel rispetto della condizione (6.2.7):

$$E_d \leq C_d$$

dove E_d è il valore di progetto dell'effetto delle azioni e C_d è il prescritto valore limite dell'effetto delle azioni.

I cedimenti assumono in genere valori diversi sul piano di posa di un manufatto. E' quindi necessario valutare i cedimenti differenziali ossia la differenza dei cedimenti tra punti di una stessa fondazione, di fondazioni distinte con sovrastrutture comuni e di fondazioni distinte con sovrastrutture staticamente indipendenti.

Nel caso in esame, si procederà a valutare i cedimenti diretti di un plinto caricato con carico verticale, non si esaminerà il cedimento differenziale tra plinti e non si esamineranno i cedimenti mutui prodotti da plinti posizionati in vicinanza.

I valori delle proprietà meccaniche da adoperare nell'analisi sono quelli caratteristici e i coefficienti parziali sulle azioni e sui parametri di resistenza sono sempre unitari.

Il calcolo del cedimento diretto viene svolto con riferimento alla teoria elastica, mediante la correlazione prevista da Davis e Poulos (1974), che prevede il calcolo dello stato tensionale indotto nel terreno, supponendolo un semispazio elastico-lineare isotropo ed omogeneo, ed il calcolo del cedimento con riferimento ad un mezzo elastico lineare isotropo non omogeneo caratterizzato per ogni strato i -esimo dal modulo elastico (E_i) e dal coefficiente di Poisson (ν). In questo modo è possibile tener conto della stratigrafia del terreno.

Project Title: **Trans Adriatic Pipeline – TAP**

 Document Title: **Studio geotecnico e geofisico nell'area del Microtunnel**
**IPL00-URS-000-Q-TRG-0002
Rev.: 01**

Si procede quindi nel seguente modo:

1. si calcolano σ_x , σ_y e σ_z in funzione della profondità z con le seguenti espressioni:

$$\sigma_z = \frac{q}{2 \cdot \pi} \cdot \left[\arctan\left(\frac{L \cdot B}{z \cdot R_3}\right) + \frac{L \cdot B \cdot z}{R_3} \cdot \left(\frac{1}{R_1^2} + \frac{1}{R_2^2}\right) \right]$$

$$\sigma_x = \frac{q}{2 \cdot \pi} \cdot \left[\arctan\left(\frac{L \cdot B}{z \cdot R_3}\right) - \frac{L \cdot B \cdot z}{R_1^2 \cdot R_3} \right]$$

$$\sigma_y = \frac{q}{2 \cdot \pi} \cdot \left[\arctan\left(\frac{L \cdot B}{z \cdot R_3}\right) - \frac{L \cdot B \cdot z}{R_2^2 \cdot R_3} \right]$$

dove:

q = carico applicato alla fondazione;

B = lato minore della fondazione;

L = lato maggiore della fondazione;

$$R_1 = (L^2 + z^2)^{0,5}$$

$$R_2 = (B^2 + z^2)^{0,5}$$

$$R_3 = (L^2 + B^2 + z^2)^{0,5}$$

2. si determina la distribuzione della deformazione verticale lungo l'asse z considerando gli opportuni valori di E e ν per ogni strato con la seguente espressione:

$$\varepsilon_z = \frac{\sigma_z}{E_i} - \frac{\nu_i}{E_i} \cdot (\sigma_x + \sigma_y)$$

3. si calcolano i cedimenti integrando le deformazioni con la profondità:

$$\delta = \int_0^H \varepsilon_z \cdot dz$$

dove H è lo strato di terreno per cui bisogna calcolare i cedimenti che si ottiene alla profondità z in cui sono verificate entrambe le seguenti 2 espressioni:

$$H \geq 2 \cdot B$$

$$\sigma_z(H) \leq 0.15 \cdot \sigma_{z0}$$

con

$\sigma_z(H)$ = sovraccarico verticale dato dal carico applicato alla fondazione

	 <small>E.ON Technologies GmbH</small>	 <small>URS Italia S.p.A.</small>	Pagina 64 di 85					
			Area Code	Comp. Code	System Code	Disc. Code	Doc.-Type	Ser. No.
Project Title: Trans Adriatic Pipeline – TAP Document Title: Studio geotecnico e geofisico nell'area del Microtunnel			IPL00-URS-000-Q-TRG-0002 Rev.: 01					

σ_{z0} = stato di sforzo geostatico.

Project Title: **Trans Adriatic Pipeline – TAP**

Document Title: **Studio geotecnico e geofisico nell'area del Microtunnel**

IPL00-URS-000-Q-TRG-0002
Rev.: 01

8 VERIFICA DELLA CAPACITÀ PORTANTE

Le principali strutture del microtunnel di cui verificare la capacità portante sono le platee di cemento armato che saranno necessarie per il cantiere sia per il deposito degli anelli dei conci TBM sia per i silos vicini al pozzo di spinta.

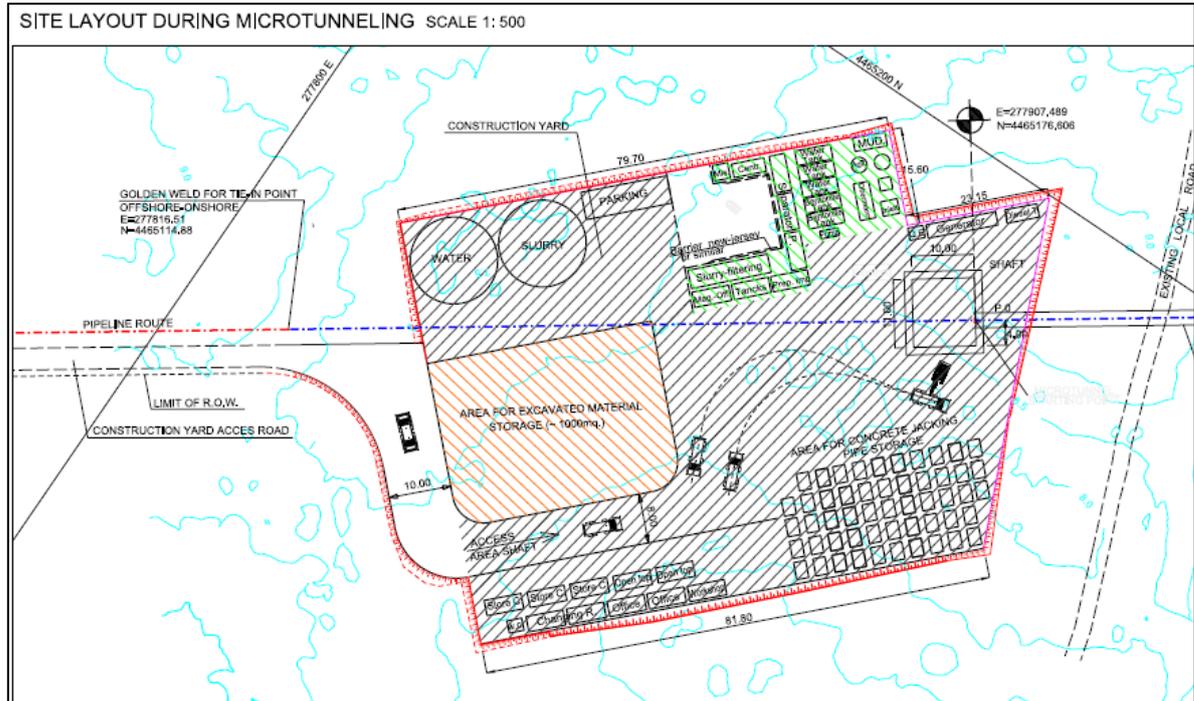


Figura 8-1: planimetria del cantiere del pozzo di spinta

La verifica della capacità portante è stata effettuata fornendo vari abachi che raccolgono le possibili configurazioni delle fondazioni.

Essendo al momento sconosciute le dimensioni della platea, sono state analizzate le seguenti geometrie:

- platea 4 x 4 m
- platea 4 x 8 m
- platea 4 x 12 m

La base della fondazione è stata assunta pari a -1.00 m da p.c. La superficie della falda è stata assunta pari a -4.00 m da p.c. come ricavato dal sondaggio ST_BH2.

La capacità portante (valore di progetto della resistenza) è stata calcolata usando i due approcci progettuali che applicano i coefficienti parziali sui parametri geotecnici e le resistenze come da NTC2008.

- Approccio 1: Combinazione 2: A2+M2+R2
- Approccio 2: A1+M1+R3

	 <small>E.ON Technologies GmbH</small>	 <small>URS Italia S.p.A.</small>	Pagina 66 di 85					
			Area Code	Comp. Code	System Code	Disc. Code	Doc.-Type	Ser. No.
Project Title:	Trans Adriatic Pipeline – TAP		IPL00-URS-000-Q-TRG-0002 Rev.: 01					
Document Title:	Studio geotecnico e geofisico nell'area del Microtunnel							

I risultati dei calcoli sono stati forniti mediante diagrammi/abachi in cui l'asse x rappresenta l'eccentricità in direzione di B e L e l'asse y il valore di progetto della resistenza Rd [kN].

Ciascun diagramma è valido per un singolo insieme di geometrie di fondazione (n. 3 insiemi) e per un singolo valore caratteristico dell'angolo d'attrito ϕ'_k . Si disegnano tre curve per i tre valori del rapporto N/H tra il carico verticale e quello orizzontale (N/H = 0%, 5%, 10%) lungo entrambe le direzioni B e L.

Dall'approccio statistico riportato in Tabella 6-7, che includeva i risultati relativi a tutti i sondaggi che interessano l'estensione del microtunnel, il valore caratteristico dell'angolo d'attrito è pari a 29.5.

Per lo specifico cantiere del pozzo di spinta è stata effettuata una valutazione locale che tiene conto della variazione dei parametri geotecnici con la profondità nel solo sondaggio ST_BH2.

I risultati delle prove SPT forniscono un intervallo di valori dell'angolo di attrito compresi tra 21.9 e 25.5 ° nell'intervallo di profondità tra 0 e 9 m dal p.c.; si suggerisce qui un valore conservativo dell'angolo di attrito efficace per le valutazioni della capacità portante pari a:

$$\phi'_k = 27^\circ,$$

che corrisponde all'angolo di attrito di progetto:

$$\phi'_d = 22,2^\circ.$$

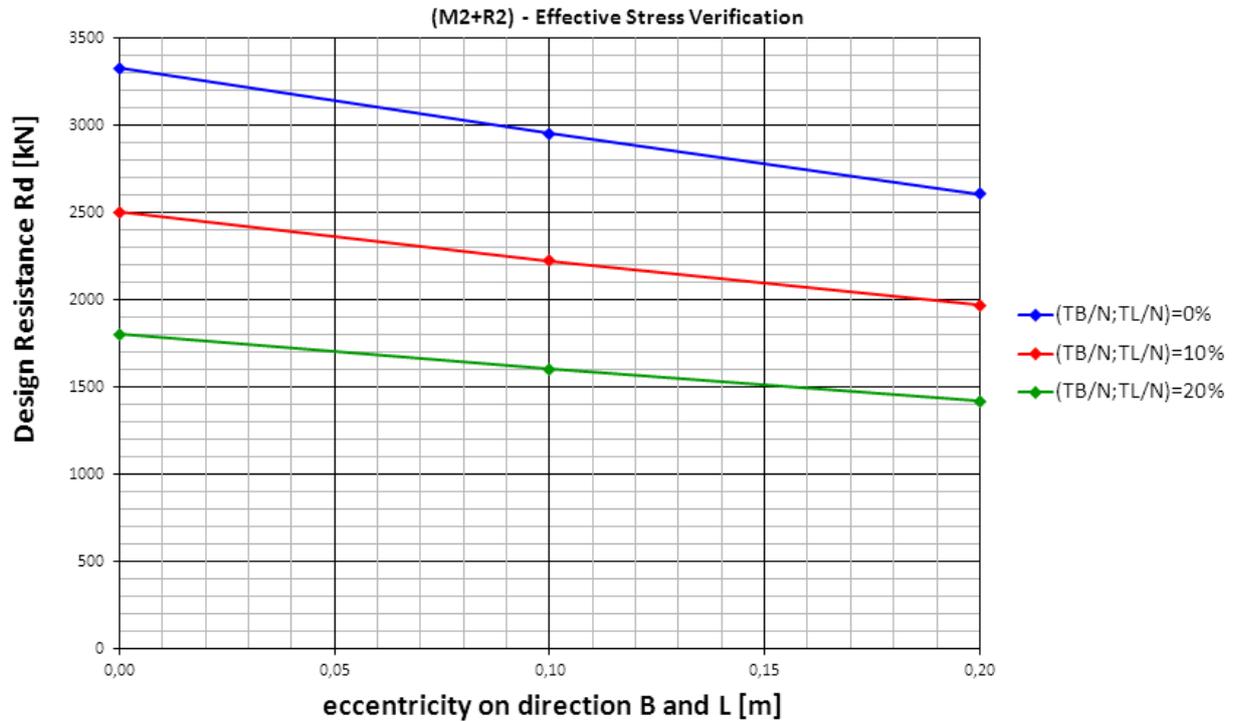
Il progettista strutturale può entrare con il carico applicato (moltiplicato per il relativo coefficiente) e con la reale geometria e quindi valutare quale di esse soddisfi i requisiti di carico o al contrario, fissata la geometria, determinare il carico ammissibile.

Project Title: **Trans Adriatic Pipeline – TAP**
 Document Title: **Studio geotecnico e geofisico nell'area del Microtunnel**

IPL00-URS-000-Q-TRG-0002
Rev.: 01

8.1 Fondazione a platea 4 x 4 m- Verifica M2+R2

Foundation Slab 4x4m - foundation depth 1m - lateral surcharge 1m - watertable -4 m
 characteristic friction angle 27° - design friction angle 22,2°

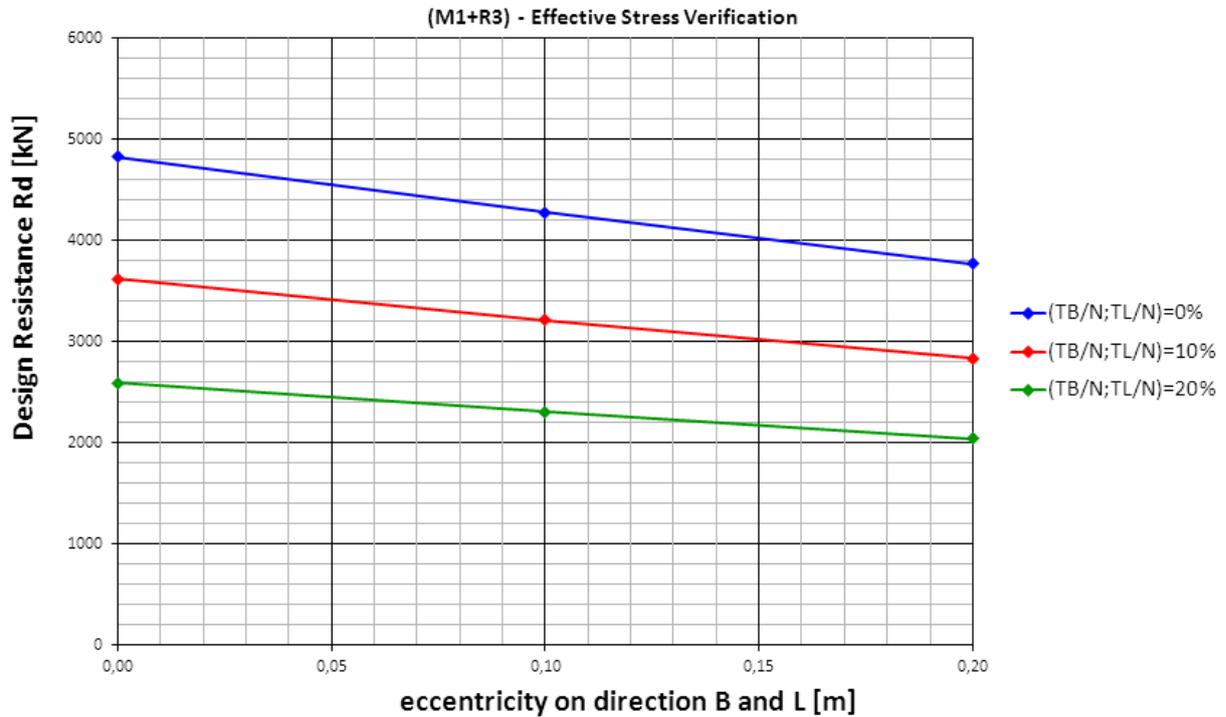


Project Title: **Trans Adriatic Pipeline – TAP**
 Document Title: **Studio geotecnico e geofisico nell'area del Microtunnel**

IPL00-URS-000-Q-TRG-0002
Rev.: 01

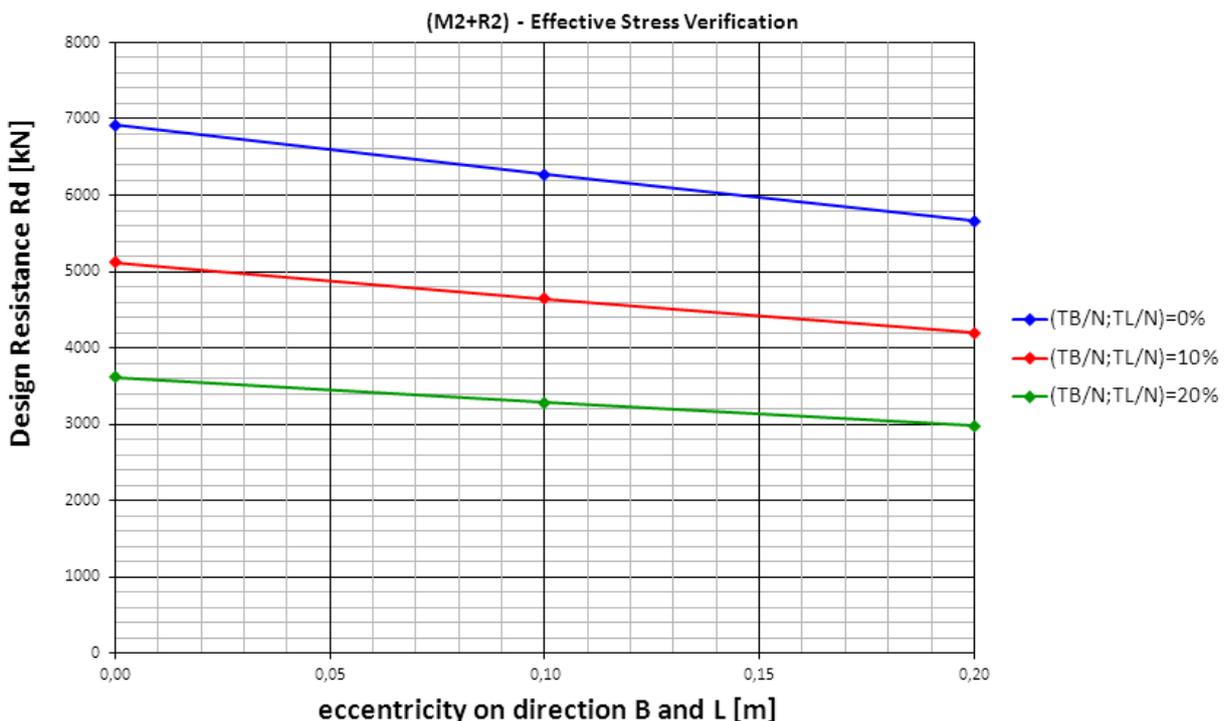
8.2 Fondazione a platea 4 x 4 m- Verifica M1+R3

Foundation Slab 4x4m - foundation depth 1m - lateral surcharge 1m - watertable -4 m
 characteristic friction angle 27° - design friction angle 27°



8.3 Fondazione a platea 4 x 8 m- Verifica M2+R2

Foundation Slab 4x8m - foundation depth 1m - lateral surcharge 1m - watertable -4 m
 characteristic friction angle 27° - design friction angle 22,2°

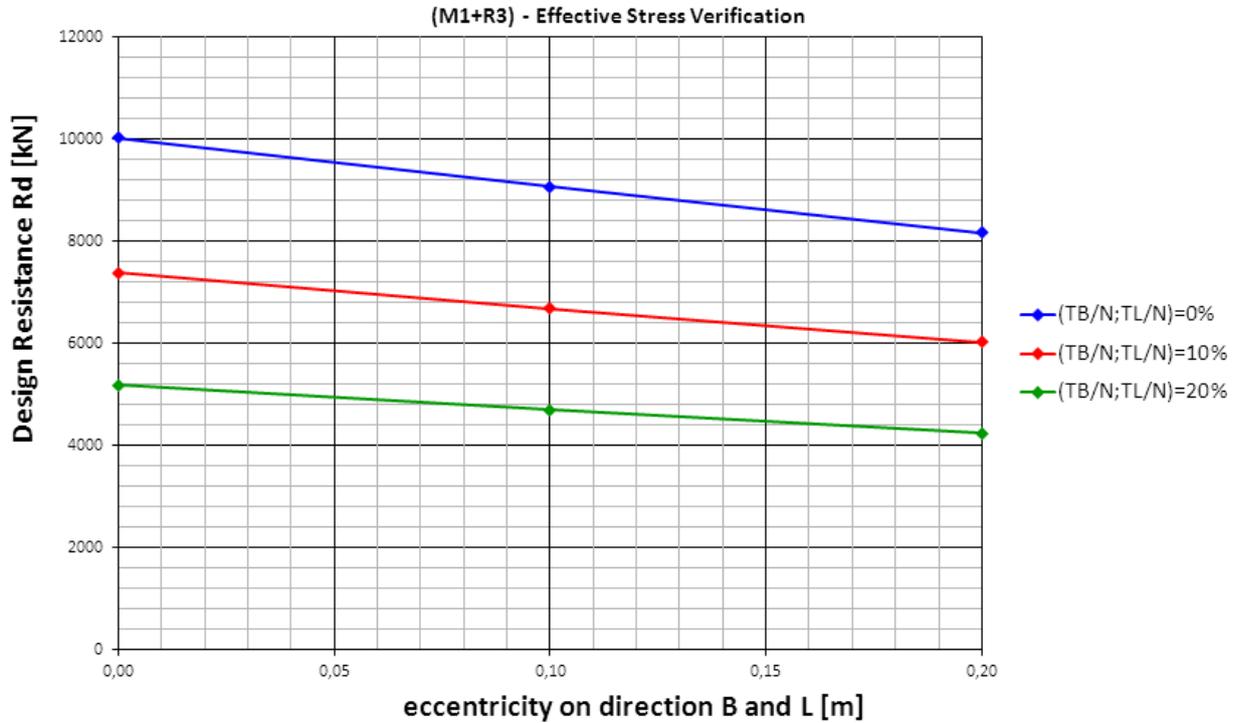


Project Title: **Trans Adriatic Pipeline – TAP**
 Document Title: **Studio geotecnico e geofisico nell'area del Microtunnel**

IPL00-URS-000-Q-TRG-0002
Rev.: 01

8.4 Fondazione a platea 4 x 8 m- Verifica M1+R3

Foundation Slab 4x8m - foundation depth 1m - lateral surcharge 1m - watertable -4 m
 characteristic friction angle 27° - design friction angle 27°

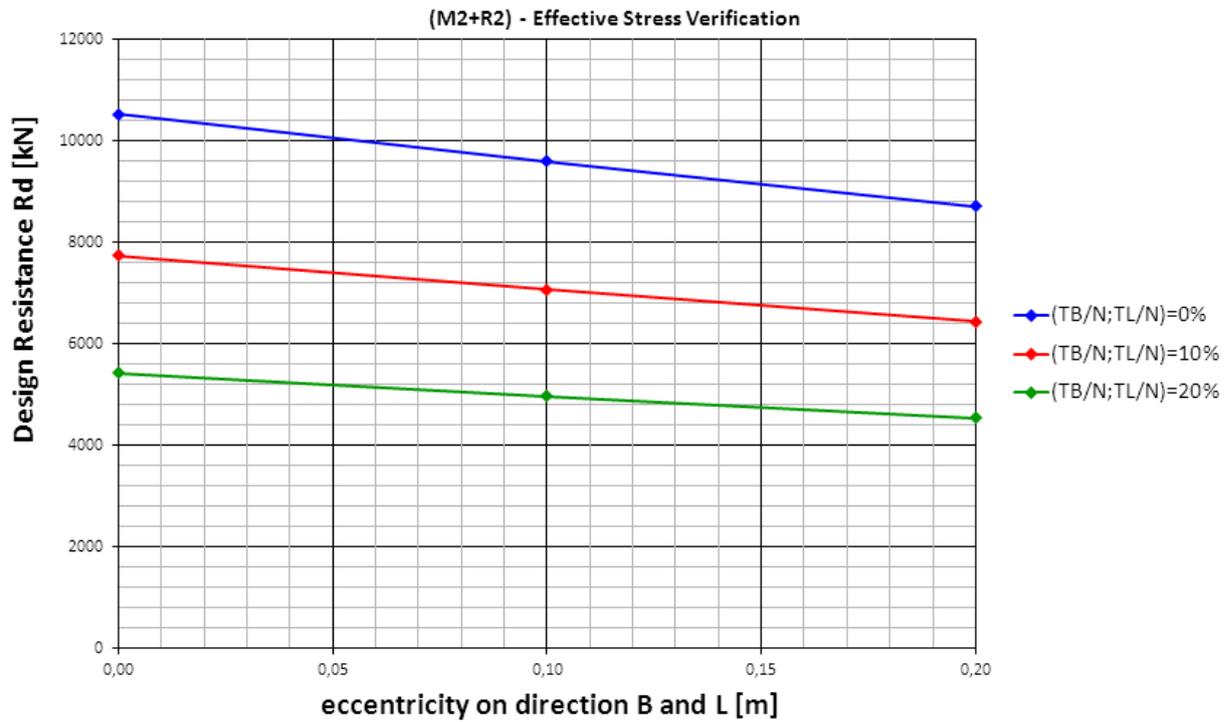


Project Title: **Trans Adriatic Pipeline – TAP**
 Document Title: **Studio geotecnico e geofisico nell'area del Microtunnel**

IPL00-URS-000-Q-TRG-0002
Rev.: 01

8.5 Fondazione a platea 4 x 12 m- Verifica M2+R2

Foundation Slab 4x12m - foundation depth 1m - lateral surcharge 1m - watertable -4 m
 characteristic friction angle 27° - design friction angle 22,2°

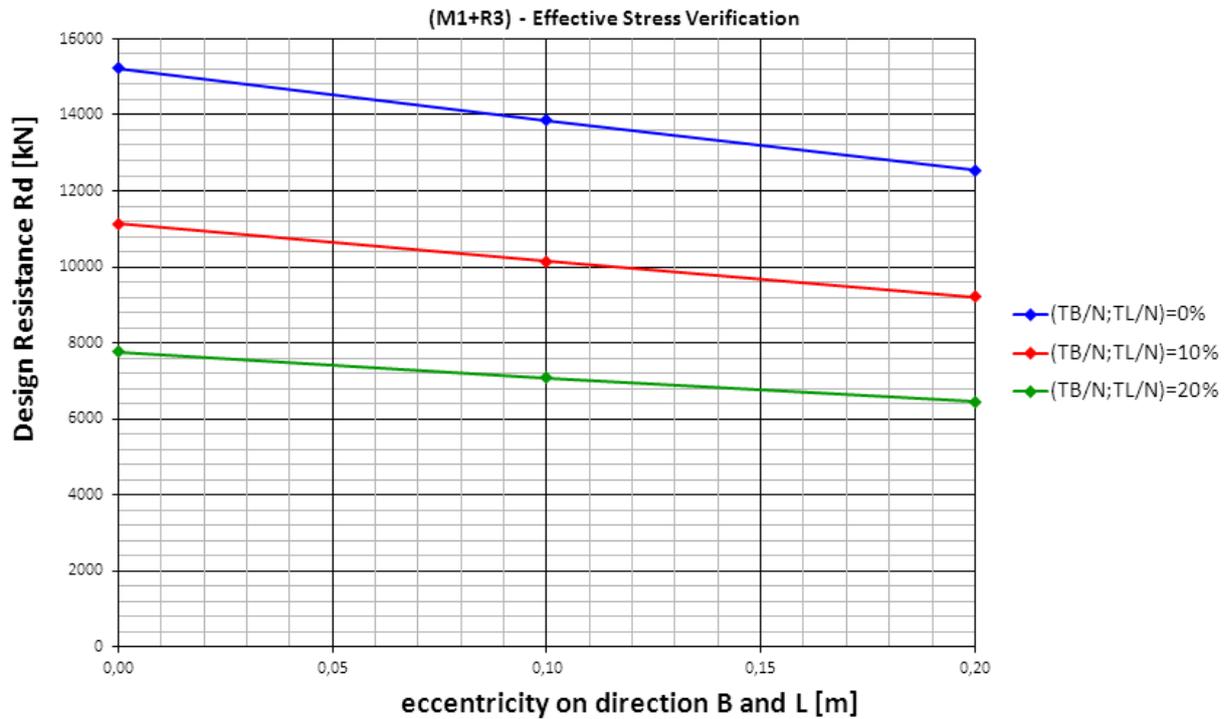


Project Title: **Trans Adriatic Pipeline – TAP**
 Document Title: **Studio geotecnico e geofisico nell'area del Microtunnel**

IPL00-URS-000-Q-TRG-0002
Rev.: 01

8.6 Fondazione a platea 4 x 12 m- Verifica M1+R3

Foundation Slab 4x12m - foundation depth 1m - lateral surcharge 1m - watertable -4 m
 characteristic friction angle 27° - design friction angle 27°



 e-on <small>E.ON Technologies GmbH</small>	 <small>URS Italia S.p.A.</small>	Pagina 72 di 85				
		Area Code	Comp. Code	System Code	Disc. Code	Doc.- Type
Project Title: Trans Adriatic Pipeline – TAP		IPL00-URS-000-Q-TRG-0002 Rev.: 01				
Document Title: Studio geotecnico e geofisico nell'area del Microtunnel						

9 VERIFICA DEI CEDIMENTI

La verifica dei cedimenti viene qui fornita per le stesse geometrie identificate nel calcolo delle capacità portanti:

- o piastra 4 x 4 m
- o piastra 4 x 8 m
- o piastra 4 x 12 m

La base della fondazione è stata assunta a -1.00 m da p.c., ed il livello del terreno a fianco a p.c. (corrispondente ad un carico laterale di circa 10 kPa). La falda è stata assunta a circa 4 m dal p.c. come determinato dal sondaggio ST_ BH2 borehole.

Il Modulo di Young è stato posto con tre valori derivati dall'analisi statistica dei valori caratteristici: così da considerare le condizioni locali prossime al Pozzo di spinta (Lauch Shaft):

$E' = 11 \text{ MPa}$ e $E' = 16 \text{ MPa}$ $E' = 25 \text{ MPa}$

$\nu =$ coefficiente di Poisson assunto pari a $\nu = 0.2$

I risultati sono presentati in diagrammi nei quali l'asse x delle ascisse è il carico applicato e l'asse y delle ordinate è il cedimento elastico per i due valori del modulo di Young.

Questi abachi consentono al progettista strutturista, una volta impostata la geometria delle fondazioni, di entrare con il carico verticale applicato (con i relativi coefficienti moltiplicativi) e determinare il cedimento elastico atteso da verificare el rispetto dello Stato Limite di servizio (SLS).

Gli Eurocodici (¹) forniscono per una fondazione isolata un valore di cedimento accettabile di

$$s_{\max} \leq 25 \text{ mm}$$

e rotazione accettabile compresa tra $\beta_{\max} = 1/300 \div 1/2'000$.

In valore di 25 mm è un valore suggeribile, tuttavia gli Eurocodici permettono cedimenti fino a 50 mm nel caso di edifici intelaiati.

Ad esempio entrando nel grafico con il valore di 25 mm o 50 mm sull'asse x, si ottiene il valore del carico massimo applicabile da confrontarsi con il carico di progetto.

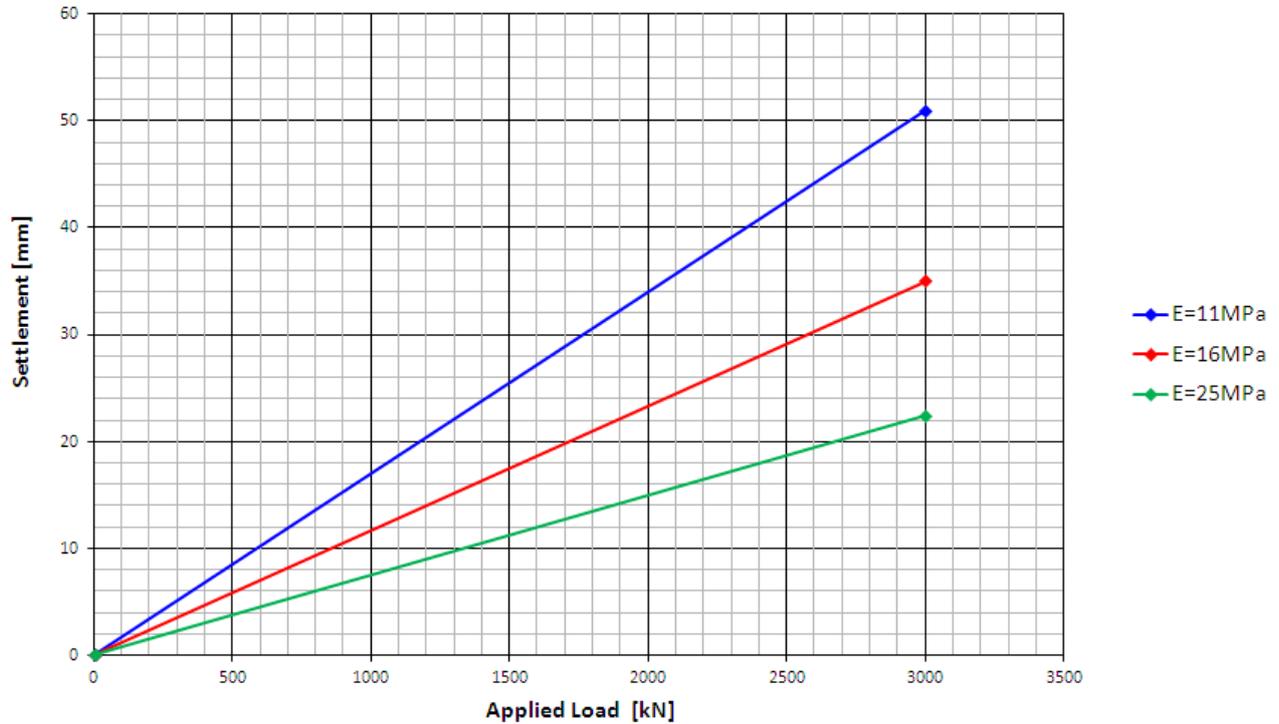
I diagrammi seguenti riportano il cedimento del centro della Fondazione per le varie geometrie tipologiche fondazionali, sopra descritte.

¹ (ref. 2013) - *Shallow foundations* -G. Scarpelli and T.L.L.Orr - *Worked examples presented at the Workshop "Eurocode 7: Geotechnical Design"- Dublin, 13-14 June, 2013* -Support to the implementation, harmonization and further development of the Eurocodes

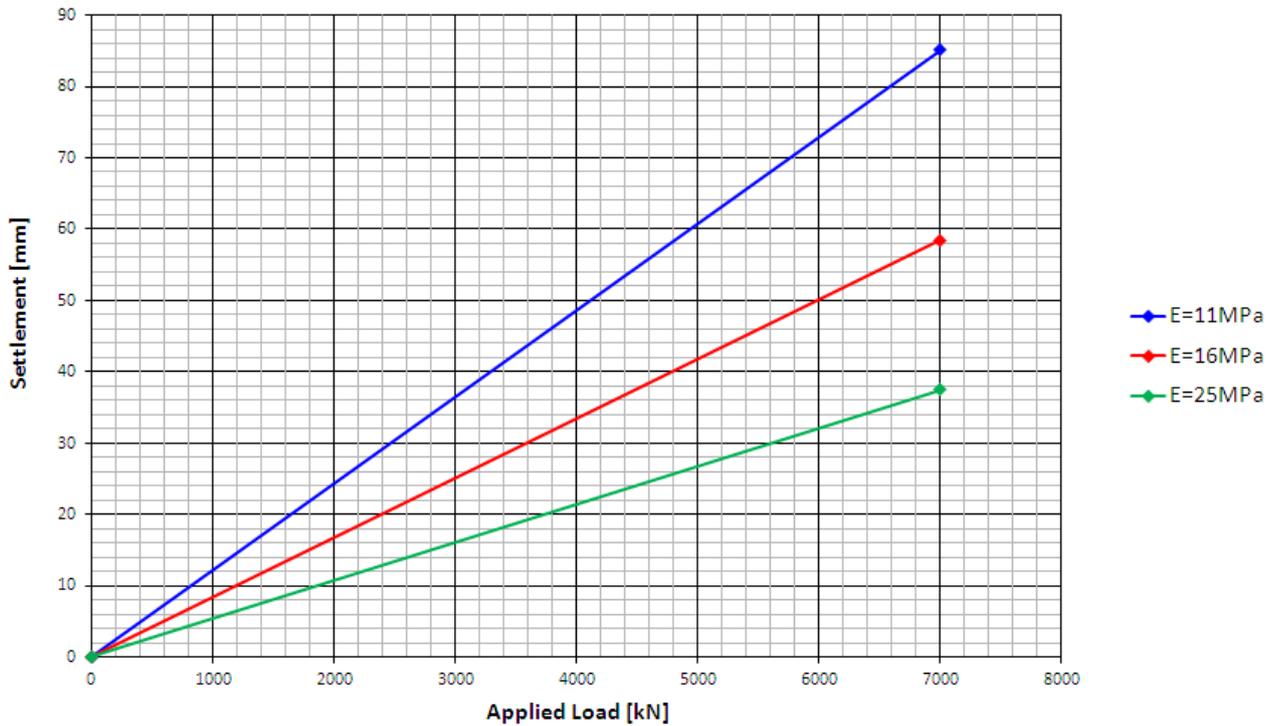
Project Title: **Trans Adriatic Pipeline – TAP**
 Document Title: **Studio geotecnico e geofisico nell'area del Microtunnel**

IPL00-URS-000-Q-TRG-0002
Rev.: 01

Slab Foundation 4x4m - Depth of foundation 1m
Settlement of foundation center



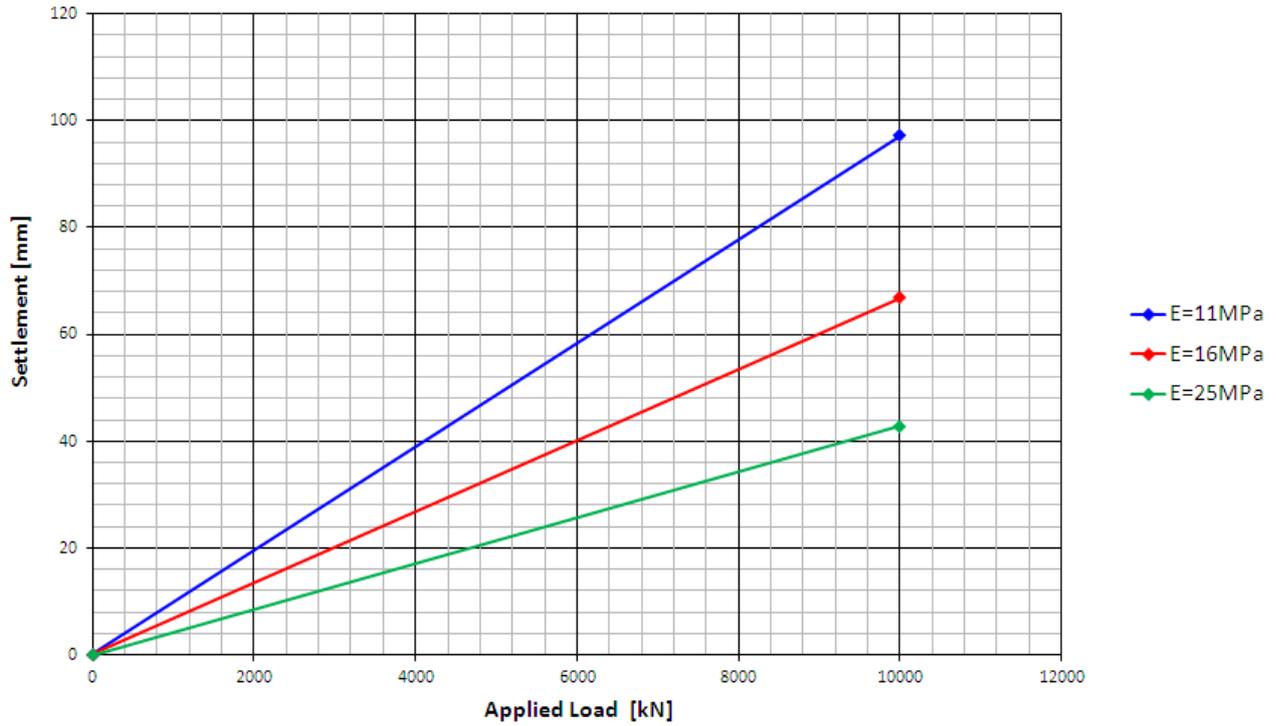
Foundation slab 4x8m - depth of foundation 1m
Settlement of foundation center



Project Title: **Trans Adriatic Pipeline – TAP**
 Document Title: **Studio geotecnico e geofisico nell'area del Microtunnel**

IPL00-URS-000-Q-TRG-0002
Rev.: 01

Slab Foundation 4x12m - Depth of foundation 1m
Settlement of foundation center



10 POZZO DI SPINTA

La struttura che costituisce il Pozzo di Spinta per il lancio del Microtunnel è previsto come una paratia che consenta lo scavo fino a 11 m da p.c. Poiché il livello di falda si trova a circa 4 m da p.c. le metodologie di scavo ed i consolidamenti devono essere adeguatamente valutati per evitare venute d’acqua all’interno dello scavo. In tal senso la scelta di consolidamenti tramite Jet Grouting e/o iniezioni cementizie attraverso tubi valvolati (canne à manchette), può essere suggeribile e da dimensionare tramite campi prova, così da poter fornire una struttura di contenimento impermeabile anche alla base con tampone di fondo per evitare filtrazione o sifonamenti.

La figura seguente mostra la sezione verticale del Pozzo di Spinta.

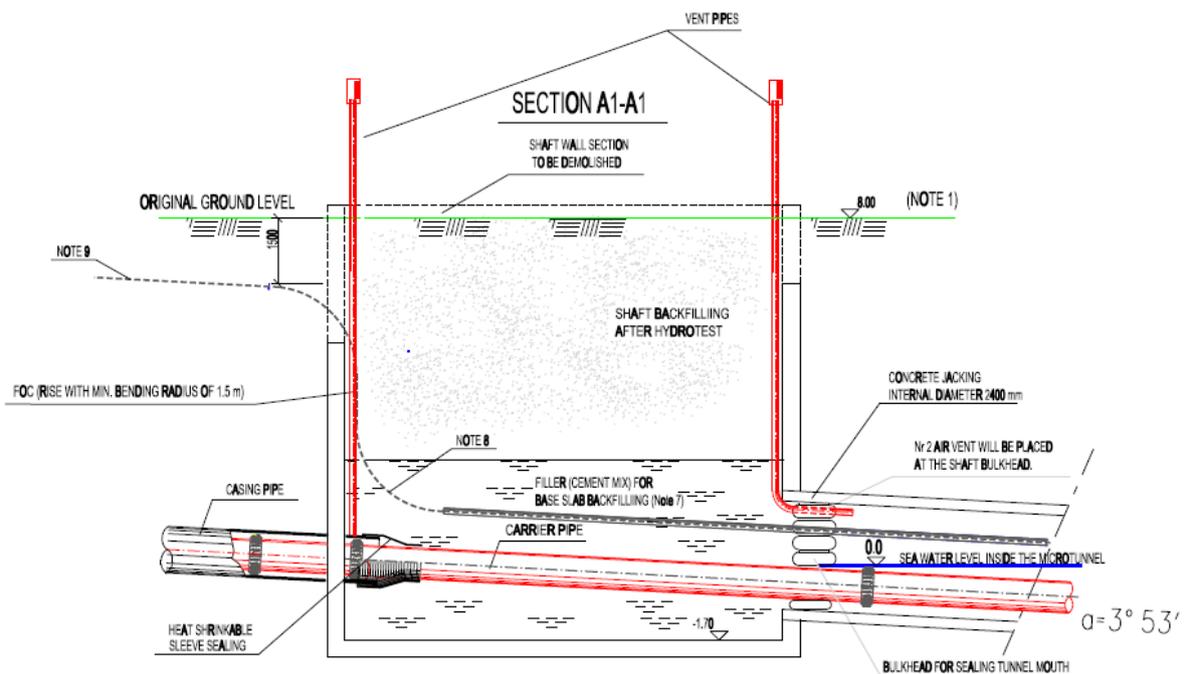


Figura 10-1: Sezione verticale del pozzo di spinta

I parametri geomeccanici/geotecnici da considerare per il calcolo della struttura di contenimento/paratia derivano da quelli ottenuti esclusivamente dal sondaggio ST_BH2.

Tabella 10-1: ST_BH2 – Risultati SPT e interpretazione di ϕ

DEPTH, m bgl	N ₁₅	N ₃₀	N ₄₅	N _{SPT}	(N ₁) ₆₀	ϕ ,° (De Mello, 1971)
02,60-3,05	14	19	16	35	23	29,1
05,00-5,45	6	9	15	24	23	27,4
08,00-8,45	11	16	17	33	24	25,5
11,00-11,45	6	9	8	17	16	21,9
17,00-17,45	23	27	32	59	37	21

Project Title: **Trans Adriatic Pipeline – TAP**

 Document Title: **Studio geotecnico e geofisico nell'area del Microtunnel**
**IPL00-URS-000-Q-TRG-0002
Rev.: 01**

I risultati degli SPT sul sondaggio ST_BH2 forniscono per l'angolo d'attrito un range di valori compresi tra 29.1° e 25.5° alle profondità comprese tra 0 e 9 m dal p.c..

Si suggerisce quindi di adottare un angolo d'attrito caratteristico $\phi'_k = 27^\circ$ tra 0 e 9 m, mentre il valore ridotto di SPT riscontrato a 11 m dal p.c. induce a considerare a favore di sicurezza un valore pari a 22° da 9 m in giù.

La valutazione dei coefficienti di spinta attiva e passiva, K_a e K_p , da adottare nel calcolo della paratia, vengono qui forniti considerando le teorie di Coulomb e di Rankine.

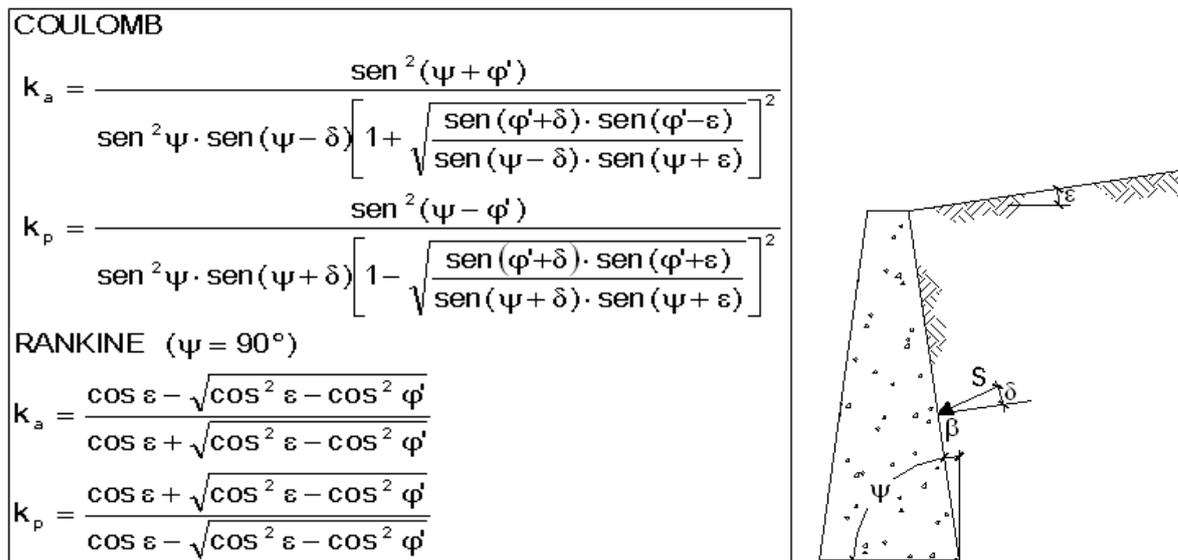


Figura 10-2: Equazioni di K_a e K_p dalle teorie di Coulomb e Rankine

Per la determinazione della spinta passiva K_p , Kaquot e Kerisel nel 1948 svilupparono una teoria avanzata che modificava le equazioni di Muller-Breslau per tenere conto di superfici di rottura non piane.

Il valore di angolo d'attrito parete/terreno qui suggerito è pari a $\delta = 2/3 \phi$

La tabella seguente contiene i valori suggeriti di spinta attiva e passiva per i due valori di angolo d'attrito sopra individuati. Nel caso di consolidamento del terreno (probabilmente richiesto per la problematica idraulica) l'incremento della resistenza del terreno consolidato può venire considerate adottando un valore d'angolo d'attrito di almeno 30°.

Tabella 10-2: Valori di K_a e K_p .

	ϕ'	δ	K_a		K_p		
			Coulomb	Rankine	Coulomb	Rankine	Caquot - Kerisel
da 0 to 9 m	27.0	18.0	0.318	0.376	4.522	2.663	4.055
da 9 m in giù	22.0	14.0	0.394	0.455	3.135	2.198	2.954
per terreno consolidato	30.0	20.0	0.279	0.333	5.737	3.000	4.968

 Trans Adriatic Pipeline	 e-on <small>E.ON Technologies GmbH</small>	 URS <small>URS Italia S.p.A.</small>	Pagina 77 di 85					
			Area Code	Comp. Code	System Code	Disc. Code	Doc.-Type	Ser. No.
Project Title:	Trans Adriatic Pipeline – TAP		IPL00-URS-000-Q-TRG-0002 Rev.: 01					
Document Title:	Studio geotecnico e geofisico nell'area del Microtunnel							

10.1 Stati Limite di carattere Idraulico (UPL-HYD)

La struttura del pozzo di spinta è prevista a tenuta idraulica. La base del pozzo si trova a circa 11 m dal p.c. e quota media della falda in tale zona è posta a circa 4 m dal p.c., perciò si è in presenza di un battente idraulico di circa 7 m.

La struttura andrà quindi progettata tenendo conto degli stati limite di carattere idraulico che sono:

- perdita di equilibrio della struttura o del sottosuolo per sollevamento dovuto a pressioni idrauliche (galleggiamento) o altre azioni verticali -UPL (uplift);
- sollevamento idraulico (heave), erosione interna, e “piping” (sifonamento) nel sottosuolo dovuto a gradienti idraulici (HYD):

La rottura per galleggiamento ha luogo quando la pressione idrostatica del fluido agente su una struttura immersa nel terreno supera l'azione stabilizzante delle forze di volume.

La rottura per sollevamento ha luogo nel terreno quando le forze di filtrazione agenti in direzione opposta alle forze di massa raggiungono valori elevati, in grado di annullare la tensione verticale efficace.

La rottura per sifonamento è un particolare tipo di rottura dovuta ad erosione interna, nella quale l'innesco ha luogo in superficie, e retrogressiva fino a formare una cavità tubolare (pipe) nella massa di terreno o al contatto terreno-struttura.

La tabella seguente riporta i riferimenti delle NTC 2008 (disuguaglianze e tabelle coi fattori di sicurezza) da utilizzare per i differenti tipi di rotture:

Tabella 10-3: Tipi di rottura e riferimenti delle NTC 2008.

Tipo di rottura	Disuguaglianza	Tabella dei fattori di sicurezza
Sollevamento (uplift)	6.2.4 6.2.5	6.2.III
Sifonamento (heave/piping)	6.2.6	6.2.IV

Nel caso in questione, poiché è prevista l'impermeabilizzazione completa del pozzo, da realizzarsi con consolidamenti appositi (jet Grouting o canne a manchettes), la pressione idraulica agente è solo quella idrostatica (gradiente idraulico trascurabile), la sola verifica necessaria è quella relativa alla rottura per sollevamento.

Secondo le NTC2008, par. 6.2.3.2., per la verifica al sollevamento deve risultare che il valore di progetto dell'azione instabilizzante $V_{inst,d}$ che rappresenta la combinazione delle azioni permanenti $G_{instb,d}$ e variabili $Q_{inst,d}$ sia inferiore alla combinazione dei valori di progetto delle azioni stabilizzanti $G_{stb,d}$ e delle resistenze R_d :

	 <small>E.ON Technologies GmbH</small>	 <small>URS Italia S.p.A.</small>	Pagina 78 di 85					
			Area Code	Comp. Code	System Code	Disc. Code	Doc.-Type	Ser. No.
Project Title:	Trans Adriatic Pipeline – TAP		IPL00-URS-000-Q-TRG-0002 Rev.: 01					
Document Title:	Studio geotecnico e geofisico nell'area del Microtunnel							

$$V_{inst,d} \leq G_{stb,d} + R_d \quad (6.2.4)$$

$$\text{dove } V_{inst,d} = G_{inst,d} + Q_{inst,d} \quad (6.2.5)$$

I coefficienti parziali sulle azioni sono quelli indicati in tabella 6.2.III qui riportata e vanno combinati in modo opportuno con quelli relativi ai parametri geotecnici (M2).

Tabella 10-4: Tabella 6.2.III (NTC2008)

Azione	Valore
Permanente favorevole (strutturale) γ_{G1}	0,90
Permanente sfavorevole (strutturale) γ_{G1}	1,10
Permanenti favorevoli portati (non strutturali)*	0,00
Permanenti sfavorevoli portati (non strutturali)* γ_{G2}	1,50
Variabile favorevole γ_{Qi}	0,00
Variabile sfavorevole γ_{Qi}	1,50

Invece nell'eventualità che si sviluppino gradienti non trascurabili le NTC 2008 impongono per la verifica a sifonamento che il valore di progetto della pressione interstiziale instabilizzante $u_{inst,d}$ risulti non superiore al valore di progetto della tensione stabilizzante $\sigma_{stb,d}$, tenendo conto dei coefficienti parziali della Tabella 6.2.IV

$$u_{inst,d} \leq \sigma_{stb,d} \quad (6.2.6)$$

Tabella 10-5: Tabella 6.2.IV – NTC 2008

Azione	Valore
Permanente favorevole (strutturale) γ_{G1}	0,90
Permanente sfavorevole (strutturale) γ_{G1}	1,30
Permanenti favorevoli portati (non strutturali)*	0,00
Permanenti sfavorevoli portati (non strutturali)* γ_{G2}	1,50
Variabile favorevole γ_{Qi}	0,00
Variabile sfavorevole γ_{Qi}	1,50

Sebbene la verifica a sollevamento debba venire svolta dal progettista, nel caso specifico, a puro livello indicativo, viene qui valutata la profondità necessaria per la realizzazione del tampone di fondo a tenuta idraulica, tale da soddisfare la verifica a sollevamento.

Project Title: **Trans Adriatic Pipeline – TAP**
 Document Title: **Studio geotecnico e geofisico nell'area del Microtunnel**

IPL00-URS-000-Q-TRG-0002
Rev.: 01

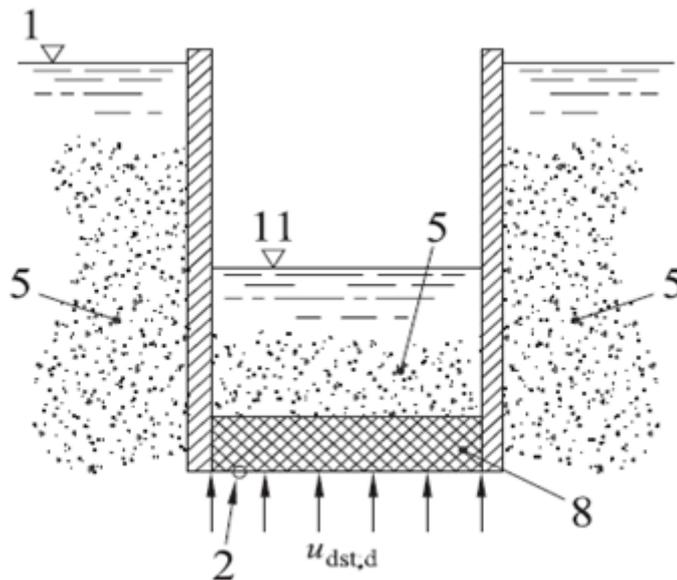


Figura 10-3: Schema per la verifica a sollevamento di un tampone di fondo a tenuta idraulica.

dove:

- 1 - superficie freatica
- 2 - superficie impermeabile
- 5 - terreno permeabile
- 8 --terreno consolidato (iniezioni o jet grouting)
- 11 – livello dell'acqua all'interno dello scavo

Si ipotizza battente idraulico H_k di circa 7 m e vengono trascurate le forze di attrito delle pareti del pozzo; in tal caso la verifica a sollevamento può venire impostata in termini di tensioni anziché di forze.

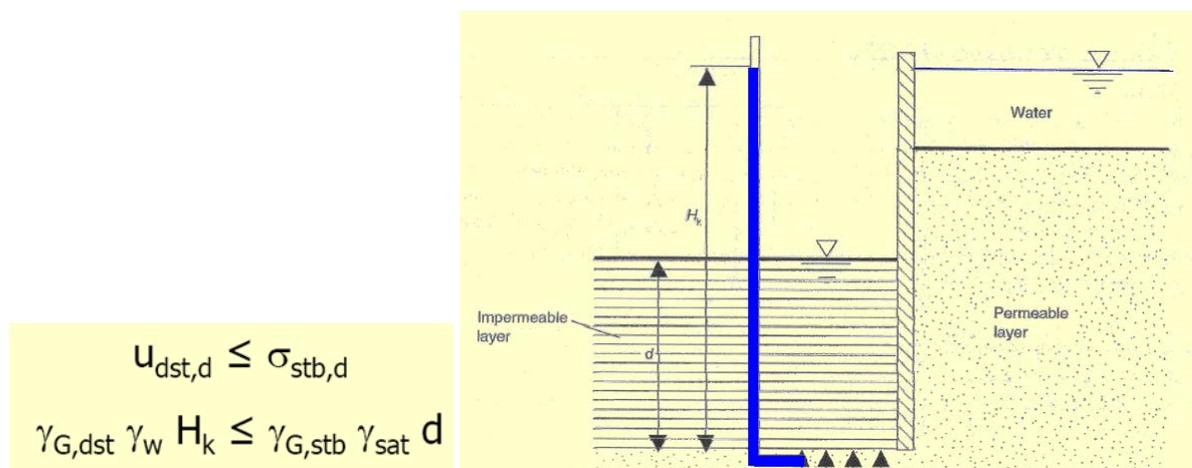


Figura 10-4: Schema per la verifica a sollevamento in termini di tensioni totali.

Project Title: **Trans Adriatic Pipeline – TAP**

 Document Title: **Studio geotecnico e geofisico nell'area del Microtunnel**
**IPL00-URS-000-Q-TRG-0002
Rev.: 01**

Nella verifica in tensioni totali l'NTC 2008 impone $\gamma_{G,dst} = 1,1$ anziché 1,0, e quindi si ottiene

$$D = 1,1 / 0,9 \times \gamma_w H_k / \gamma_{sat} = 4,3 \text{ m.}$$

avendo posto γ_{sat} del terreno impermeabile del tampone cautelativamente pari a $=20 \text{ kN/m}^3$.

Quindi la profondità a cui portare il tratto di terreno consolidato impermeabile (con iniezioni cementizie o jet grouting) è di almeno 4,5 m dal fondo scavo cioè 15,5 m da p.c..

Naturalmente il progettista può valutare un'eventuale riduzione se vengono tenute in conto le forze d'attrito sulle pareti, che in questo caso sono state trascurate in quanto dipendono dal tipo di struttura che si intende realizzare al momento non definita (diaframma in.c.a., jet grouting armato, berlinese, palancolato, ecc.). Alternativamente al tampone di terreno consolidato il progettista può anche valutare la soluzione di realizzare un solettone tirantato come da schema allegato.

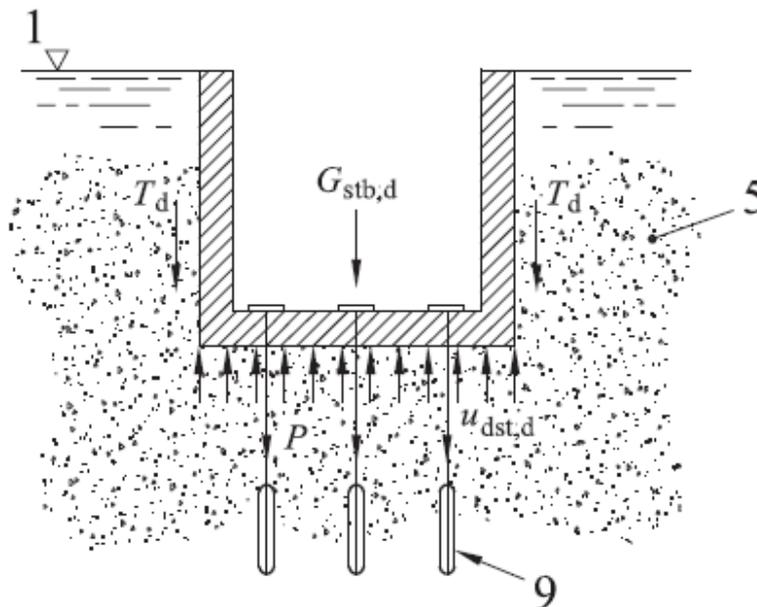


Figura 10-5: Schema per la verifica a sollevamento per un solettone tirantato.

Si ritiene comunque necessario che alla base dello scavo venga realizzato un solettone di almeno 1 m di spessore ancorato alle pareti, che fornisce un ulteriore peso stabilizzante e distribuisce la sottospinta idraulica verso le pareti del pozzo.

Project Title: **Trans Adriatic Pipeline – TAP**
 Document Title: **Studio geotecnico e geofisico nell'area del Microtunnel**

IPL00-URS-000-Q-TRG-0002
Rev.: 01

11 PENDENZE DEGLI SCAVI ALL'APERTO

Riguardo la pendenza da impostare sugli scavi a cielo aperto in corrispondenza del tratto di gasdotto della sezione "drilling and pulling" (approssimativamente. 70 m), dipende dalla litologia che si prevede di incontrare in tale tratto.

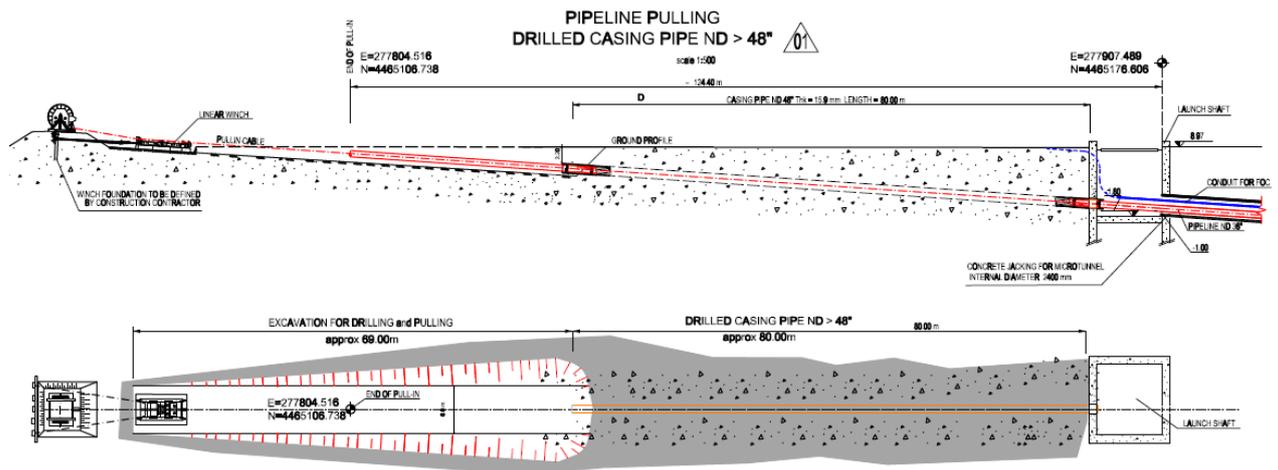


Figura 11-1: Schema dello scavo del tratto "Drilling and Pulling" (documento ricavato da: OPL00-SPF-124-Q-DQP-0001-01)

Sulla base delle informazioni desumibili dal sondaggio ST_BH1 i primi 3 m sono caratterizzati da Calcarenite tenera giallastra da mediamente a molto fratturata. Seguono a maggiori profondità sabbie, sabbie limose e limi sabbiosi.

I dati di campagna confermano che le pendenze degli scavi per gli strati ad sopra del livello di falda possono essere:

- 80° in roccia
- 60° nel caso di terreni coesivi
- 45° per terreni non coesivi o moderatamente coesivi e consistenti.

Invece sotto falda gli scavi possono essere eseguiti senza sostegno, ma con aggettamento, solo nel caso di presenza di roccia.

I materiali di riempimento saranno omogenei con quelli del terreno scavato che potrà venire riutilizzato previa verifiche di conformità delle caratteristiche granulometriche e ambientali.

	 <small>E.ON Technologies GmbH</small>	 <small>URS Italia S.p.A.</small>	Pagina 82 di 85				
			Area Code	Comp. Code	System Code	Disc. Code	Doc.-Type
Project Title:	Trans Adriatic Pipeline – TAP		IPL00-URS-000-Q-TRG-0002			Rev.: 01	
Document Title:	Studio geotecnico e geofisico nell'area del Microtunnel						

12 MICROTUNNEL

Le geometrie previste per il microtunnel sono:

- lunghezza totale 1485 m di cui solo 620 su terraferma;
- max profondità circa 20 m da p.c.;
- diametro esterno medio 3.0 m.

La caratterizzazione geologica per lo scavo del microtunnel può essere basata esclusivamente sui soli tre sondaggi ST-BH2, ST-BH 4 e ST-BH5 perforati su tratto a riva alla profondità massima di 30 m e dalle prospezioni geofisiche.

L'interpretazione stratigrafica riportata nelle sezioni geologiche (rif. Allegato 3) prevede la possibilità di livelli calcarenitici in una matrice composta da sabbia, sabbie limose e limi argillosi. Non è possibile tuttavia escludere che siano presenti condizioni litologiche differenti come ad esempio terreni teneri e/o rocce più competenti che potrebbero venire incontrate nello scavo del tratto del microtunnel, dovuto alle relazioni eteropiche tra le varie litologie, disponendo al momento di un numero limitato di sondaggi.

L'analisi delle pseudo-sezioni geofisiche PR_B, lungo il tratto del microtunnel, mostra la presenza di un primo strato, caratterizzato da alti valori di resistività compresi tra 100 e più di 300 Ohm/m, posto al di sopra del secondo strato avente resistività più bassa compresa tra 30 e 100 Ohm/m (cfr. Attachment 5, pag. 51 di 60, fig. 25).

La pseudo-sezione simica mostra invece un graduale aumento della velocità delle onde P, con la profondità (cfr. Attachment 5, pag. 51 di 60, fig. 25).

Viene sottolineata un'anomalia geofisica caratterizzata da alta resistenza ma bassa velocità alla distanza di circa 60-70 m (si veda il cerchio rosso nella figura 25 dell'Attachment 5, pag. 51 di 60), dovuta alla possibile presenza di materiale di riempimento in una cavità carsica o una variazione locale di litologia.

L'analisi delle pseudo-sezioni geofisiche lungo il profilo PR_D (perpendicolare alla PR_B, in direzione NW-SE), ottenuta dal processo di inversione del dataset tomografico, mostra la presenza di un primo strato superficiale caratterizzato da alti valori di resistività, posti al di sopra di un secondo strato con resistività minore compresa tra 30 e 100 Ohm/ms. Un terzo strato, caratterizzato da un ulteriore incremento di resistività è stato riscontrato ad una profondità variabile tra 16 e 21 m (cfr. Attachment 5, pag. 53 di 60, fig. 26).

La pseudo-sezione sismica, anche se non ha raggiunto la stessa profondità a causa della rigidità sismica del materiale, evidenzia un incremento di velocità sismica oltre 2200 m/s, alla profondità di 11-12 m dalla superficie (cfr. Attachment 5, pag. 53 di 60, fig. 26).

Viene anche qui sottolineata la presenza di un'anomalia geofisica alla distanza di circa 40 m, caratterizzata da una bassa resistività (si veda il quadrato rosso rosso nella figura 26 dell'Attachment 5, pag. 53 di 60).

	 <small>E.ON Technologies GmbH</small>	 <small>URS Italia S.p.A.</small>	Pagina 83 di 85					
			Area Code	Comp. Code	System Code	Disc. Code	Doc.- Type	Ser. No.
Project Title:	Trans Adriatic Pipeline – TAP		IPL00-URS-000-Q-TRG-0002 Rev.: 01					
Document Title:	Studio geotecnico e geofisico nell'area del Microtunnel							

I valori di RQD variano tra 0 e 10%, consentendo di classificare la calcarenite giallastra, trovata nel tratto su terraferma del microtunnel, come una roccia tenera. I valori di UCS determinati in laboratorio sono tipici di rocce classificabili in media tra rocce da bassa a media resistenza secondo i principali sistemi di classificazione geomeccanica.

Lo scavo del tunnel sarà tutto sotto falda. La valutazione dell'interferenza tra il microtunnel e le acque salmastre e quelle dolci di falda sarà oggetto di ulteriori studi (cioè tramite adeguati modelli analitici/numerici).

Anche la gestione dello scavo mediante TBM richiederà un adeguata progettazione per quanto riguarda il fluido di sostentamento dello scavo, in relazione alla presenza di acque salmastre e di falda.

Secondo le classi di "scavabilità" della norma DIN DIN 18300 "Earthwork", le classi da considerare sono:

- n° 4 (*terreni di media scavabilità; argilla, limo, sabbia e ghiaia con meno del 15 % di limo e argilla, da plasticizzata a semi-solida, meno del 30 % di blocchi di roccia*);
- n° 6 (*roccia facilmente scavabile e terreni assimilabili; più del 30 % di blocchi rocciosi con dimensioni da 0,01 a 0,1 m³; argilla e limo consistente*);
- n° 7 (*roccia difficilmente scavabile*).

	 <small>E.ON Technologies GmbH</small>	 <small>URS Italia S.p.A.</small>	Pagina 84 di 85				
			Area Code	Comp. Code	System Code	Disc. Code	Doc.-Type
Project Title:	Trans Adriatic Pipeline – TAP		IPL00-URS-000-Q-TRG-0002			Rev.: 01	
Document Title:	Studio geotecnico e geofisico nell'area del Microtunnel						

13 CONCLUSIONI E RACCOMANDAZIONI

Il presente documento descrive le attività di indagine geognostica svolte per il tratto di Gasdotto interessato dal Microtunnel.

I risultati delle indagini geofisiche e dei sondaggi, incluse le prove di sito e di laboratorio, sono stati analizzati per ottenere la caratterizzazione geologica, geotecnica e sismica dell'area Microtunnel.

Gli strati delle varie litologie incontrate sono stati riportati nelle sezioni geologiche interpretative con i relativi spessori e suddivisioni per le varie unità geotecniche individuate. Sulla base dei sondaggi geotecnici, considerando in alcuni casi la notevole distanza tra uno e l'altro, non è possibile escludere che litologie (terreno/roccia) differenti possano venire localmente incontrate lungo il tracciato del Microtunnel, a causa anche della possibile presenza di relazioni eteropiche tra le varie litologie.

Lo studio geologico e geofisico dell'area ha evidenziato indizi della presenza locale di potenziali forme carsiche.

Laddove delle cavità carsiche fossero effettivamente incontrate nel corso dell'avanzamento della TBM, si suggerisce di eseguire un'iniezione di miscele cementizie o riempimento in cls magro, secondo le seguenti fasi esecutive (che andranno poi meglio definite dal progettista):

- Valutazione approssimativa delle dimensioni della cavità, eventualmente tramite prove geofisiche in avanzamento TBM;
- Asportazione acqua residua;
- Riempimento con miscele a base cementizia o cls magro;
- Verifica di avvenuto riempimento e attesa stabilizzazione post intervento.

Tali raccomandazioni sono indicative e vanno verificate dai progettisti dello scavo con TBM.

Per quanto riguarda i lavori di scavo, la definizione delle classi di scavabilità è riferita alla norma DIN 18300 "Earthwork". In base a tale classificazione le classi previste sono la n° 4 (terreno di media facilità allo scavo), n° 6 (roccia facilmente scavabile e terreni assimilabili) e localmente la n° 7 (roccia difficilmente scavabile).

L'approccio progettuale geotecnico ha analizzato capacità portante e cedimenti di fondazioni superficiali la cui geometria è stata definita interpretando le strutture previste per il cantiere del Pozzo di Spinta (Launch Shaft). Sono state verificate tre tipologie fondazionali aventi base di imposta a-1 m da p.c. all'interno dell'unità geotecnica b1. Dallo studio geologico non può tuttavia venire escluso che durante le fasi di scavo del Microtunnel possano venire incontrati livelli calcareniti o sabbie cementate.

Lo scavo del tunnel sarà tutto sotto falda e quindi andranno adottate misure adeguate per impermeabilizzare la connessione tra Microtunnel e paratia del pozzo di spinta da venute d'acqua dai lati e dal fondo dello scavo, In tal senso è suggeribile l'uso di tecniche di consolidamento come Jet Grouting e/o iniezione di miscele cementizie attraverso tubi valvolati, così da rendere impermeabile il terreno intorno e sotto il pozzo di spinta per evitare possibili infiltrazioni o sifonamenti.

	 <small>E.ON Technologies GmbH</small>	 <small>URS Italia S.p.A.</small>	Pagina 85 di 85					
			Area Code	Comp. Code	System Code	Disc. Code	Doc.-Type	Ser. No.
Project Title:	Trans Adriatic Pipeline – TAP		IPL00-URS-000-Q-TRG-0002 Rev.: 01					
Document Title:	Studio geotecnico e geofisico nell'area del Microtunnel							

14 BIBLIOGRAFIA

- Skempton A.W. (1986) *Standard Penetration Test Procedures and the effects in sands of overburden pressure, relative density, particles size, ageing and overconsolidation*, *Geotechnique* 36, n° 2.
- Terzaghi, Peck, (1948), *Soil mechanics in engineering practice*, J. Wiley and Sons, New York.
- De Mello V.F.B. (1971), *The standard Penetration Test*, Proc. 4th Pan American Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, ASCE, vol. 1.
- D'Appolonia D.J., D'Appolonia E., Brisette R.F. (1970) - *Closure to Settlement of spread footings on sands*, *Journal of Soil Mechanics and Foundations Engineering Division*, ASCE, SM4.
- Meyerhof, G. G. (1953) - *The bearing capacity of foundations under eccentric and inclined loads*. Proc. 3rd Int. Conf. Soil Mech. and Found. Engng., Zurich 1: 440-445.
- Janbu, N., Bjerrum, L., and Kjaernsli, B. (1956). *Soil mechanics applied to some engineering problems*. Norwegian Geotechnical Institute, Publication 16.
- Skempton, A. W., and MacDonald, D. H. (1956). "The Allowable Settlement of Buildings." *Proceedings of The Institution of Civil Engineers, Part III. The Institution of Civil Engineers, London, no. 5, pp. 727-768*.
- Bolton (1986) "The strength and dilatancy of sands" *Geotechnique* n.36(1) — pagg.65:78.
- Cubrinovski M., Ishihara K. (1999) "Empirical correlation between SPT N-value and relative density for sandy soils". *Soil and Foundations* Vol. 39, N°5 — pp. 61-71 — Ottobre 1999.
- Huang A. B., Hsu H. H., Chang J. W. (1998) "The behaviour of a compressible silty fine sand". *Can. Geotech. J.* 36: 88-101.
- Ishihara K., Tsukamoto Y., Shimizu Y. (2001) "Estimate of relative density from in-situ penetration tests" *Proceedings In-situ 2001, Bali*.
- (2013) - Shallow foundations -G. Scarpelli and T.L.L.Orr - Worked examples presented at the Workshop "Eurocode 7: Geotechnical Design"- Dublin, 13-14 June, 2013 -Support to the implementation, harmonization and further development of the Eurocodes.
- (2011) H.R. Schneider, P. Fitze –Characteristic shear strength values for EC7: Guidelines based on a statistical framework HSR University of Applied Sciences, Rapperswil, Switzerland.

oOo



Area Code	Comp. Code	System Code	Disc. Code	Doc.-Type	Ser. No.
-----------	------------	-------------	------------	-----------	----------

URS Italia S.p.A.
Via G. Watt, 27
20143 Milano
Italy



IPL00-URS-000-Q-TRG-0001
Rev.: 01

Company: Trans Adriatic Pipeline AG

Doc. Originator: URS Italia S.p.A.

Project Title: Trans Adriatic Pipeline – TAP

Document Title: Studio geotecnico e geofisico lungo il tracciato del gasdotto - Italia

Rev.	Purpose of Issue	Remark/Description	Orig.	Date
0A	Issued for Review	Bozza per revisioni		01/07/2015
0B	Issued for Approval	Conclusioni e raccomandazioni		15/07/2015
00	Issued for Information	Versione finale		20/11/2015
01	Final Issue	Emissione finale		23/11/2015

Final Purpose of Issue: Issued for Information

	CONTRACTOR			TSP East	
	created by:	checked by:	approved by:	checked by:	accepted by:
Name/Signature	A. Passero 	S. Conti 	G. Lucchini 		
Date	23/11/2015	23/11/2015	23/11/2015		
Org. / Dept.	URS	URS	URS		
Document Status	Preliminary	Checked	Approved	Checked	Accepted

Project Title: **Trans Adriatic Pipeline – TAP**

Document Title: **Studio geotecnico e geofisico lungo il tracciato del gasdotto - Italia**

IPL00-URS-000-Q-TRG-0001
Rev.: 01

URS

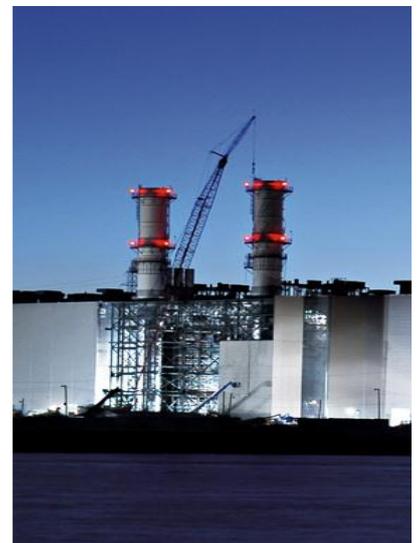
TAP - Trans Adriatic Pipeline

SOIL INVESTIGATION ITALY

Preparato per:
E.ON Technologies
GmbH

Luglio 2015

Studio geotecnico e geofisico lungo il tracciato del gasdotto - Italia



Project Title: **Trans Adriatic Pipeline – TAP**

 Document Title: **Studio geotecnico e geofisico lungo il tracciato del gasdotto - Italia**
**IPL00-URS-000-Q-TRG-0001
Rev.: 01**
PERCORSO DI REDAZIONE / APPROVAZIONE DEL DOCUMENTO

VERSIONE	NOME	FIRMA	DATA	POSIZIONE
Preparato da	A. Passero		Novembre, 2015	Geologo Senior
Controllato da	S. Conti		Novembre, 2015	Project Manager
Approvato da	G. Lucchini		Novembre, 2015	Direttore Tecnico

TITLE:

 STUDIO GEOTECNICO E
GEOFISICO LUNGO IL
TRACCIATO DEL GASDOTTO
(ITALIA)

REVISIONI DEL DOCUMENTO

VERSIONE	DATA	Dettagli delle Revisioni
0A	01/07/2015	Bozza per revisioni
0B	15/07/2015	Conclusioni e raccomandazioni
00	20/11/2015	Versione finale
01	23/11/2015	Emissione finale

Progetto No.
46318-441

Contatto / Cliente:
Florian Guballa

Cliente:

 E.ON Technologies GmbH
Alexander-von-Humboldt-Straße 1
45896 Gelsenkirchen

Emesso da:

 URS Italia S.p.A.
Via G. Watt, 27
20143 Milano (Italy)

Project Title: **Trans Adriatic Pipeline – TAP**

 Document Title: **Studio geotecnico e geofisico lungo il tracciato del gasdotto - Italia**
**IPL00-URS-000-Q-TRG-0001
Rev.: 01**

INDICE

1	INTRODUZIONE	8
2	DESCRIZIONE DEL PROGETTO	9
2.1	Profondità di interrimento della condotta	11
2.2	Distanze di sicurezza e attraversamenti	12
2.3	Sostegno del gasdotto nella BVS	13
3	DESCRIZIONE DEL SITO	16
4	INQUADRAMENTO GEOLOGICO	18
4.1	Geomorfologia	18
4.2	Geologia	19
4.3	Assetto strutturale	24
4.4	Pericolosità sismica	25
4.4.1	Classificazione sismica italiana	25
4.5	Idrologia ed idrogeologia	30
4.5.1	Idrologia	30
4.5.2	Idrogeologia	31
5	RESOCONTO DELLE ATTIVITÀ IN CAMPO	33
5.1	Prospezioni geofisiche	33
5.2	Indagini geotecniche	35
6	ANALISI DEI RISULTATI	36
6.1	Prospezioni geofisiche	36
6.1.1	Campagna di indagine del 2013	36
6.1.2	Campagna di indagine del 2015	38
6.1.1	Indagini MASW (2015)	40
6.2	Indagini geotecniche	42
6.2.1	Caratterizzazione geologica	42
6.2.2	Caratterizzazione geotecnica	43
6.3	Valori disaggregati e caratteristici dei parametri geotecnici	47
6.4	Azioni sismiche di progetto	49
6.4.1	Categorie di Sottosuolo	50
6.4.2	Identificazione della pericolosità del sito	52
6.4.3	Scelta della strategia di progetto	55
6.4.4	Determinazione dell'azione sismica di progetto	56
7	VERIFICHE GEOTECNICHE AGLI STATI LIMITE	61
7.1	Riferimenti Normativi	61
7.2	Stato Limite Ultimo (SLU)	61

Project Title: **Trans Adriatic Pipeline – TAP**

 Document Title: **Studio geotecnico e geofisico lungo il tracciato del gasdotto - Italia**
**IPL00-URS-000-Q-TRG-0001
Rev.: 01**

7.3	Carico limite per il collasso del terreno di fondazione	64
7.4	Stato Limite di Esercizio (SLE)	68
8	VERIFICA DELLA CAPACITÀ PORTANTE	70
8.1	Fondazione delle selle 1x 1 m- Verifica M2+R2	72
8.2	Fondazione delle selle 1x 1 m- Verifica M1+R3	72
8.3	Platea di fondazione 8 x 8 m- Verifica M2+R2	73
8.4	Platea di fondazione 8 x 8 m- Verifica M1+R3	74
9	VERIFICA DEI CEDIMENTI	75
10	RACCOMANDAZIONI	77
11	CONCLUSIONI E RACCOMANDAZIONI	84
12	BIBLIOGRAFIA	86

ALLEGATI

ALLEGATO 1	Inquadramento geografico del sito	
ALLEGATO 2	Ubicazione dei sondaggi geotecnici	
ALLEGATO 3	Sezioni geologiche	
ALLEGATO 4	Profili di Tomografia Elettrica in Superficie e di Sismica a Rifrazione del 2013	
ALLEGATO 5	Profili di Tomografia Elettrica in Superficie e di Sismica a Rifrazione del 2015	
ALLEGATO 6	Rapporto tecnico delle prospezioni geofisiche del 2015	
ALLEGATO 7	Rapporti giornalieri della sorveglianza archeologica	
ALLEGATO 8	Colonne stratigrafiche dei sondaggi geotecnici	
ALLEGATO 9	Rapporti di prova del laboratorio geotecnico	
ALLEGATO 10	Documentazione fotografica delle cassette catalogatrici delle carote	
ALLEGATO 11	Riepilogo degli esiti delle prove di laboratorio	
ALLEGATO 12	Riepilogo delle prove SPT	
ALLEGATO 13	Rilievo topografico dei sondaggi geotecnici	

FIGURE NEL TESTO

Figura 2-1: Trans Adriatic Pipeline – schema generale.	9
Figura 2-2: tracciato della condotta su terraferma in rosso (estratto da ESIA Italy – Section 4)	10
Figura 2-3: Valvola di intercettazione – Modello 3D	11
Figura 2-4: Tipica sezione di scavo per una condotta su terraferma (<i>source document: IPL00-SPF-100-F-DFT-0002_01</i>)	12
Figura 2-5: Tipico attraversamento di una strada provinciale (<i>source document: IPL00-SPF-100-F-DFT-0009_01</i>)	13
Figura 2-6: Tipologico del supporto del tubo DN 300, della sella in c.a. poste sotto il piano campagna (fonte dati CAL00 - ENT - 360 - M - DLT – 0379)	14

Project Title: **Trans Adriatic Pipeline – TAP**

 Document Title: **Studio geotecnico e geofisico lungo il tracciato del gasdotto - Italia**
**IPL00-URS-000-Q-TRG-0001
Rev.: 01**

Figura 2-7: posizionamento dei bulloni prigionieri	15
Figura 2-8: Dettagli della platea di fondazione e delle selle per la valvola di intercettazione.	15
Figura 3-1: tracciato a terra del gasdotto, dall'approdo al KP 3.5 (<i>fonte: IPL00-ENT-100-F-DFO-0001</i>)	16
Figura 3-2: tracciato a terra del gasdotto, dal KP 3.0 al PRT (<i>source document: IPL00-ENT-100-F-DFO-0001</i>)	17
Figura 4-1: F° 214 – Gallipoli; Carta geologica d'Italia a scala 1:100.000.	21
Figura 4-2: carta geologica dell'area circostante il tracciato del gasdotto (linea rossa). Da Bruno et al., 2008, modificato. LEGENDA: 1) sabbie e sedimenti alluvionali (recente); (2) arenarie a grana grossa, formazione delle "Calcareniti di Gravina" (Plio-Pleistocene); (3) sabbia detritica con strati di calcarenite intercalati, (4) calcilutite glauconitica, Formazione delle "Sabbie di Uggiano" (Pliocene); (5) calcarenite a grana media con strati di calcari marnosi intercalati, Formazione della "Calcarenite di Andrano" (Miocene sup.); (6) calcareniti marnose a grana fine (Miocene sup.), Formazione della "Pietra Leccese"; (7) calcari e calcari dolomitici (Cretaceo sup.) Formazione di "Altamura"; (8) limiti dell'area studiata; (9) strade principali; (10) faglie probabili; (11) sondaggi geognostici.	22
Figure 4-3: Modello geolitologico 3D a sezione estrapolata: (1) arenaria a grana grossa, (2) sabbia con strati di arenaria intercalati, (3) argilla sabbiosa e marna argillosa, (4) calcarenite a grana media con strati calcareo-marnosi intercalati, (5) arenaria marnosa a grana fine, (6) calcare fratturato e calcari dolomitici, (7) la posizione del sondaggio geognostico, (8) posizione delle cittadine principali, (9) linea di sezione trasversale.	23
Figura 4-4: schema strutturale dell'Avampese Pugliese: ubicazione di sismiti e principali eventi sismici (attività tettonica quaternaria nell'Area delle Murge – Avampese Pugliese – Italia Meridionale. Pieri et alii, 1997)	24
Figura 4-5: Classificazione Sismica Italiana.	27
Figura 4-6: Pericolosità Sismica	28
Figura 4-7: Principali terremoti registrati (Scala MCS)	29
Figura 4-8: Acque superficiali <i>Fonte: ERM (November 2011)</i>	30
Figura 4-9: tracciato del gasdotto e vulnerabilità idrogeologica fornita dal PTCP (Piano Provinciale di Coordinamento Territoriale di Lecce)	32
Figura 6-1: planimetria con ubicazione del profilo MASW.	40
Figura 6-2: Profilo MASW 3	52
Figura 6-3: forme spettrali per i periodi di riferimento di ritorno (NCT – linea continua / calcolato dal Progetto S1- INGV– linea tratteggiata)	54
Figura 6-4: valori di ingresso dei parametri di progetto (spettri NTC. Ver. 1.0.3 – Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici)	55
Figura 6-5: spettri di risposta per differenti stati limite	56
Figura 6-6: valori di ingresso per la determinazione dell'azione sismica di progetto (spettri NTC. Ver. 1.0.3 – Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici)	57
Figura 6-7: spettri di risposta delle componenti orizzontale e verticale dello SLV	58
Figura 6-8: parametri e punti dello spettro di risposta della componente orizzontale dello SLV	59
Figura 6-9: parametri e punti dello spettro di risposta della componente verticale dello SLV	60
Figura 7-1: Schemi di rottura (from Bond & Harris, 2008)	63
Figura 8-1: Sezione tipologica della trincea di posa del gasdotto (<i>source document: IPL00-SPF-100-F-DFT-0002_01</i>)	71

	Pagina 7 di 86					
	Area Code	Comp. Code	System Code	Disc. Code	Doc.- Type	Ser. No.
Project Title:	Trans Adriatic Pipeline – TAP					IPL00-URS-000-Q-TRG-0001 Rev.: 01
Document Title:	Studio geotecnico e geofisico lungo il tracciato del gasdotto - Italia					

LIMITAZIONI

URS ha preparato il presente Rapporto per l'uso esclusivo di E.ON Technologies GmbH (ENT) in conformità al Contratto di fornitura dei servizi. Non si concedono altre garanzie, né esplicite né implicite, in merito alle consulenze professionali ricomprese nel presente Rapporto né a qualsiasi altro servizio fornito da URS. Il presente Rapporto è riservato e non può essere divulgato a terzi dal Cliente né usato da altri senza il previo ed esplicito consenso scritto di URS.

Le conclusioni e le raccomandazioni contenute nel presente Rapporto si fondano su informazioni fornite da terzi e si basano sull'ipotesi che tutte le informazioni pertinenti siano state fornite dai terzi ai quali sono state richieste e che tali informazioni siano accurate. Le informazioni ottenute da URS non sono state sottoposte a una verifica indipendente, salvo quando altrimenti dichiarato nel Rapporto.

La metodologia adottata e le fonti di informazione usate da URS per la fornitura dei suoi servizi sono descritte nel presente Rapporto. Il lavoro descritto nel presente Rapporto, eseguito tra il 02/07/2013 e il 01/08/2013 si basa sulle condizioni riscontrate e le informazioni a disposizione nel corso del suddetto periodo di tempo. Lo scopo del presente Rapporto e i servizi sono pertanto limitati per ragioni di fatto da tali circostanze.

Qualora siano formulate valutazioni dei lavori o costi identificati nel presente Rapporto, tali valutazioni si fondano sulle informazioni disponibili all'epoca e, ove appropriato, sono soggette a ulteriori indagini o dipendono da ulteriori informazioni che possono divenire disponibili.

URS non si assume alcun impegno od obbligo di informare qualsiasi persona in merito a eventuali variazioni di qualunque aspetto che influisce sul Rapporto, le quali possono essere portate o segnalate all'attenzione di URS dopo la data del Rapporto.

Alcune dichiarazioni rese nel Rapporto che non sono fatti storici possono costituire stime, proiezioni o altre dichiarazioni riguardo il futuro e sebbene siano fondate su ipotesi ragionevoli alla data del Rapporto, tali dichiarazioni riguardo il futuro sono associate per loro propria natura a rischi e incertezze che potrebbero causare un discostamento sostanziale dei risultati effettivi rispetto ai risultati previsti. Nello specifico, URS non garantisce alcuna stima o proiezione contenuta nel presente Rapporto.

Qualora siano state eseguite indagini sul campo, queste ultime si sono limitate al livello di dettaglio richiesto al fine di realizzare gli obiettivi dichiarati dei servizi. I risultati di eventuali misurazioni effettuate possono variare a seconda dello spazio o del tempo e si consigliano ulteriori misurazioni di conferma dopo eventuali ritardi significativi nella distribuzione del presente Rapporto.

COPYRIGHT

© Il presente Rapporto è protetto dal diritto d'autore di URS. Eventuali riproduzioni o impieghi non autorizzati da parte di terzi diversi dal destinatario sono rigorosamente vietati.

	Pagina 8 di 86					
	Area Code	Comp. Code	System Code	Disc. Code	Doc.- Type	Ser. No.
Project Title:	Trans Adriatic Pipeline – TAP					IPL00-URS-000-Q-TRG-0001 Rev.: 01
Document Title:	Studio geotecnico e geofisico lungo il tracciato del gasdotto - Italia					

1 INTRODUZIONE

Questo documento è la relazione tecnica che descrive le indagini geotecniche e le prospezioni geofisiche eseguite da URS preliminarmente alla costruzione del Trans Adriatic Pipeline (di seguito indicato come TAP) lungo il tracciato della condotta su terraferma nel territorio italiano (tra il Terminale di Ricezione del gasdotto ed il Microtunnel), nel territorio comunale di Melendugno (LE).

URS è stata incaricata dell'esecuzione delle indagini di cui sopra da E.ON New Build and Technology GmbH (di seguito indicato come ENT), che all'epoca era componente di TAP AG con STATOIL e AXPO, a seguito di aggiudicazione della gara per tale progetto di indagini.

La documentazione tecnica di riferimento per la presente relazione è elencata di seguito:

1. Trans Adriatic Pipeline – Geophysical Investigation Italy, 2013;
2. IAL00-ERM-643-Y-TAE-1006 Rev. 00 ESIA Italia: Capitolo 6 Quadro di riferimento ambientale e sociale;
3. 2012_10_TAP_Addendum_URS_Proposal_3116048_rev00;
4. IAL00-ENT-000-Q-TSX-0001_00-Description of Area PRT and Pipeline Corridor;
5. IAL00-ENT-000-Q-TLX-0001_00-at01-Soil Investigation Italy - Bill of Quantities;
6. 2012_09_TAP_TSP_Italy_URS_Proposal_3116048_rev00.
7. IAL00-URS-000-Q-TRG-0001_00 - Geophysical Investigation Italy.

I documenti sopra menzionati sono stati utilizzati per definire:

- l'ubicazione dei punti di indagine;
- le procedure esecutive di perforazione, rilievi geofisici e prove in sito;
- la profondità di investigazione;
- le procedure di prelievo dei campioni e di consegna al laboratorio;
- le prove geotecniche da eseguire in laboratorio.

Project Title: **Trans Adriatic Pipeline – TAP**

 Document Title: **Studio geotecnico e geofisico lungo il tracciato del gasdotto - Italia**
**IPL00-URS-000-Q-TRG-0001
Rev.: 01**

2 DESCRIZIONE DEL PROGETTO

TAP trasporterà il gas fino all'Europa occidentale attraversando la Grecia, l'Albania ed il Mare Adriatico. Attraversando il Mare Adriatico in un gasdotto da 36" dall'Albania centro-occidentale, il gasdotto approderà in Puglia, nell'Italia Sud-Orientale e si collegherà alla esistente rete italiana di Snam Rete Gas.

Il progetto è finalizzato ad accrescere la sicurezza e la diversificazione delle fonti di approvvigionamento di gas per i mercati europei. TAP ha anche previsto in progetto di gestire il flusso inverso. La lunghezza totale del gasdotto è di circa 871 km.

L'approdo del gasdotto avverrà sulla costa tra San Foca e Torre Specchia Ruggeri nel Comune di Melendugno in provincia di Lecce. L'approdo sarà realizzato impiegando la tecnologia del "microtunnelling" per ridurre al minimo gli impatti visivi ed ambientali lungo la costa.

La Figura 2-2 mostra lo schema generale del TAP. Il gasdotto in Italia consisterà di:

- circa 45 km di condotta sottomarina, dalla linea mediana del Mar Adriatico alla costa italiana,
- un microtunnel in approdo lungo circa 1.485 m, di cui 600 m sulla terraferma,
- circa 8.2 km di condotta terrestre, dal punto chilometrico (Kp) 0, dove il microtunnel si innesta sulla condotta terrestre, al Kp 8.203, dove raggiunge il Terminale di Ricezione del gasdotto (Pipeline Receiving Terminal di seguito indicato come PRT),

ed avrà una capacità iniziale di 10 BCM (espandibile a 20 BCM) di gas naturale all'anno (circa 1.190.000 metri cubi standard all'ora).

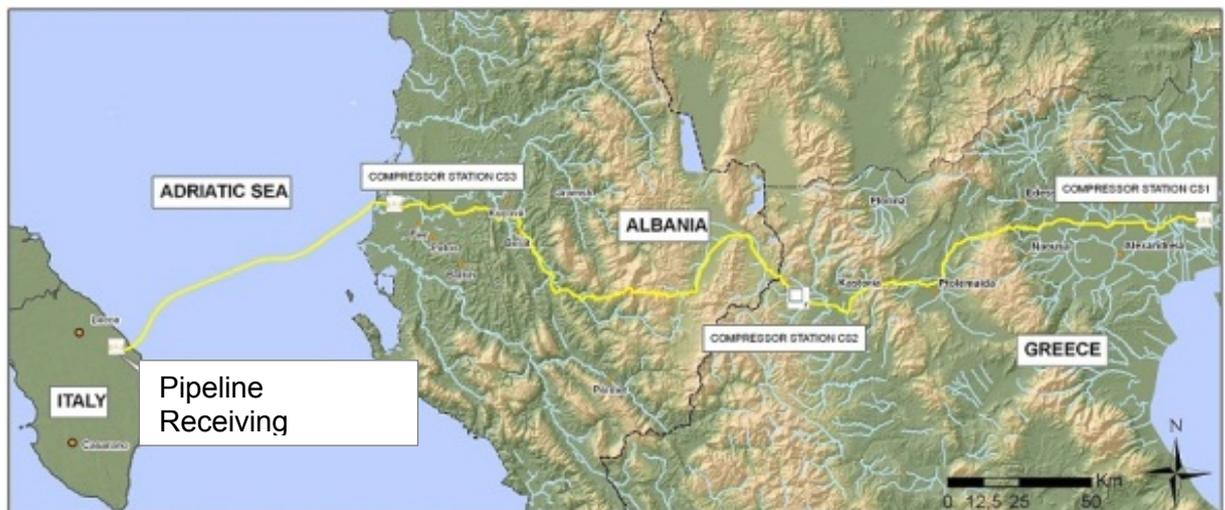


Figura 2-1: Trans Adriatic Pipeline – schema generale.

Il progetto includerà anche l'installazione di un cavo a fibra ottica per permettere le comunicazioni tra il PRT, dove sarà posizionato il centro di controllo e di vigilanza, le centrali di compressione in Albania e Grecia e le valvole di intercettazione (Block Valve Stations, di seguito BVS) installate lungo gli 871 km di gasdotto. Tale cavo sarà steso parallelamente al gasdotto, lungo l'intero

	Pagina 10 di 86				
	Area Code	Comp. Code	System Code	Disc. Code	Doc.-Type
Project Title:	Trans Adriatic Pipeline – TAP				
Document Title:	Studio geotecnico e geofisico lungo il tracciato del gasdotto - Italia				
					IPL00-URS-000-Q-TRG-0001 Rev.: 01

percorso (tratto su terraferma e tratto sottomarino) e costituirà il principale mezzo di comunicazione tra le stazioni del gasdotto.

Il tratto de gasdotto su terraferma (lungo circa 8,2 km dal punto di approdo al PRT) corre in direzione est-ovest nella provincia di Lecce, a sud est della città di Lecce, interamente nei confini del Comune di Melendugno (provincia di Lecce). In prossimità del Kp 6,542 si prevede l'attraversamento della Strada Provinciale SP02 Lecce – Melendugno.

La giunzione tra il microtunnel e il tratto del gasdotto su terraferma corrisponde al Kp 0 del tracciato del gasdotto sarà posizionato circa 600 m dalla costa ad andare in direzione SW. Una valvola di intercettazione (Block Valve Station, BVS) è prevista giusto a valle di questo punto.

Il PRT costituirà il punto finale del gasdotto TAP e la connessione con la rete italiana posseduta e gestita da Snam Rete Gas S.p.A (SRG).

L'area del PRT rappresenterà anche il cantiere base per la costruzione dell'intera condotta su terraferma e l'unica area di stoccaggio tubi per tutte le attività di costruzione della stessa.

Lo scopo della sezione in ingresso al terminale è quello di ricevere il gas in entrata e fungere da punto di isolamento (e di arresto di emergenza) tra la BVS prossima alla costa e il terminale stesso.

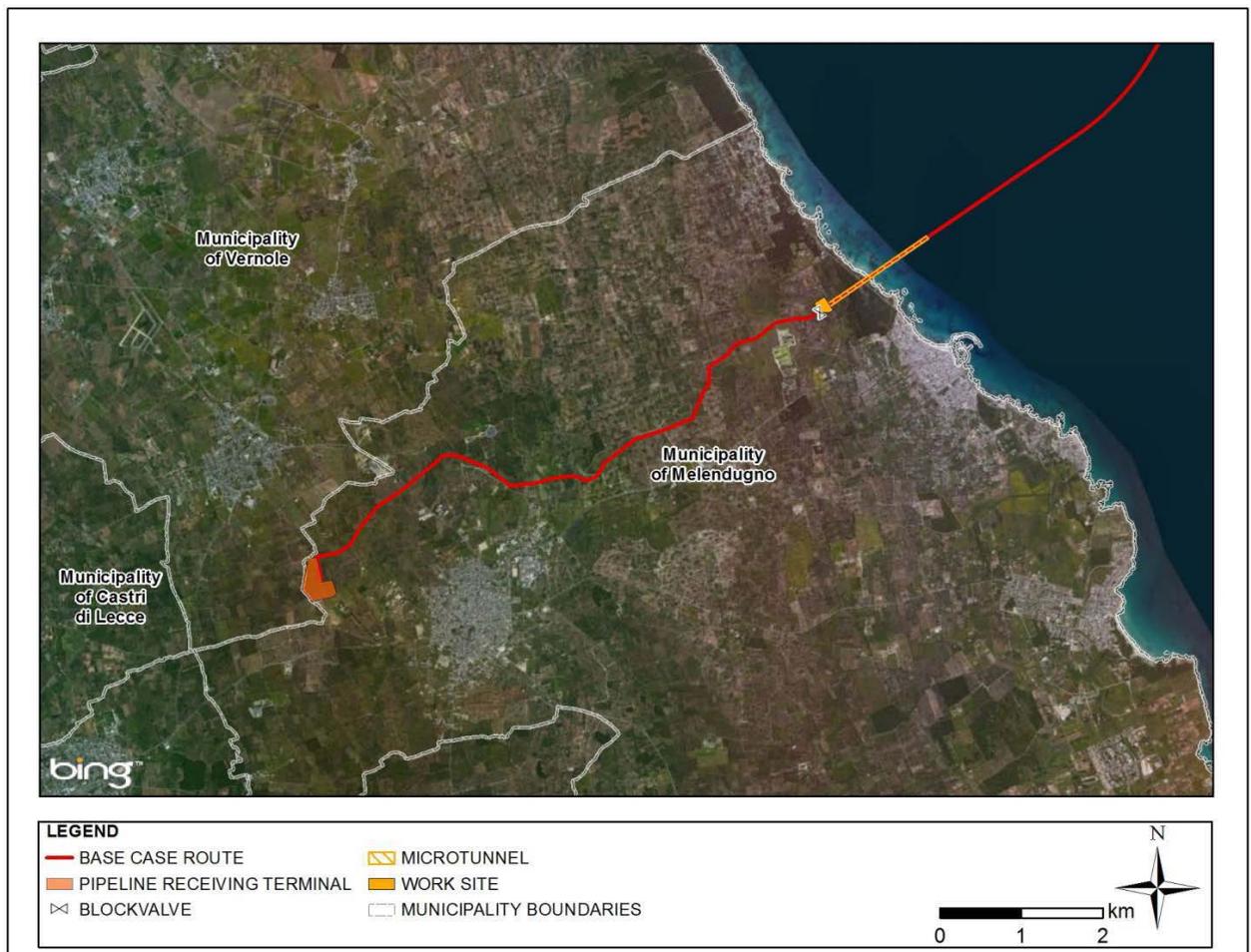


Figura 2-2: tracciato della condotta su terraferma in rosso (estratto da ESIA Italy – Section 4)

Project Title: **Trans Adriatic Pipeline – TAP**

 Document Title: **Studio geotecnico e geofisico lungo il tracciato del gasdotto - Italia**
**IPL00-URS-000-Q-TRG-0001
Rev.: 01**

Una stazione con valvola di intercettazione (BVS) sarà posizionata in prossimità del punto di approdo al KP 0.1 allo scopo di permettere l'isolamento della condotta offshore dal tratto onshore per scopi di manutenzione e sicurezza. La BVS sarà automatizzata e comprenderà una piccola cabina elettrica, che conterrà i sistemi di controllo e di alimentazione della BVS, sarà delimitata da una recinzione allo scopo di evitare qualsiasi intrusione e coprirà complessivamente una superficie totale di circa 13 x 14 m (oltre alla vegetazione circostante).

La legislazione italiana (DM 17/04/2008) prevede che nelle condotte per il trasporto di gas naturale ad alta pressione siano installate delle stazioni con valvole di intercettazione ogni 15 km. Le stazioni con valvole di intercettazione sono inoltre previste a monte e a valle degli attraversamenti ferroviari, ad una distanza massima tra loro di 2 km (DM 23/02/1971). La ridotta lunghezza della condotta onshore non richiede dunque l'installazione di ulteriori valvole di blocco.

La BVS sarà normalmente azionata in remoto da una centrale operativa di controllo ubicata nel PRT tramite un sistema di comunicazione con cavi a fibra ottica e sarà collegata alla rete elettrica locale. La valvola di blocco della condotta, la valvola di by-pass e i tubi di connessione alla condotta saranno tutti interrati. La tenuta della valvola sarà monitorata in continuo tramite il Sistema di Rilevamento Perdite.

La selezione delle tubazioni che costituiranno la BVS è basata sui medesimi standard e le medesime specifiche progettuali utilizzate per la selezione delle tubazioni del gasdotto onshore. Il diametro della condotta sarà 12 "per il by-pass e 2" per le tubazioni relative agli strumenti di misura.



Source: ENT (July 2013)

Figura 2-3: Valvola di intercettazione – Modello 3D

2.1 Profondità di interrimento della condotta

Project Title: **Trans Adriatic Pipeline – TAP**

 Document Title: **Studio geotecnico e geofisico lungo il tracciato del gasdotto - Italia**
IPL00-URS-000-Q-TRG-0001
Rev.: 01

Per quanto riguarda i metodi di costruzione di gasdotti in Italia, il DM 17/04/2008 prescrive una copertura minima della condotta non inferiore di 0.9 m, 0.4 m in terreno roccioso, dalla superficie superiore del tubo. In ogni caso gasdotti in Italia sono solitamente disposti con una copertura di almeno 1,5 m, in modo da fornire le massime garanzie di sicurezza da eventuali interferenze con le attività umane (scavo, scasso del terreno per scopi agricoli, ecc). Le dimensioni tipiche trincea che rispettano i requisiti di legge possono essere viste in figura seguente. TAP AG intende seguire questa pratica costruttiva e di mantenere uno spessore copertura minima di 1,5 m.

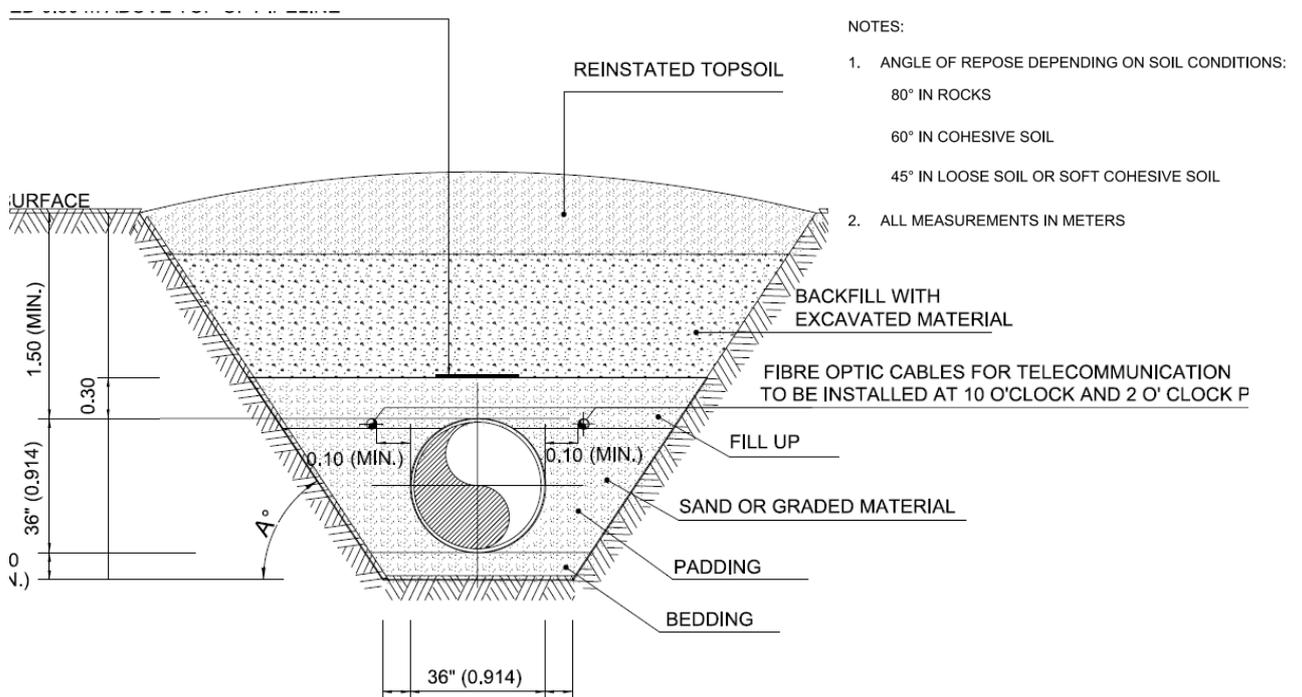


Figura 2-4: Tipica sezione di scavo per una condotta su terraferma (source document: IPL00-SPF-100-F-DFT-0002_01)

2.2 Distanze di sicurezza e attraversamenti

Nel rispetto della normativa italiana non devono essere identificati gruppi di case entro un raggio di 100 m al gasdotto. In prossimità del tracciato di progetto del gasdotto ci sono solo poche case singole, a una distanza superiore a 20 m (in conformità al DM 17/4/2008).

Oltre a quelli della strada provinciale e di una strada secondaria asfaltata a monte del KP 0, c'è un'altro attraversamento di una strada provinciale al KP 6.5 ed altri otto di strade comunali, riassunti nella seguente Tab. 2-1. Dettagli di tutte gli attraversamenti di strade asfaltate e il metodo di costruzione proposto sono forniti in IPL00-SPF-100-F-DFT-0002_01 e IPL00-SPF-100-F-DFT-0009_01.

Tab. 2-1: Attraversamenti della condotta a terra

Nr	Categoria di attraversamento	Kp. [km]	Comun
----	------------------------------	----------	-------

Project Title: **Trans Adriatic Pipeline – TAP**

 Document Title: **Studio geotecnico e geofisico lungo il tracciato del gasdotto - Italia**
IPL00-URS-000-Q-TRG-0001
Rev.: 01

1	SP 366	-	Melendugno
2	Strada secondaria	-	Melendugno
3	Strada stagionale	0.6	Melendugno
4	Strada secondaria	1.1	Melendugno
5	Strada secondaria	2.0	Melendugno
6	Strada secondaria	4.0	Melendugno
7	Strada secondaria	4.6	Melendugno
8	Strada secondaria	5.6	Melendugno
9	Strada secondaria	5.9	Melendugno
10	SP 02	6.5	Melendugno
11	Strada secondaria	7.6	Melendugno

Gli attraversamenti sono realizzati come piccoli "cantieri" autonomi che entrano in funzione man mano che la linea progredisce. I metodi di installazione di attraversamento sono diversi e possono generalmente essere eseguiti da scavo (tunneling o perforazione) o dalla tecnica a cielo aperto (open-cut), con o senza rivestimento del tubo. La scelta del sistema di installazione dipende da una serie di fattori, tra cui: profondità di posa, presenza di acqua o di roccia, intensità di traffico, requisiti delle autorità, etc.

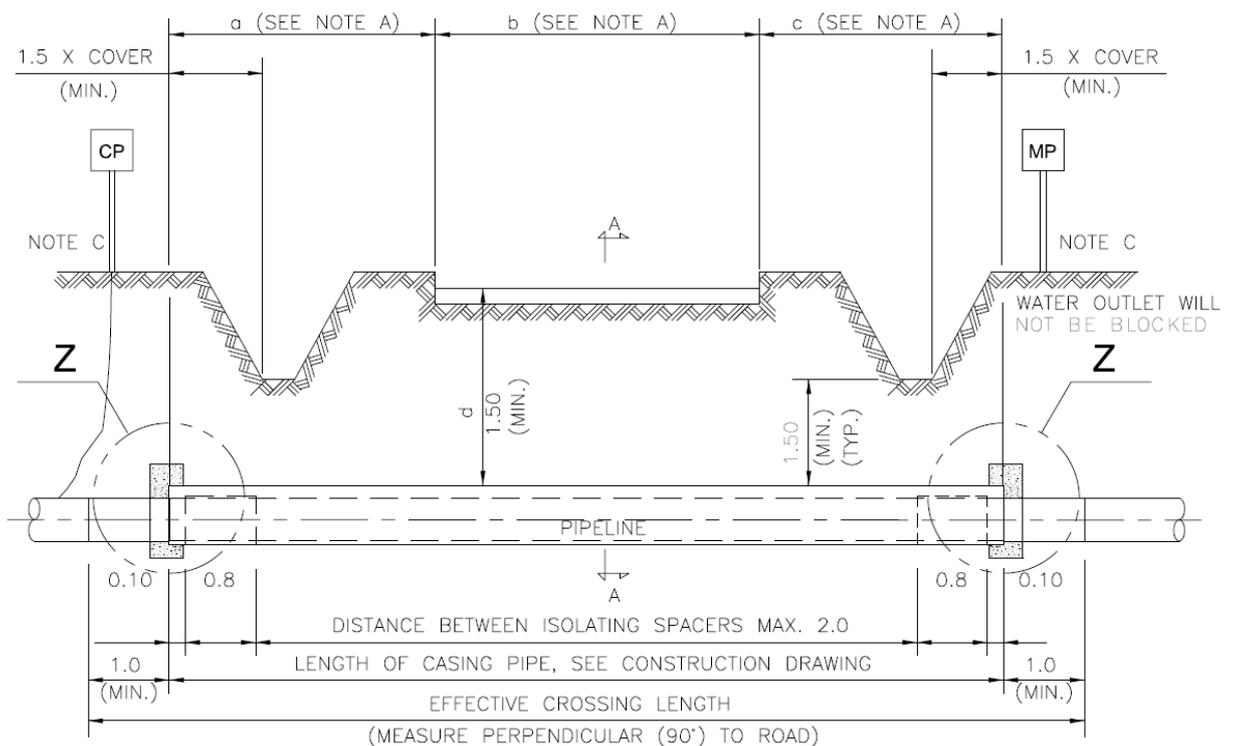


Figura 2-5: Tipico attraversamento di una strada provinciale (source document: IPL00-SPF-100-F-DFT-0009_01)

2.3 Sostegno del gasdotto nella BVS

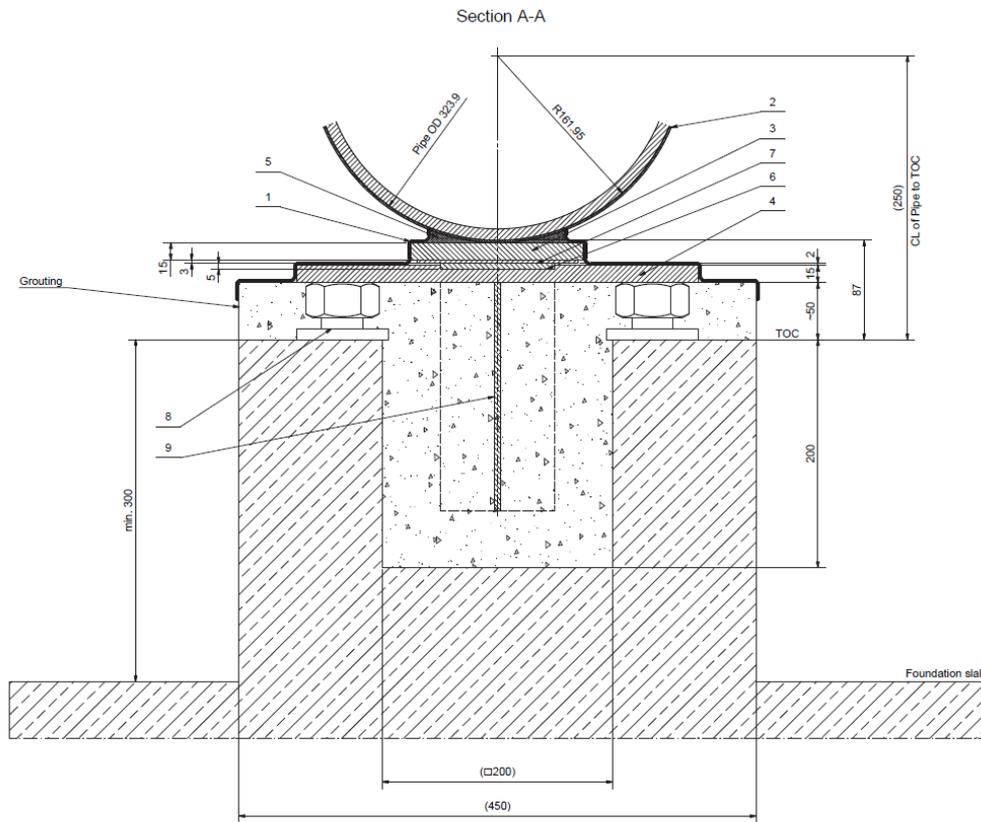
La Figura 2-6 e la Figura 2-7 mostrano il tipologico del supporto a sella del gasdotto all'interno della stazione di valvola (BVS): una Platea di base (PTFE al di sopra) va installata usando dei bulloni

Project Title: **Trans Adriatic Pipeline – TAP**

Document Title: **Studio geotecnico e geofisico lungo il tracciato del gasdotto - Italia**

IPL00-URS-000-Q-TRG-0001
Rev.: 01

prigionieri a dima, così da poter posizionare il tubo del gasdotto esattamente nel mezzo della piastra. La Figura 2-7 mostra il supporto in c.a. per la BVS.



Positioning of Jackscrews

Figura 2-6: Tipologico del supporto del tubo DN 300, della sella in c.a. poste sotto il piano campagna (fonte dati CAL00 - ENT - 360 - M - DLT - 0379)

Project Title: **Trans Adriatic Pipeline – TAP**

Document Title: **Studio geotecnico e geofisico lungo il tracciato del gasdotto - Italia**

IPL00-URS-000-Q-TRG-0001
Rev.: 01

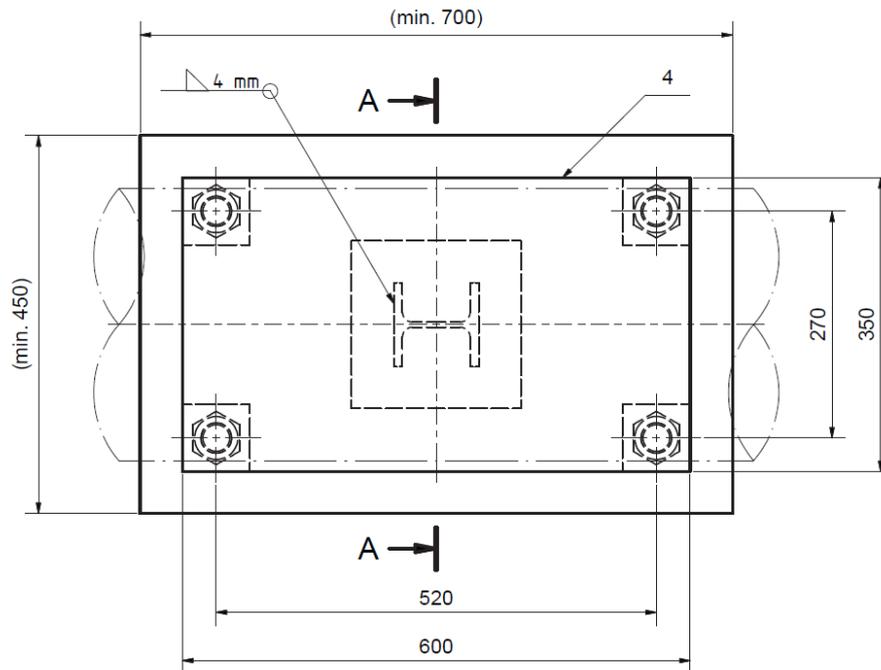


Figura 2-7: posizionamento dei bulloni prigionieri (fonte dati CAL00 - ENT - 360 - M - DLT – 0379)

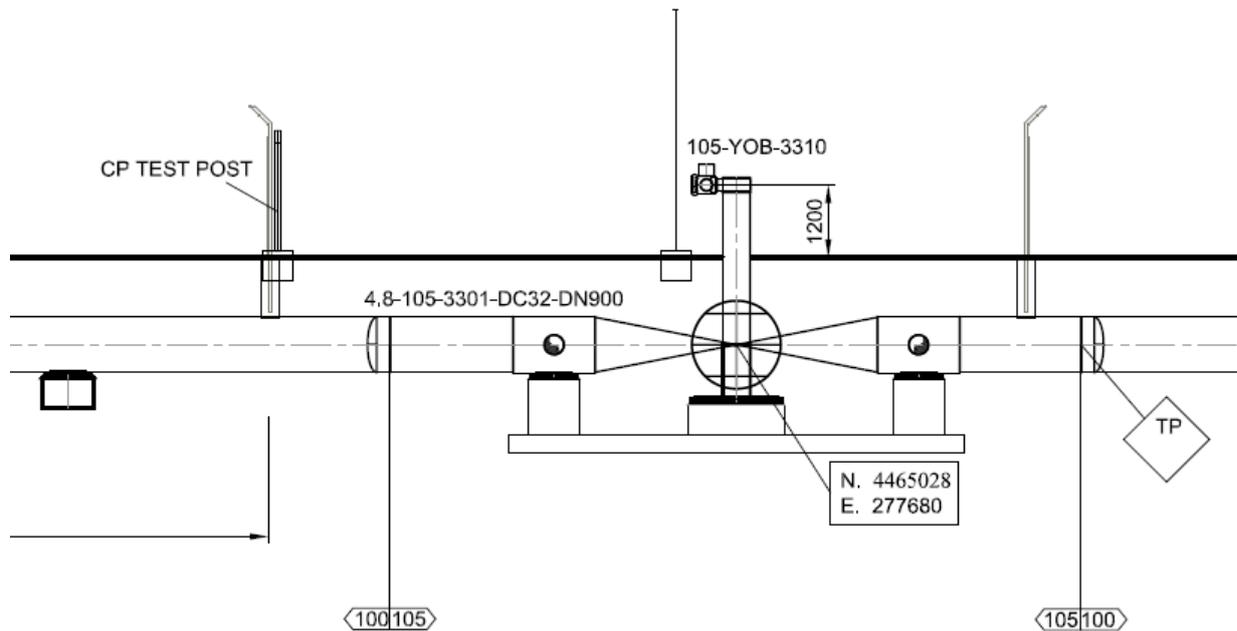


Figura 2-8: Dettagli della platea di fondazione e delle selle per la valvola di intercettazione (fonte dati CAL00 - ENT - 360 - M - DLT – 0379).

Project Title: **Trans Adriatic Pipeline – TAP**

 Document Title: **Studio geotecnico e geofisico lungo il tracciato del gasdotto - Italia**
IPL00-URS-000-Q-TRG-0001
Rev.: 01

3 DESCRIZIONE DEL SITO

Il tracciato di progetto del gasdotto passa a Sud di una grande depressione topografica costituita da una zona umida denominata "Palude di Cassano", che è sottoposta a vincoli ambientali e paesaggistici (Piano Regolatore di Melendugno).

Dal primo incrocio a cielo aperto con la "Strada Comunale S. Niceta" al KP 0,6 (a sud-est della zona umida), il tracciato del gasdotto scorre parallelo a questa strada comunale asfaltata per circa 3,5 chilometri. Al fine di minimizzare l'impatto sulle proprietà e del paesaggio, esso attraversa altre tre volte questa strada, ai KP 1.1, 2 e 4. L'itinerario prosegue il suo corso principalmente attraverso gli uliveti cercando di seguire la strada dove possibile, incrociando un'altra strada provinciale, la "Strada provinciale Lecce Melendugno" (SP2) al KP 6.5. A circa 8.2 chilometri il gasdotto raggiunge il PRT nella zona occidentale del Comune di Melendugno. Il PRT sarà situato vicino al confine tra Melendugno e Vernole, a circa 1,5 chilometri a sud della strada provinciale che collega le due cittadine.

Il tratto in esame non presenta particolari problemi e la morfologia del territorio è costituita prevalentemente da pianure digradanti, lievemente ondulate localmente.

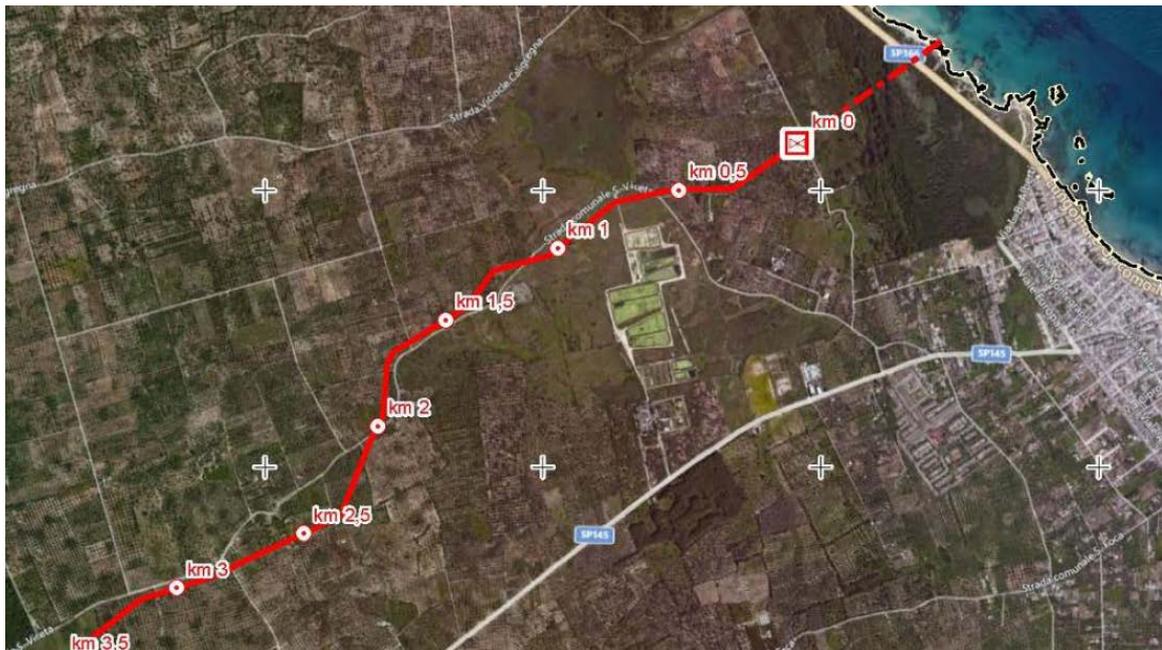


Figura 3-1: tracciato a terra del gasdotto, dall'approdo al KP 3.5 (fonte: IPL00-ENT-100-F-DFO-0001)

Project Title: **Trans Adriatic Pipeline – TAP**

Document Title: **Studio geotecnico e geofisico lungo il tracciato del gasdotto - Italia**

IPL00-URS-000-Q-TRG-0001
Rev.: 01

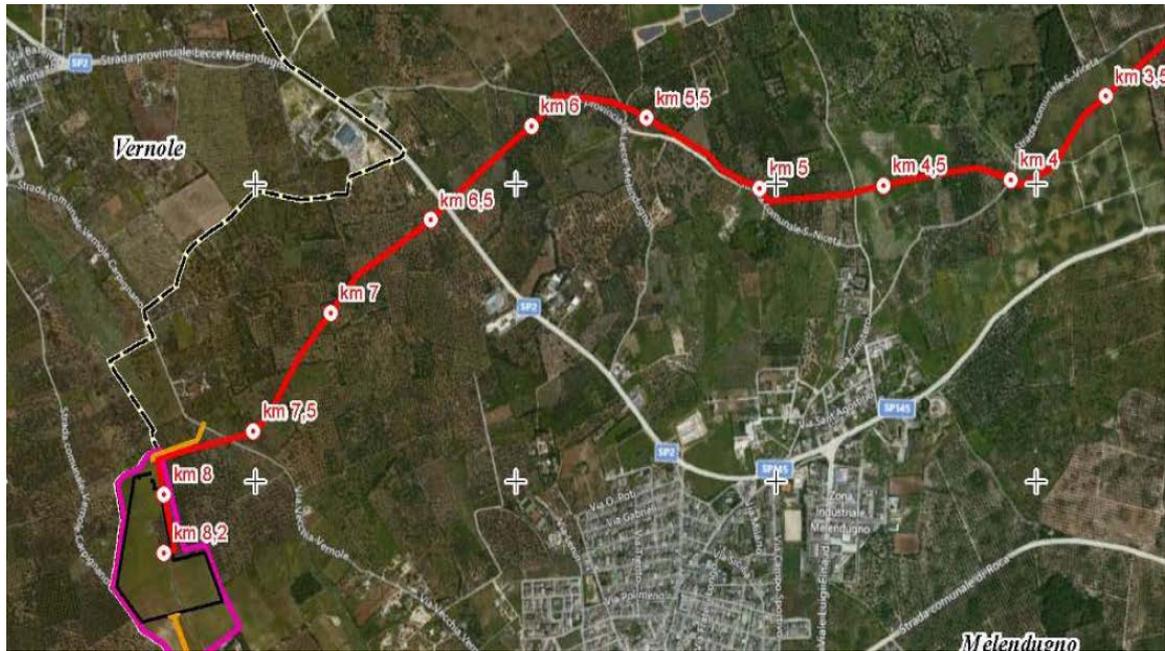


Figura 3-2: tracciato a terra del gasdotto, dal KP 3.0 al PRT (fonte: IPL00-ENT-100-F-DFO-0001)

	Pagina 18 di 86				
	Area Code	Comp. Code	System Code	Disc. Code	Doc.- Type
Project Title:	Trans Adriatic Pipeline – TAP				
Document Title:	Studio geotecnico e geofisico lungo il tracciato del gasdotto - Italia				
					IPL00-URS-000-Q-TRG-0001 Rev.: 01

4 INQUADRAMENTO GEOLOGICO

4.1 Geomorfologia

Il paesaggio salentino è caratterizzato da una serie di piane lievemente ondulate di varia estensione e forma, in genere estese in direzione NW-SE, e caratterizzate da differenti quote (Allegato 01). I versanti che congiungono le piane rappresentano principalmente superfici di faglia o antiche scarpate costiere (Sansò et al., 2004).

I più importanti rilievi sono le “Serre”, bassi crinali tabulari nel settore occidentale del Salento, con andamento NNW – SSE e NW – SE, che di norma tagliano i calcari cretaceo–paleogenici e raggiungono quote di 200 m s.l.m. Esse hanno una complessa origine strutturale, rappresentando porzioni di un’antica (pre–miocenica) superficie di erosione tropicale (etchplain, Sansò et al., 2004) modellata da doline riempite di depositi residuali bauxitici e da piccoli rilievi a forma di cupola.

Verso la costa adriatica il rilievo è meno marcato e le creste tabulari meno estese. Lungo la costa, a N di Otranto, dei bacini lacustri occupano delle depressioni a forma romboidale allineate in direzione N-S e probabilmente associate a recente attività tettonica (Sansò et al., 2004).

A causa dell’estesa presenza di rocce carbonatiche, il Salento è particolarmente interessato dal carsismo, che è esteso dai calcari e le dolomie del Mesozoico alle unità più recenti, coinvolgendo anche i depositi pleistocenici delle Calcareniti di Gravina.

Secondo Sansò et al. (2004), si possono riconoscere quattro fasi di sviluppo del carsismo:

- 1) la prima ha età paleogenica e si è sviluppata sui calcari mesozoici, producendo un paesaggio tabulare in un clima tropicale, con intensi processi di dissoluzione;
- 2) la seconda ha avuto luogo nel Pliocene: si possono osservare solo poche forme carsiche di questa fase, nei depositi della Pietra Leccese, forse a causa dell’intensa erosione che ha colpito il paesaggio;
- 3) la terza ha età infra-medio-pleistocenica ed è connessa ad un livello di base del mare più basso di quello attuale. Gran parte delle forme carsiche attuali appartengono a questa fase;
- 4) l’ultima fase è datata Pleistocene medio-superiore. Solo poche forme sotterranee rinvenute nella Calcarenite di Gravina possono essere attribuite a questa fase.

Nel Salento settentrionale il carsismo sotterraneo è principalmente caratterizzato da grotte ipogee di varia grandezza, di solito a sviluppo sub-orizzontale, 1) vicino a dislocazioni tettoniche e/o 2) lungo i giunti di stratificazione delle formazioni calcaree o 3) come carsismo di contatto tra i calcari mesozoici e le meno solubili formazioni cenozoiche. Queste grotte possono occasionalmente collassare e quindi formare delle doline, particolarmente diffuse nelle aree costiere sia dello Ionio che dell’Adriatico (Parise et al., 2008).

Altro tipico carattere del paesaggio salentino, in relazione con il carsismo, è l’assenza di un reticolo idrografico ben sviluppato e la presenza di bacini endoreici in cui si trovano depressioni e doline che costituiscono i punti di recapito del ruscellamento. In questi tipi di bacini non è possibile definire un’efficace rete di drenaggio; il ruscellamento è normalmente disperso e solo localmente incanalato in vie preferenziali nei dintorni di depressioni più ripide.

	Pagina 19 di 86				
	Area Code	Comp. Code	System Code	Disc. Code	Doc.- Type
Project Title:	Trans Adriatic Pipeline – TAP				
Document Title:	Studio geotecnico e geofisico lungo il tracciato del gasdotto - Italia				
					IPL00-URS-000-Q-TRG-0001 Rev.: 01

L'area attraversata dalla condotta onshore è caratterizzata da un profilo quasi piatto, con quote all'incirca da 7 a 46 m slm.

4.2 Geologia

Il Salento appartiene alla Piattaforma Apula, la quale rappresenta l'avampese dell'Appennino Campano-Lucano, ed è formato da una spessa sequenza stratigrafica carbonatica di età mesozoica, ricoperta in trasgressione da depositi organogenici e/o calcarenitici paleogenico-oligocenici e da una sottile successione carbonatico-terrigena di età quaternaria.

La successione stratigrafica, definita da Largaiolli et al. (1969) nella Carta Geologica d'Italia ("F° 214 – Gallipoli; Carta geologica d'Italia a scala 1:100.000") e da Ciaranfi et al. (1988) nella "Carta geologica delle Murge e del Salento", è stata recentemente modificata da studi dettagliati di Bossio et al. (2005, 2006), svolti nell'area di Lecce e nella regione costiera del Salento da Otranto a Santa Maria di Leuca.

Di seguito si riporta una breve descrizione delle unità stratigrafiche del Salento, dalla più antica alla più recente.

Calcari di Altamura (Calcari di Melissano e Dolomie di Galatina) – Cretacico superiore

La sequenza carbonatica mesozoica affiora nella parte interna del Salento formando i rilievi più elevate della regione. Essa consiste di un'alternanza di strati a spessore variabile di calcari micritici compatti e calcari dolomitici bianchi/grigi (Bossio et al., 2006). Lo spessore complessivo è considerevole, raggiungendo almeno 1000 m. L'ambiente deposizionale è tipico di un'estesa piattaforma carbonatica interna, con rinvenimento di successioni cicliche *tidali (di marea, Ndr)*.

Nel Foglio "F 214 – Gallipoli" della Carta Geologica d'Italia, Largaiolli et al. (1969) hanno istituito due formazioni mesozoiche, le Dolomie di Galatina e i calcari di Melissano. In seguito Ciaranfi (1988), ha chiamato "Calcari di Altamura" la sequenza mesozoica del Salento. Tale denominazione è stata mantenuta da alcuni autori (Margiotta et al., 2006, Bruno et al., 2008), mentre Bossio (2006) ha ripreso la precedente denominazione "Calcari di Melissano".

Formazione di Galatone (Oligocene superiore) e Formazione di Lecce (Oligocene Superiore - Miocene Inferiore)

Tali formazioni affiorano a sud-ovest di Lecce. La Formazione di Galatone è composta da calcari micritici compatti grigi-bianchi, marne e depositi sabbioso-argillosi (Bossio et al., 2006), di spessore modesto (tra 10 e 70 m). La Formazione di Lecce è caratterizzata da calcareniti di colore da bianco a marrone chiaro e spessore pari approssimativamente a 60 m.

Pietra Leccese - Burdigaliano-Tortoniano (Messiniano)

Affiorante estesamente intorno a Lecce ed in un'area delimitata da Strudà, Vernole e Acaia, questa formazione costituita da due successioni leggermente differenti (Calò et al., 2005): la successione inferiore è rappresentata da una biomicrite marnosa detritica giallo pallido a tessitura compatta, quella superiore è costituita da calcari glauconitici, frequentemente con tessitura tenera e porosa. Il calcare glauconitico è chiamato localmente "Piromafo" (Ciaranfi et al., 1988).

La sequenza litologica indica un ambiente da litorale a piattaforma aperta. Lo spessore Massimo è di 80 m.

	Pagina 20 di 86					
	Area Code	Comp. Code	System Code	Disc. Code	Doc.-Type	Ser. No.
Project Title:	Trans Adriatic Pipeline – TAP					IPL00-URS-000-Q-TRG-0001 Rev.: 01
Document Title:	Studio geotecnico e geofisico lungo il tracciato del gasdotto - Italia					

Calcarenite di Andrano - Messiniano

Ampliamente affiorante ad Est e Sud-Est di Lecce, tale formazione rappresenta la sequenza regressiva di chiusura del ciclo miocenico dovuta all'emersione dell'intera penisola salentina (Bossio et al., 2006). È composta da calcari bioclastici, calcari detritici o oolitici, con calcari marnosi e marne in subordine. Tali depositi sono in alternanza teneri/porosi e compatti.

L'associazione di facies indica un ambiente deposizionale vicino al limite della zona neritica nella sequenza basale, con evidenza di una progressiva diminuzione della profondità nella successione sommitale (Bossio et al., 2006). Lo spessore totale raggiunge i 50 metri.

Formazione di Leuca– Pliocene inferiore (Miocene superiore)

Spessa solo pochi metri, la Formazione di Leuca forma una striscia continua tra la Calcarenite di Andrano e la Formazione di Uggiano la Chiesa. È costituita da brecce, conglomerati e, in subordine, da biomicriti glauconitiche (Bossio et al., 2006). La fauna bentonica ritrovata suggerisce un ambiente deposizionale di mare basso.

Formazione di Uggiano la Chiesa– Pliocene inferiore

Forma una larga striscia che marca la linea di costa del Mare Adriatico e consiste di calcari stratificati e fossiliferi biodetritici, in genere teneri, e sabbie calcaree, il tutto di spessore pari a circa 50 meters. La base della successione è caratterizzata da uno strato conglomeratico, costituito da ciottoli fosfatici in una matrice calcareo-fosfatica di colore chiaro. La sequenza basale è di norma a grana fine e localmente ha composizione marnosa, mentre la sequenza sommitale è rappresentata da sedimenti calcarei a grana da media a grossolana. Nell'area di Lecce, l'ambiente deposizionale è rappresentato dalla zona neritica, interna o esterna (Bossio et al., 2006).

Calcarenite di Gravina (Calcarenite del Salento) – Plio-Pleistocene

Affiora ad E di Calimera e ad O di Vernole, fino a Borgagne ed è caratterizzata da una considerevole variabilità litologica, includendo infatti calcareniti marnose poco coerenti di grana da media a fine; calcareniti fossilifere grossolane; sabbie calcaree grossolane; sabbie limose o limi sabbiosi più o meno cementate; in genere la calcarenite è di colore giallastro o grigiastro, mentre gli altri litotipi possono essere ricoperte da una crosta superficiale gialla o rossastra. L'ambiente di deposizione è litorale. Corrisponde alla facies calcarenitica plio–pleistocenica della Calcarenite del Salento nel "F° 214 – Gallipoli della Carta geologica d'Italia".

Argille subappenniniche - Pleistocene

Le Argille subappenniniche non affiorano nell'area costiera ma sono riconosciute nel sottosuolo, in alcune colonne stratigrafiche di pozzi. L'unità è composta principalmente da argille e argille marnoso-siltose stratificate con rare intercalazioni sabbiose (Ciaranfi et al., 1988). Lo spessore può raggiungere 250 m sul lato occidentale del Salento.

Depositi Continentali Recenti

Presenti lungo la costa, comprendono sedimenti limosi e argillosi con strati torbosi, di ambiente lagunare o di palude, e sabbie eoliche che formano dune costiere.

Project Title: **Trans Adriatic Pipeline – TAP**

Document Title: **Studio geotecnico e geofisico lungo il tracciato del gasdotto - Italia**

IPL00-URS-000-Q-TRG-0001
Rev.: 01

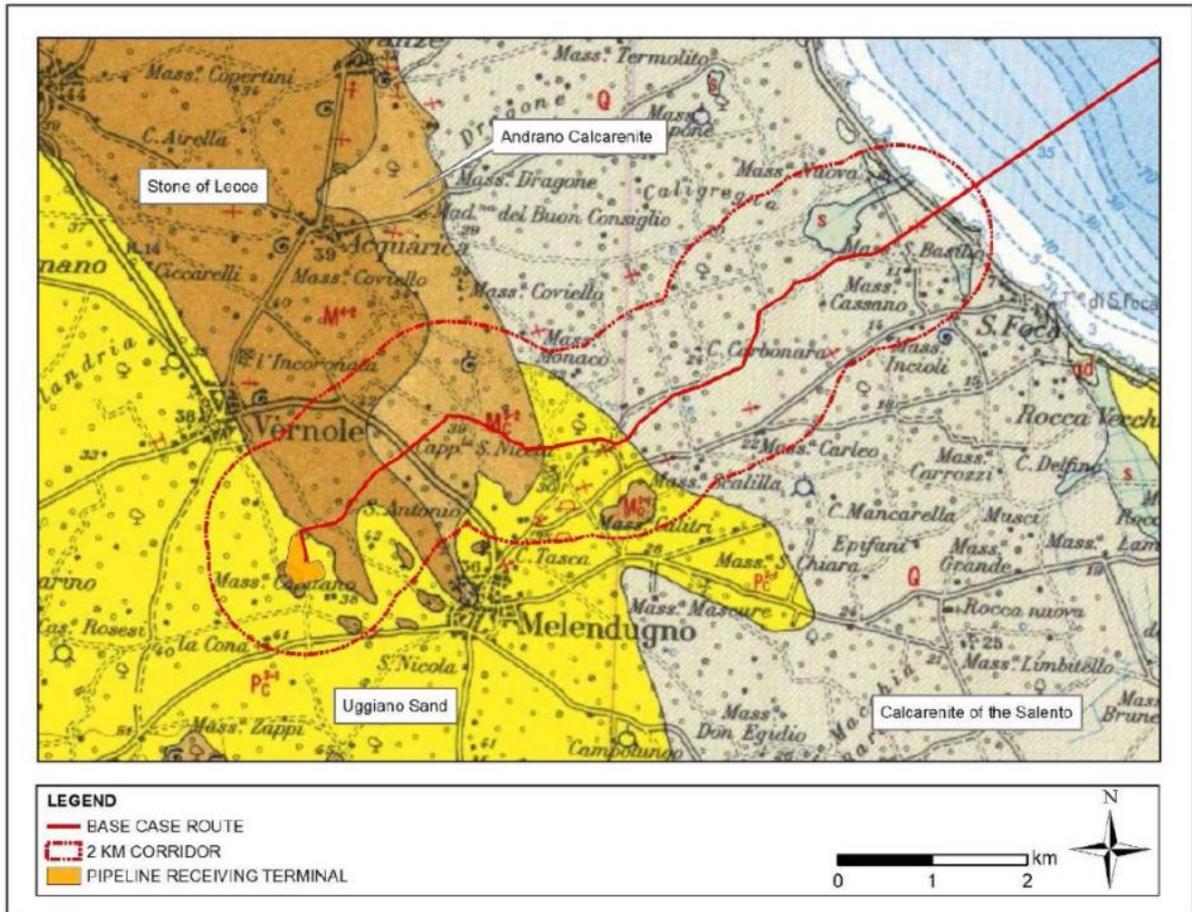


Figura 4-1: F° 214 – Gallipoli; Carta geologica d'Italia a scala 1:100.000.

Project Title: **Trans Adriatic Pipeline – TAP**

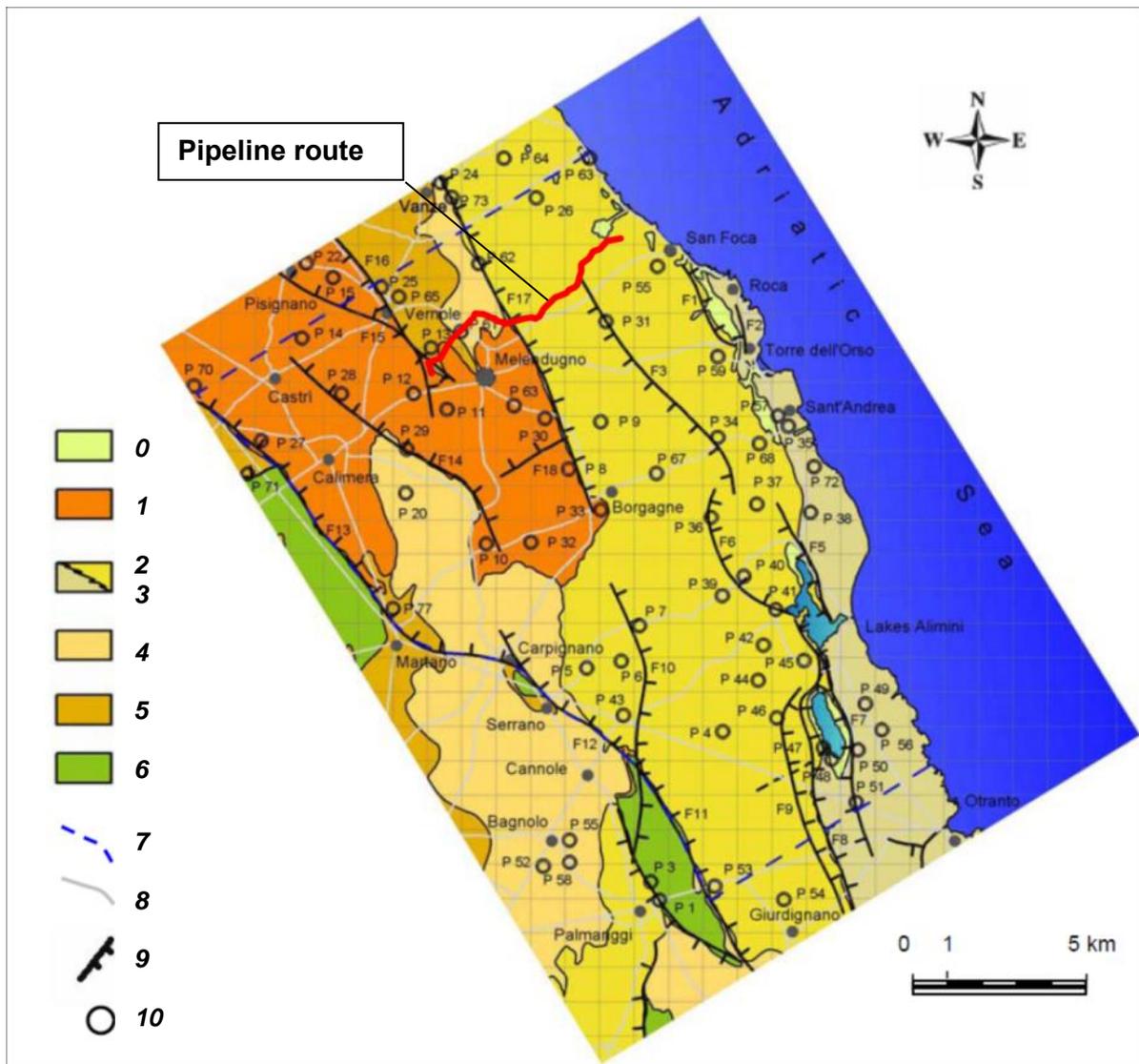
 Document Title: **Studio geotecnico e geofisico lungo il tracciato del gasdotto - Italia**
IPL00-URS-000-Q-TRG-0001
Rev.: 01


Figura 4-2: carta geologica dell'area circostante il tracciato del gasdotto (linea rossa). Da Bruno et al., 2008, modificato. LEGENDA: 1) sabbie e sedimenti alluvionali (recente); 2) arenarie a grana grossa, formazione delle "Calcareniti di Gravina" (Plio-Pleistocene); 3) sabbia detritica con strati di calcarenite intercalati, 4) calcilitite glauconitica, Formazione delle "Sabbie di Uggiano" (Pliocene); 5) calcarenite a grana media con strati di calcari marnosi intercalati, Formazione della "Calcarenite di Andrano" (Miocene sup.); 6) calcareniti marnose a grana fine (Miocene sup.), Formazione della "Pietra Leccese"; 7) calcari e calcari dolomitici (Cretaceo sup.) Formazione di "Altamura"; (8) limiti dell'area studiata; (9) strade principali; (10) faglie probabili; (11) sondaggi geognostici.

Il tracciato del gasdotto attraversa affioramenti delle formazioni delle "Sabbie di Uggiano", della Calcarenite di Andrano, della Pietra Leccese e delle Calcareniti di Gravina.

Project Title: **Trans Adriatic Pipeline – TAP**

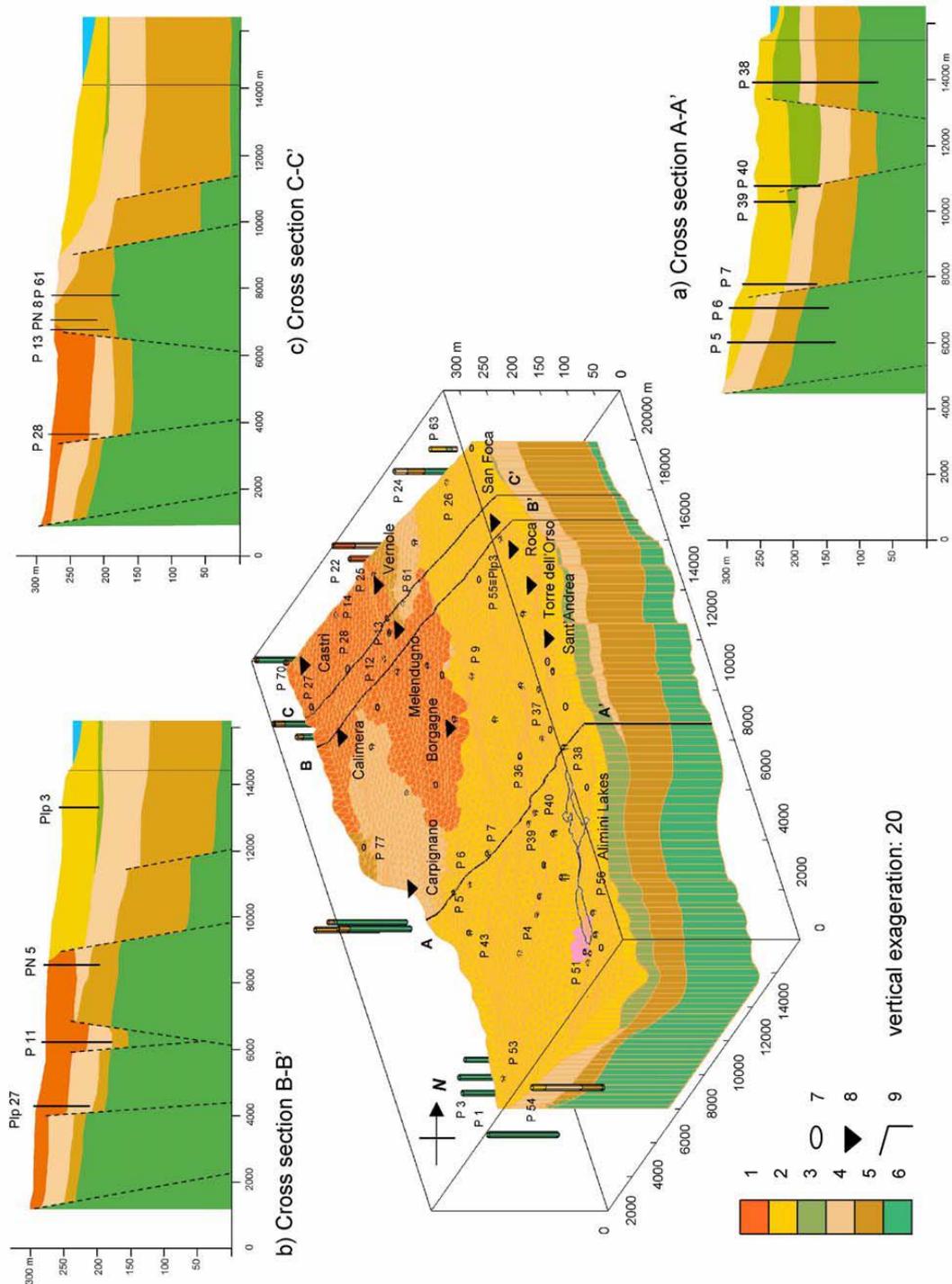
 Document Title: **Studio geotecnico e geofisico lungo il tracciato del gasdotto - Italia**
IPL00-URS-000-Q-TRG-0001
Rev.: 01


Figure 4-3: Modello geolitologico 3D a sezione estrapolata: (1) arenaria a grana grossa, (2) sabbia con strati di arenaria intercalati, (3) argilla sabbiosa e marna argillosa, (4) calcarenite a grana media con strati calcareo-marnosi intercalati, (5) arenaria marnosa a grana fine, (6) calcare fratturato e calcari dolomitici, (7) la posizione del sondaggio geognostico, (8) posizione delle cittadine principali, (9) linea di sezione trasversale.

Project Title: **Trans Adriatic Pipeline – TAP**

 Document Title: **Studio geotecnico e geofisico lungo il tracciato del gasdotto - Italia**
IPL00-URS-000-Q-TRG-0001
Rev.: 01

4.3 Assetto strutturale

L'Avampaese Pugliese è deformato da un'ampia piega antiforme con direzione ONO – ESE, estesa dalla Fossa Bradanica al Mar Adriatico (Doglioni et al., 1996).

La struttura del Salento meridionale è dissecata da faglie normali con direzione NO – SE, di età variabile (dal tardo Cretacico al Pleistocene), formanti una serie di rilievi (horst) e depressioni (graben) strutturali estese lungo i piani assiali aventi direzione NO-SE.

A scala regionale, l'antiforme pugliese mostra i blocchi fagliati più grandi immergenti verso la Fossa Bradanica ed il Mar Adriatico (Doglioni et al., 1996). A causa di questa struttura le formazioni mesozoiche affiorano nel settore interno della regione.

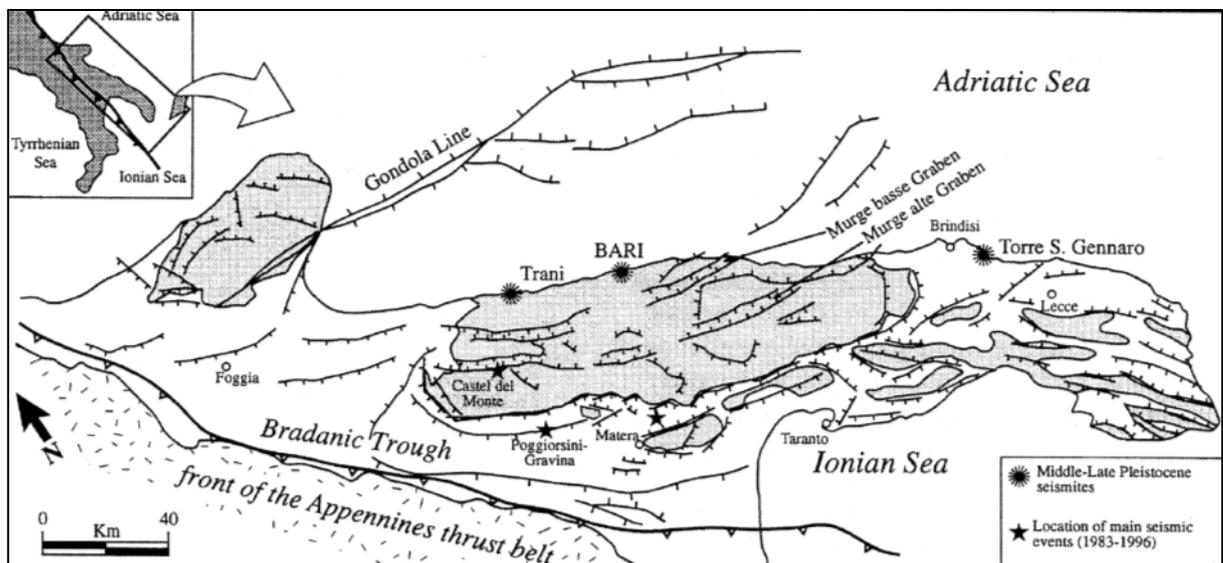


Figura 4-4: schema strutturale dell'Avampaese Pugliese: ubicazione di sismiti e principali eventi sismici (attività tettonica quaternaria nell'Area delle Murge – Avampaese Pugliese – Italia Meridionale. Pieri et alii, 1997)

Nell'area in studio, la struttura ha un assetto monoclinale con una leggera immersione verso la costa ionica (Ciaranfi et al., 1988).

	Pagina 25 di 86				
	Area Code	Comp. Code	System Code	Disc. Code	Doc.- Type
Project Title:	Trans Adriatic Pipeline – TAP				IPL00-URS-000-Q-TRG-0001 Rev.: 01
Document Title:	Studio geotecnico e geofisico lungo il tracciato del gasdotto - Italia				

4.4 Pericolosità sismica

4.4.1 Classificazione sismica italiana

Secondo la normativa italiana (Decreto Legislativo n. 122 del 1998, Decreto del Presidente della Repubblica n. 380 del 2001, - "Testo Unico delle Norme per l'Edilizia"), l'intero territorio nazionale è stato classificato come segue:

- Zona 1 – la classe più pericolosa, dove possono accadere i terremoti più forti.
- Zona 2 – i Comuni in questa classe possono essere colpiti da terremoti piuttosto forti.
- Zona 3 – i Comuni in questa classe possono essere soggetti a modesti eventi sismici.
- Zona 4 – la meno pericolosa: i Comuni in questa classe hanno una bassa probabilità di danni sismici.

Il Governo italiano ha compilato un elenco di Comuni con la zona cui ciascuno di essi appartiene, con un grado decrescente di pericolosità.

Le aree in precedenza "non classificate" adesso rientrano nella zona 4 qui descritta, all'interno della quale le Regioni hanno il potere di rendere obbligatoria la pianificazione anti-sismica. Inoltre, ogni zona ha un valore di azione sismica utile per la pianificazione di cui sopra, espressa in termini di massima accelerazione in roccia (zona 1=0,35 g, zona 2=0,25 g, zona 3=0,15 g, zona 4=0,05 g).

Un nuovo studio, allegato al OPCM n. 3519/06, ha fornito alle Regioni uno strumento aggiornato per la classificazione territoriale, introducendo intervalli di accelerazione con una probabilità di eccedenza dell'accelerazione di picco (a_g) uguale a 10% in 50 anni, da assegnare alle 4 zone sismiche.

Tab. 4-1: Suddivisione in zone sismiche secondo l'accelerazione di picco su suolo rigido (a_g) (OPCM 3519/06)

Seismic zone	Acceleration with probability of exceeding equal to 10% in 50 years (a_g)
1	$a_g > 0,25$
2	$0,15 < a_g \leq 0,25$
3	$0,05 < a_g \leq 0,15$
4	$a_g \leq 0,05$

In base agli indirizzi ed ai criteri istituiti a livello nazionale, alcune Regioni hanno classificato il loro territorio in quattro zone, come descritto in Tab. 4-1, ed altri adottando tre zone ed introducendo, in alcuni casi, anche delle sub-zone, per meglio adattare la normativa ai caratteri di sismicità.

I dettagli ed i significati della zonazione secondo ogni Regione sono contenuti nelle norme regionali. A prescindere dalla scelta della singola regione, ogni zona o subzona ha un valore fondamentale di pericolosità, espresso in termini di massima accelerazione su suolo rigido (a_g), che non influenza la pianificazione.

	Pagina 26 di 86					
	Area Code	Comp. Code	System Code	Disc. Code	Doc.- Type	Ser. No.
Project Title: Trans Adriatic Pipeline – TAP Document Title: Studio geotecnico e geofisico lungo il tracciato del gasdotto - Italia	IPL00-URS-000-Q-TRG-0001 Rev.: 01					

La vigente normativa tecnica per le costruzioni (Decreto Ministeriale del 14 January 2008), infatti, ha modificato il ruolo che la classificazione sismica ha avuto per gli scopi di pianificazione: per ciascuna zona – e perciò per il territorio comunale– è stato fornito un valore di accelerazione di picco e di conseguenza uno spettro di risposta elastica per calcolare le azioni sismiche. A partire dal 1 Luglio 2009, le Norme Tecniche per le costruzioni 2008 sono entrate in vigore: ogni edificio ha la propria accelerazione, secondo le coordinate geografiche dell’area di progetto e secondo la vita nominale di progetto dell’edificio: il grado di pericolosità di base può quindi essere definito per ciascun punto del territorio nazionale, entro un’area di 5 m², a prescindere dai confini amministrativi locali. La classificazione sismica (alla cui zona sismica appartiene un Comune) è perciò utile solo per la gestione della pianificazione ed il controllo del territorio da parte degli organi competenti.

Il Salento è classificato come “Zona 4”. I Comuni di quest’area hanno una scarsa probabilità di danni sismici.

Project Title: **Trans Adriatic Pipeline – TAP**
 Document Title: **Studio geotecnico e geofisico lungo il tracciato del gasdotto - Italia**

IPL00-URS-000-Q-TRG-0001
Rev.: 01

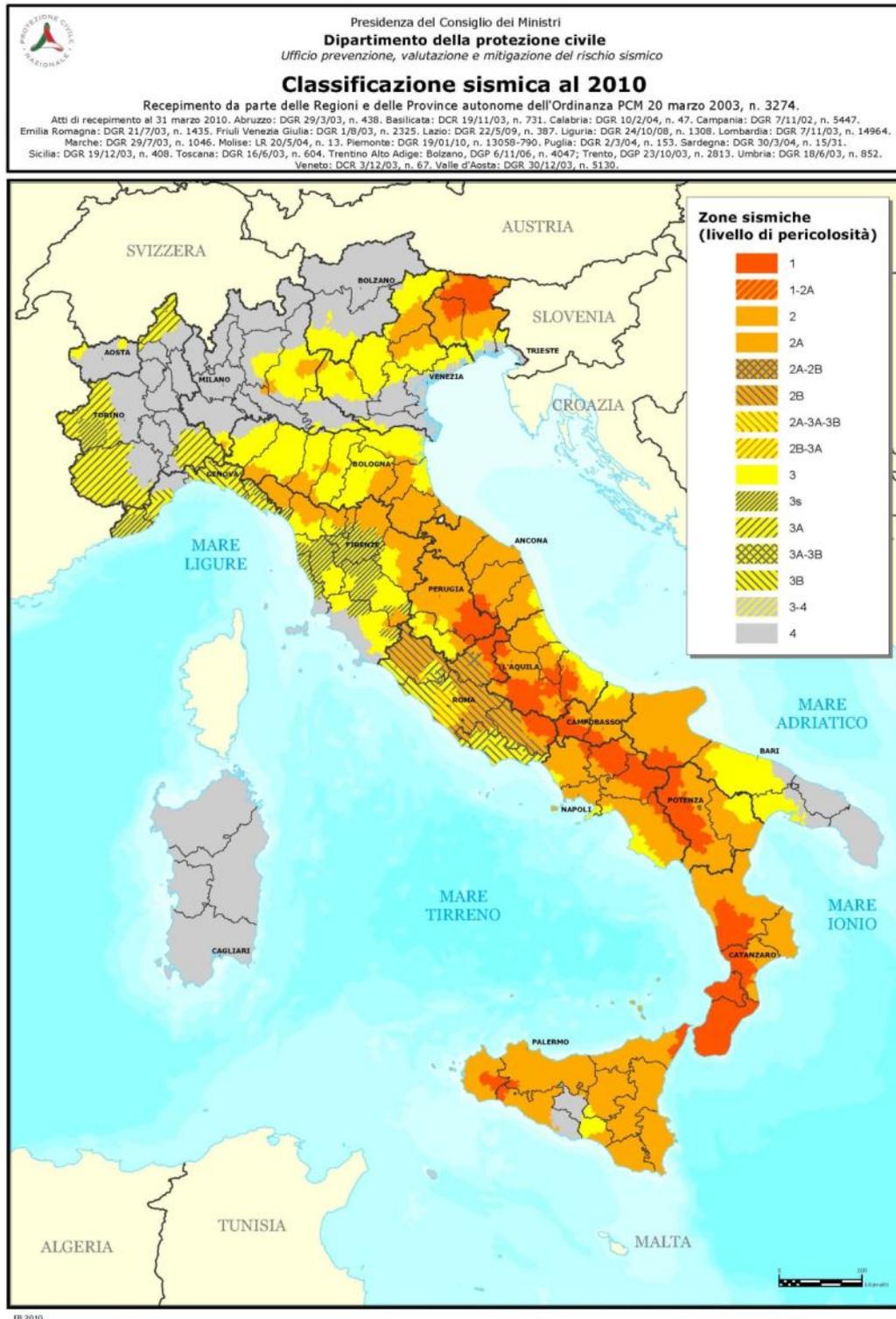


Figura 4-5: Classificazione Sismica Italiana.

Tuttavia il DGR della Regione Puglia n. 153 del 2 Marzo 2004 – “Individuazione delle zone sismiche del territorio regionale e delle tipologie di edifici ed opere strategici e rilevanti: approvazione del programma temporale e delle indicazioni per le verifiche tecniche da effettuarsi sugli stessi” richiede

Project Title: **Trans Adriatic Pipeline – TAP**

 Document Title: **Studio geotecnico e geofisico lungo il tracciato del gasdotto - Italia**
**IPL00-URS-000-Q-TRG-0001
Rev.: 01**

che la progettazione anti-sismica di nuovi edifici ed infrastrutture definiti come strategici e rilevanti per la protezione civile e classificati in Zona 4 (come ad esempio il Microtunnel), deve essere realizzata secondo i parametri definiti per la Zona 3.

Pochi terremoti storici sono stati registrati in Salento. La distribuzione dei loro epicentri assieme alla vigente mappa della pericolosità sismica in Italia (Ordinanza PCM, 2006), in cui la Puglia meridionale è caratterizzata da valori compresi tra 0.050-0.075 g dell'accelerazione di picco orizzontale del suolo a_g (Figura 4-6) permette di classificare quest'area come a bassa pericolosità.

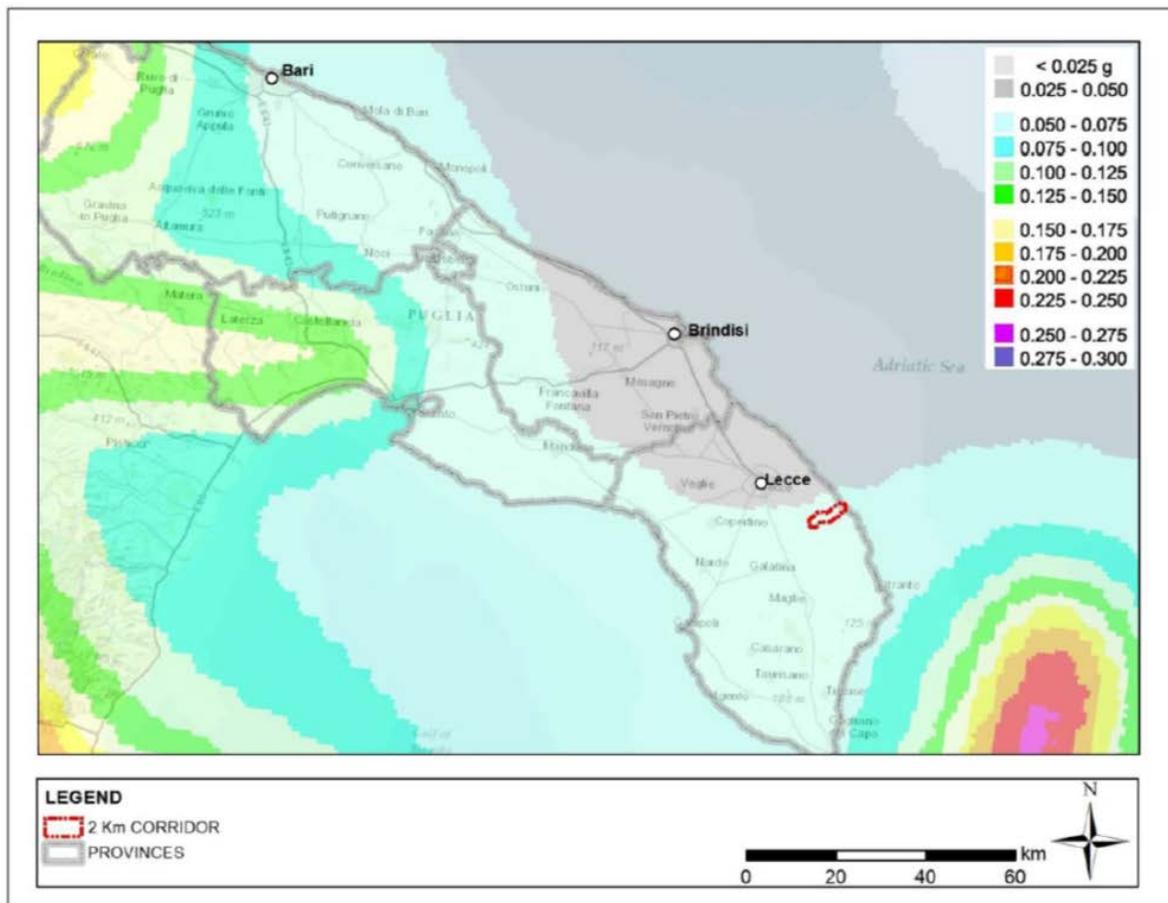
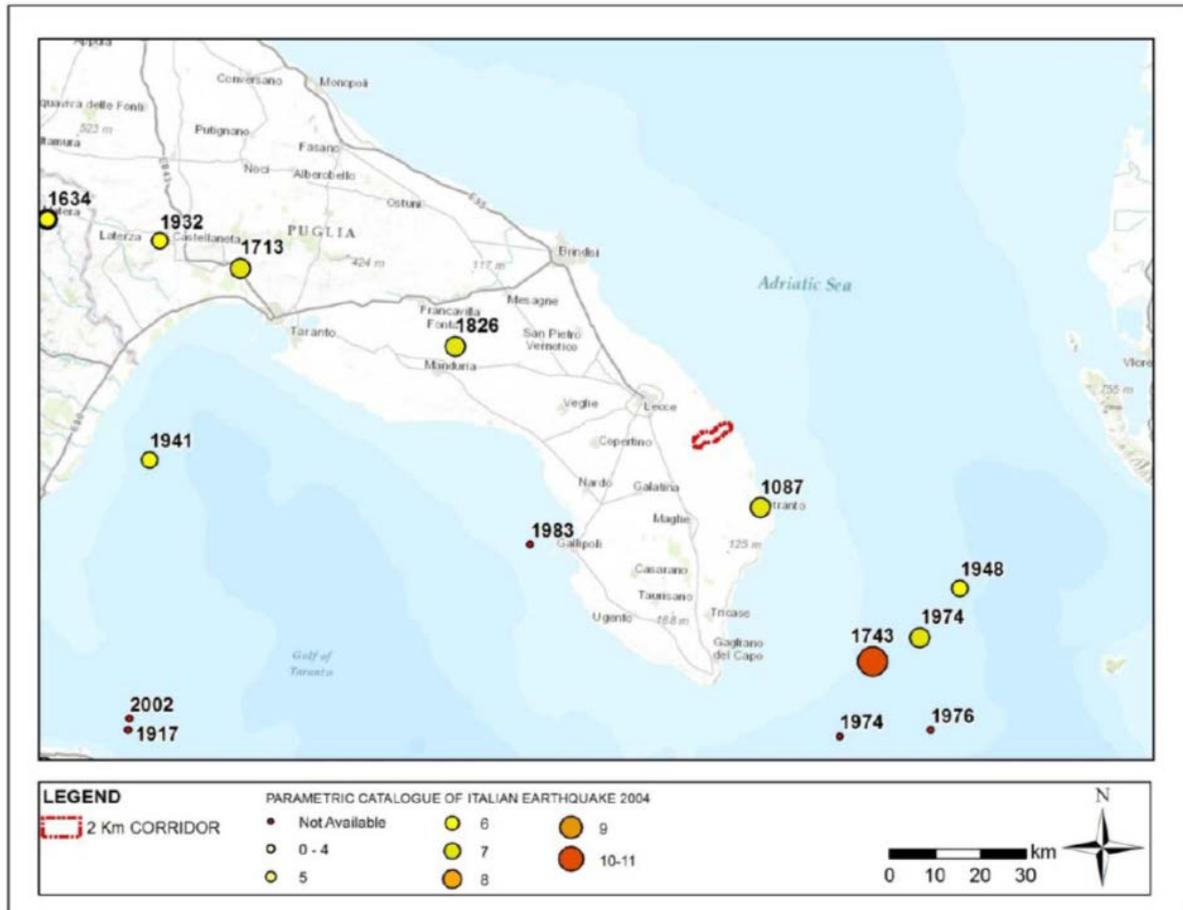


Figura 4-6: Pericolosità Sismica

La Figura 4-7 mostra gli eventi sismici registrati in Salento attorno all'area di studio (271 B.C – 2002 A.D.). L'intensità epicentrale (MCS, scala Mercalli-Cancani-Sieberg) è stata riportato al fine di usare tale parametro come sistema omogeneo di misurazione dell'attività tettonica.

Project Title: **Trans Adriatic Pipeline – TAP**

 Document Title: **Studio geotecnico e geofisico lungo il tracciato del gasdotto - Italia**
**IPL00-URS-000-Q-TRG-0001
Rev.: 01**


Source: CPTI04 Parametric Catalogue of Italian Earthquake

Figura 4-7: Principali terremoti registrati (Scala MCS)

Il terremoto di maggiore intensità è quello del 1743, parametrizzato dal Gruppo di Lavoro CPTI (2004; di seguito CPTI04) con un'intensità epicentrale $I_0=IX-X$ MCS ed una magnitudo momento $M_{aw}=6.9$, con epicentro posizionato in mare a SE della costa Salentina. Altri terremoti con epicentro in Salento indicati dal rapporto CPTI04 son i seguenti:

- 1826, con leggeri danni in Manduria e Crispiano
- 1087, con danni nell'area di Otranto

In conclusione, in base alla distribuzione dei terremoti storici nell'area di interesse e dei caratteri sismogenetici della regione, l'area interessata dalla costruzione del gasdotto presenta un bassissimo indice sismo genetico ed altrettanto bassi sono la frequenza degli eventi e la loro Magnitudo.

Riguardo alla pericolosità sismica, i massimi valori attesi di accelerazione orizzontale del terreno al livello di roccia madre per il gasdotto in oggetto e definiti secondo le recenti NTC 2008 sono particolarmente bassi.

Project Title: **Trans Adriatic Pipeline – TAP**

 Document Title: **Studio geotecnico e geofisico lungo il tracciato del gasdotto - Italia**
IPL00-URS-000-Q-TRG-0001
Rev.: 01

4.5 Idrologia ed idrogeologia

4.5.1 Idrologia

Il reticolo idrografico della penisola salentina è rappresentato, piuttosto che da corsi d'acqua nel vero senso del termine, da linee di flusso in cui le acque meteoriche sono canalizzate e che interessano le aree a quota inferiore, dove affiorano in prevalenza sabbie, sabbie e argille o calcareniti, all'esterno delimitati da creste calcaree.

Queste linee drenano le acque meteoriche trasportandole verso forme infossate chiamate con nome locale "cupe" oppure verso doline o inghiottitoi, tutte aree spesso soggette ad alluvionamento durante piogge intense. L'assenza di un reticolo di drenaggio superficiale ben sviluppato è una caratteristica del paesaggio carsico.

Il tracciato di progetto non attraversa alcun corso d'acqua permanente o stagionale. In prossimità dell'approdo della condotta, solo due torrenti stagionali sono stati mappati. Circa 530 m a N, un ruscello scorre parallelo al tracciato, collegando la palude al mare (Figura 4-8). L'altro torrente recapita circa 350 m a S.

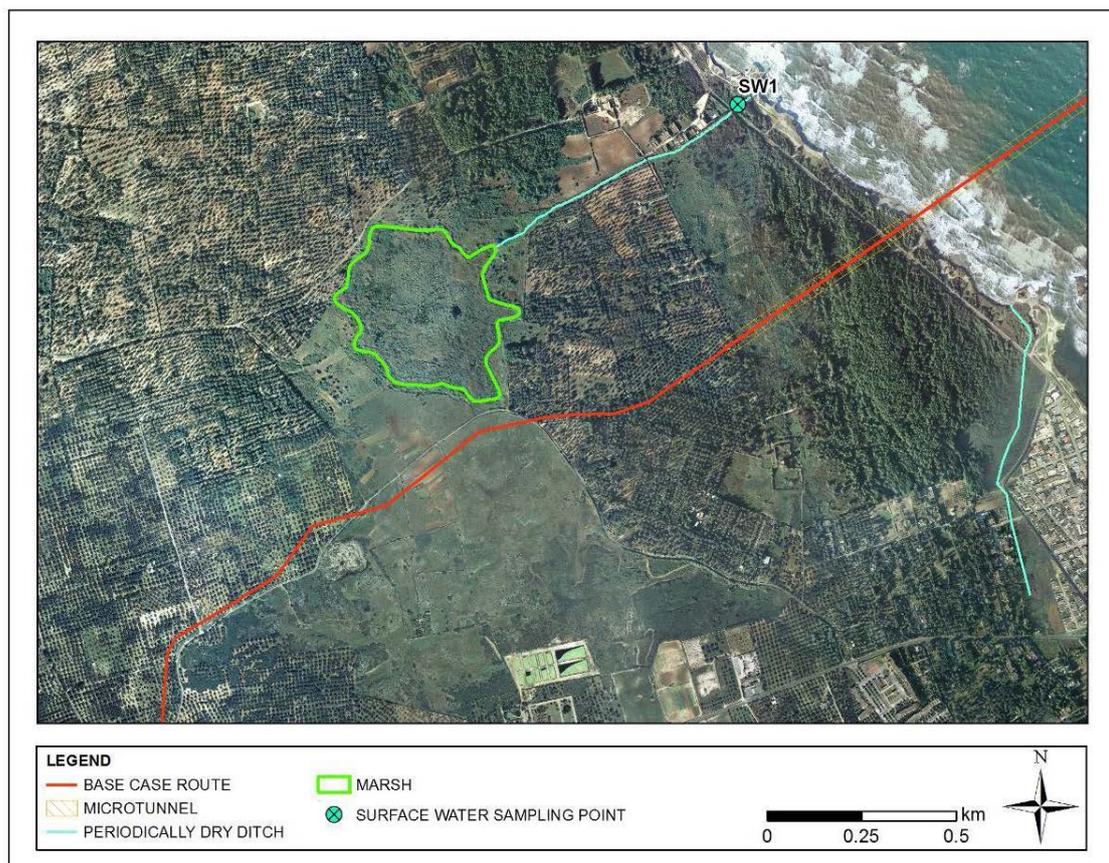


Figura 4-8: Acque superficiali Fonte: ERM (November 2011)

Da un punto di vista idraulico e idrogeologico il percorso si snoda nei pressi di due aree endoreiche oggetto di indagini da parte dell'Autorità di Bacino, al Kp 4,5 e 5,5 (secondo la comunicazione ufficiale n° AO Prot 2012/08/10 8,50 0.011.854 di Autorità di Bacino). Anche se non sono previsti

	Pagina 31 di 86					
	Area Code	Comp. Code	System Code	Disc. Code	Doc.-Type	Ser. No.
Project Title:	Trans Adriatic Pipeline – TAP					IPL00-URS-000-Q-TRG-0001 Rev.: 01
Document Title:	Studio geotecnico e geofisico lungo il tracciato del gasdotto - Italia					

vincoli dal PAI in queste zone, l'Autorità di Bacino richiede che la posa della condotta non incida negativamente sul regime idraulico delle aree. Inoltre qualsiasi accumulo di sedimenti, risultante da eventi climatici eccezionali, non deve causare malfunzionamento e / o inefficienze del gasdotto. Questi aspetti sono verificati attraverso lo Studio di compatibilità idraulica del gasdotto IPL00-URS-000-Q-TRS-0001.

4.5.2 Idrogeologia

La Puglia rappresenta un ambiente idrogeologico complesso. Il Salento è caratterizzato da due acquiferi: il primo, superficiale, è composto da sedimenti del Mio-Plio-Pleistocene contenenti uno o due corpi idrici. La geometria del secondo è spesso difficile da determinare, poiché i sedimenti giacciono in limitati intervalli di roccia permeabile all'interno di un più generale contesto di depositi impermeabili. Il secondo acquifero, profondo, è composto da formazioni carbonatiche mesozoiche. In particolare:

- l'acquifero superficiale è ubicato nelle Calcareniti del Salento e nelle Sabbie di Uggiano; la sua ricarica è dovuta quasi esclusivamente alle precipitazioni che piovono sugli affioramenti di tali formazioni; esso mostra un grado di permeabilità relativo alla frazione limosa e/o limoso-argillosa all'interno delle sabbie; non possiede in genere un'elevata capacità di immagazzinamento e la falda idrica è soggetta a variazioni stagionali del livello;
- le Argille subappenniniche formano un acquitardo che separa la falda superficiale da una falda semiconfinata presente nelle Calcareniti di Andrano; tali falde sono tra di loro connesse;
- la Pietra Leccese rappresenta un impermeabile che separa l'acquifero multifalda superficiale dall'acquifero profondo ubicato nella Formazione dei Calcari di Altamura; la falda profonda è perciò confinata in questi depositi cretaci da i sovrastanti sedimenti miocenici (generalmente impermeabili).

L'acquifero superficiale e l'acquifero semi-confinato appartengono al sistema denominato acquifero multilivello superficiale. Il tracciato di progetto attraversa le aree morfologicamente depresse occupate da terreni plio-pleistocenici: qui si può ritrovare l'acquifero multilivello superficiale. In particolare, nel tratto iniziale (all'incirca nel primo km) il livello di falda è stato rinvenuto a profondità circa pari a 6 m (luglio 2013), le quali aumentano gradualmente dalla costa verso l'interno. Ciò non esclude la presenza di corpi idrici sospesi o discontinui all'interno delle calcareniti e tamponati dai livelli marnosi.

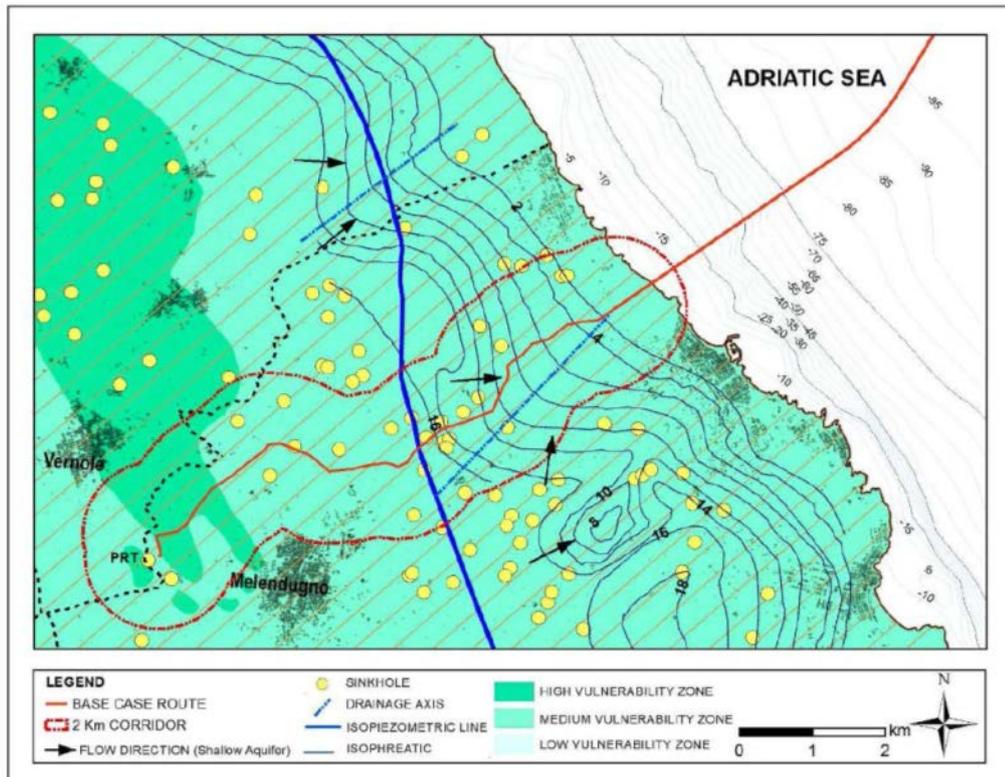
La seguente Figura 4-9 mostra il PRT, il gasdotto ed il microtunnel sovrapposti alla Carta Idrogeologica del PTCP (Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale) di Lecce. Essa evidenzia:

- le isofreatiche dell'acquifero superficiale, che diminuiscono gradualmente da 16 a 2 m s.l.m.;
- la direzione di flusso della falda nell'acquifero superficiale, indicata dalle frecce;
- la presenza di assi di drenaggio (SW-NE) che caratterizzano l'acquifero superficiale;
- il grado di vulnerabilità dell'acquifero, connesso alla permeabilità primaria e secondaria, dovuta al contenuto di limo e/op argilla nelle sabbie ed al grado di cementazione delle calcareniti.

Project Title: **Trans Adriatic Pipeline – TAP**

Document Title: **Studio geotecnico e geofisico lungo il tracciato del gasdotto - Italia**

IPL00-URS-000-Q-TRG-0001
Rev.: 01



Source: PTCP – ERM (May 2013)

Figura 4-9: tracciato del gasdotto e vulnerabilità idrogeologica fornita dal PTCP (Piano Provinciale di Coordinamento Territoriale di Lecce)

	Pagina 33 di 86				
	Area Code	Comp. Code	System Code	Disc. Code	Doc.-Type
Project Title:	Trans Adriatic Pipeline – TAP				
Document Title:	Studio geotecnico e geofisico lungo il tracciato del gasdotto - Italia				
					IPL00-URS-000-Q-TRG-0001 Rev.: 01

5 RESOCONTO DELLE ATTIVITÀ IN CAMPO

Secondo quanto indicato dalla documentazione riportata nei punti da 3 a 6 dell'elenco nel Paragrafo 1, sono state eseguite le seguenti attività:

- ricerca/bonifica di ordigni bellici inesplosi, di seguito indicata come “rilievi UXO” (Unexploded Ordnance);
- prospezioni geofisiche delle seguenti tipologie: TES (Tomografia Elettrica in Superficie), sismica a rifrazione, MASW (Multichannel Analysis Surface Waves);
- indagini geologiche e geotecniche (perforazioni, prelievo di campioni e prove in situ);
- sorveglianza archeologica nel corso delle perforazioni sui punti di indagine;
- rilievo topografico dei punti di indagine;
- analisi geotecniche in laboratorio sui campioni prelevati.

Sono stati inoltre raccolti dei campioni di suolo superficiale (di seguito “top-soil”) sottoposti ad analisi in laboratorio allo scopo di ricavarne la composizione chimica (cfr. 1.7.120, Bill of Quantities 19/09/2012).

I rilievi UXO, effettuati nel Luglio 2014, sono stati realizzati su un'area di circa 25 m² intorno a ciascun punto di indagine e fino ad una profondità di 5 m da piano campagna, da un'impresa specializzata ed accreditata presso il Ministero della Difesa, e non hanno evidenziato la presenza di ordigni inesplosi sia nel suolo che nel sottosuolo. Altrettanto, la sorveglianza archeologica non ha dato evidenza di manufatti antropici nelle carote recuperate durante le perforazioni.

I seguenti paragrafi descrivono in dettaglio le indagini eseguite.

5.1 Prospezioni geofisiche

Nel Giugno 2013 URS ha condotto una prima campagna di prospezioni geofisiche, effettuate lungo dei profili la cui ubicazione è riportata in “IAL00-URS-000-Q-TRG-0001_00—Geophysical Investigation Italy - Appendix E”.

Scopo delle indagini era il rilievo delle strutture geologiche presenti nel sottosuolo lungo il tracciato del gasdotto, in particolare della profondità del substrato roccioso, in modo da poter pianificare i lavori di scavo e posa in opera del gasdotto, possibilmente identificando eventuali fenomeni carsici e individuando aree dove sarebbero state necessarie ulteriori e più dettagliate indagini.

In seguito a URS sono state commissionate ad URS delle indagini geofisiche integrative che sono state eseguite da Marzo ad Aprile 2015.

Entrambe le campagne di indagine sono state realizzate mediante l'impiego di due specifiche metodologie, la TES e la sismica a rifrazione, tipicamente e comunemente usate in combinazione, poiché misurare sia i parametri geoelettrici che meccanici del sottosuolo permette di confermare i risultati di entrambe, migliora l'accuratezza ed evidenzia eventuali aree dove può essere opportuno eseguire ulteriori indagini.

La TES (Tomografia Elettrica in Superficie) si basa sulla misurazione delle variazioni di resistività a loro volta causate da variazioni fattori quali cambiamenti litologici (per esempio, si confronti il basalto con l'arenaria) o da variazioni locali di fattori come il contenuto d'acqua o il grado di costipazione nel terreno.

	Pagina 34 di 86					
	Area Code	Comp. Code	System Code	Disc. Code	Doc.- Type	Ser. No.
Project Title:	Trans Adriatic Pipeline – TAP					IPL00-URS-000-Q-TRG-0001 Rev.: 01
Document Title:	Studio geotecnico e geofisico lungo il tracciato del gasdotto - Italia					

La resistività si determina applicando nel terreno una corrente alternata ad intensità nota e misurando la differenza di potenziale elettrico creata dalla corrente. Per ciascuna misura si usano quattro elettrodi, di cui due servono per immettere la corrente nel terreno e due per l'effettiva misura della differenza di potenziale. Il rapporto tra l'intensità di corrente e la differenza di potenziale fornisce la resistività del terreno.

La prospezione sismica a rifrazione si basa su come le onde sismiche si propagano attraverso il terreno ed interagiscono con zone a differente densità all'interno del sottosuolo. L'energia sismica viene generata da un impatto o un'esplosione (in gergo "shot") ed i tempi di arrivo delle onde sismiche sono registrati da sensori chiamati geofoni disposti in superficie lungo un allineamento.

La velocità delle onde sismiche è legata alla densità ed al modulo elastico del materiale attraverso cui viaggiano. Un'onda sismica che incontra una sufficiente variazione di densità e quindi di velocità sarà rifratta ad un angolo che dipende da quanto grande è la variazione. Poiché generalmente la densità, e quindi la velocità delle onde sismiche, dello strato più profondo è maggiore rispetto a quella dello strato superficiale, ci sarà un punto nello stendimento di geofoni in cui l'energia sismica che ha viaggiato lungo la superficie di discontinuità supera l'energia sismica che si propaga attraverso lo strato superiore e diviene il primo arrivo al geofono. L'analisi di questi primi arrivi permette di costruire un modello delle velocità sismiche.

Durante la campagna di indagini del 2013 sono stati realizzati lungo il tracciato del gasdotto:

- 32 profili TES, per una lunghezza totale investigata di 7.41 km, con spaziatura degli elettrodi pari a 3 m.
- 112 sezioni di sismica a rifrazione con lunghezza in media pari a 69 m, per una lunghezza complessiva di 7.36 km. La spaziatura dei geofoni, pari a 2-3 m, è stata scelta in base allo spazio disponibile in campo. La profondità di investigazione ottenuta è stata pari a circa 16 m.

Sia per la TES che per la sismica a rifrazione, all'inizio ed alla fine di ciascun profilo sono state registrate le coordinate GPS, mentre le quote altimetriche lungo i profili sono state ricavate dal DEM ufficiale della Regione Puglia, scaricabile dal sito web di quest'ultima.

Nel 2015 è stata eseguita un'ulteriore campagna di indagini geofisiche durante la quale lungo il tracciato del gasdotto sono stati eseguiti profili sismici e TES per un totale di 6.5 km, adottando le stesse metodiche impiegate nel 2013 (spaziatura degli elettrodi/geofoni, tecnica "roll-along", lunghezza degli stendimenti, ecc.).

Segue una tabella riepilogativa delle indagini geofisiche eseguite.

	Pagina 35 di 86					
	Area Code	Comp. Code	System Code	Disc. Code	Doc.-Type	Ser. No.
Project Title:	Trans Adriatic Pipeline – TAP					IPL00-URS-000-Q-TRG-0001 Rev.: 01
Document Title:	Studio geotecnico e geofisico lungo il tracciato del gasdotto - Italia					

Tab. 5-1: sintesi delle indagini geofisiche eseguite

METODOLOGIA	CAMPAGNA DI INDAGINE	NUMERO PROFILI	LUNGHEZZA COMPLESSIVA
Tomografia Elettrica Superficiale (TES)	2013	32	7410 m
Sismica a rifrazione	2013	112	7360 m
Tomografia Elettrica Superficiale (TES)	2015	6	6500 m
Sismica a rifrazione	2015	6	6500 m

Gli esiti delle indagini sin qui descritte sono presentati negli Allegati 4 e 5 del presente rapporto tecnico e in IAL00-URS-000-Q-TRG-0001_00—Geophysical Investigation Italy, Appendix A-B.

5.2 Indagini geotecniche

Lungo la condotta sono state eseguite indagini geotecniche aventi le seguenti finalità:

- ricostruzione della successione stratigrafica e del quadro geologico ed idrogeologico locali;
- prelievo di campioni da sottoporre ad analisi geotecniche in laboratorio ed esecuzione di prove in sito, il tutto finalizzato alla caratterizzazione del sottosuolo lungo la condotta.

Le indagini sono iniziate nell'Aprile 2015, con la perforazione del punto BH3B, dopo il completamento delle indagini geotecniche nel PRT, e sono terminate nel Giugno 2015. Sono stati eseguiti 18 sondaggi geognostici nelle posizioni indicate nell'Allegato 2. Le perforazioni sono state eseguite a rotazione, usando la tecnica del carotaggio continuo con un diametro di 101 mm, come da indicazioni della documentazione di gara elencata dai punti 3 a 6 nel paragrafo 1

Durante le suddette perforazioni sono state eseguite 18 prove SPT e sono stati prelevati 20 campioni, tra disturbati ed indisturbati, su cui eseguire analisi granulometriche, determinazione del peso di volume naturale, del contenuto d'acqua, dei limiti di Atterberg, della permeabilità, prove edometriche, ecc.

Tab. 5-2: sondaggi geotecnici effettuati

INDAGINE	NUMERO
Sondaggi geognostici	18
Prove SPT	18
Campioni prelevati	20

	Pagina 36 di 86				
	Area Code	Comp. Code	System Code	Disc. Code	Doc.- Type
Project Title:	Trans Adriatic Pipeline – TAP				
Document Title:	Studio geotecnico e geofisico lungo il tracciato del gasdotto - Italia				
					IPL00-URS-000-Q-TRG-0001 Rev.: 01

6 ANALISI DEI RISULTATI

Nel presente paragrafo sono presentati, discussi ed interpretati i risultati delle prospezioni geofisiche e delle indagini geotecniche allo scopo di ricavare la caratterizzazione geofisica, geologica e geotecnica del suolo e del sottosuolo lungo il tracciato del gasdotto.

6.1 Prospezioni geofisiche

6.1.1 Campagna di indagine del 2013

I profili lungo il gasdotto sono presentati da Est a Ovest, permettendo di ottenere una progressiva continua dalla costa al PRT.

Il tracciato della condotta può essere diviso nei seguenti tratti:

- Da progr. 0 a progr. 3.985 m. I materiali sembrano essere a stratificazione orizzontale. Un suolo di modesto spessore (circa 1-2 m e localmente fino a 5 m) ricopre uno strato di roccia ad alta resistività e bassa velocità spesso fino a 5 m (strato 2), a sua volta sopra un acquifero a bassa resistività e media velocità (strato 3).
- Da progr. 3.985 a progr. 4.620 m circa. I materiali sembrano essere a stratificazione orizzontale, con uno strato ad alta resistività e bassa velocità fino a 15 m di spessore (strato 2), contenente a luoghi tasche di materiali conduttivi, che ricopre uno strato conduttivo a media velocità (strato 3).
- Da progr. 4.620 a progr. 6.150 m. Gli strati sembrano immergere verso Est con gli strati 2 e 3 che rispettivamente si assottigliano intorno a 4.800 e 5.200 m. Un ulteriore strato ad alta resistenza è evidente a 5.410 m, dove è presente un drastico incremento sia della velocità sismica, sia della resistività degli strati vicini alla superficie a suggerire l'affioramento degli strati 4 e 5.
- Da progr. 6.150 a progr. 6.260 m. Si tratta di una grande cavità. La profondità non è determinata con assoluta certezza nei dati della resistività, ma i dati sismici suggeriscono che si aggiri intorno ai 10 m sotto la superficie corrente.
- Da progr. 6.260 a progr. 8.020 m. Nessuna immersione evidente nei profili con l'affioramento degli strati 4 e 5. Le variazioni della velocità sembrano suggerire un profilo irregolare di tale roccia più dura riempita con materiali a velocità inferiore, interpretabili come forme carsiche riempite con successivi depositi o uno differente tipo di alterazione meteorica in tale strato.
- Da progr. 8.020 a progr. 8.720 m. Gli strati sembrano immergere verso ovest con lo strato 4 sotto lo strato 3 a partire da 8.550 m.

La seguente tabella (Tab. 6-1) riassume la geologia dei tratti descritti in precedenza.

Project Title: **Trans Adriatic Pipeline – TAP**

 Document Title: **Studio geotecnico e geofisico lungo il tracciato del gasdotto - Italia**
**IPL00-URS-000-Q-TRG-0001
Rev.: 01**
Tab 6-1: interpretazione geologica lungo la condotta su terraferma.

Progressiva [m] da	Progressiva [m] a	Kp.	Immer-sione	Unità	Descrizione	Spess-ore	Commenti
620	3985	0.0 - 3.4	Pianeg-giante	1	Suolo/Massi	0-3m	Fino a 5 m localmente
				2	Rocchia molto alterata	0-5m	Strato ad alta resistività e bassa velocità che si inspessisce localmente intorno alle progr. da 1600m a 1700m.
				3	Acquifero molto alterato	tipicamente 8m+	Materiale a bassa resistività e media velocità, probabilmente un acquifero in roccia alterata. I valori di resistività suggeriscono un certo grado di salinità nell'acquifero.
3985	4620	3.4 - 4.0	Pianeg-giante	1	Suolo/Massi	0-2m	
				2	Rocchia molto alterata	10-15m	Discontinuità alla progr. 3985 con un aumento di spessore dello strato roccioso superiore / approfondimento del livello di falda. Il tutto potrebbe essere in relazione ad una variazione nella geologia
				3	Acquifero molto alterato	N.D.	Materiale a bassa resistività e media velocità, probabilmente un acquifero in roccia alterata. I valori di resistività suggeriscono un certo grado di salinità nell'acquifero.
4620	6100	4.0 - 5.5	Est	1	Suolo/Massi	1-3m	Fino a 5 m localmente
				2	Rocchia molto alterata	0-5m	Strato ad alta resistività e bassa velocità che si assottiglia intorno alla progressiva 4800m.
				3	Acquifero molto alterato	N.D.	Materiale a bassa resistività e media velocità, probabilmente un acquifero in roccia alterata che affiora all'incirca dalla progr. 4800m, assottigliandosi intorno alla 5210m. I valori di resistività suggeriscono un certo grado di salinità nell'acquifero.
				4	Rocchia alterata	N.D.	Rocchia molto resistiva ed a velocità elevata che affiora dalla progr. 5210m alla 5430m
				5	Rocchia compatta	N.D.	Strato a resistività molto elevata contenente tasche di roccia molto resistiva, affiorante dalla progr. 5430m e che sembra assottigliarsi all'incirca alla prog. 6100
				6	Strato conduttivo	N.D.	Evidenze di uno strato al di sotto del precedente che dalla progr. 5930 immerge verso E. Questo strato non sembra affiorare.
6100	6175	5.5 - 5.6	N.D.	5	Rocchia compatta	N.D.	Strato superficiale spesso circa 5 m che ricopre una struttura molto resistiva. L'assenza di variazioni della velocità delle onde sismiche suggerisce che non sia una cavità vuota.
6175	6260	5.60	N.D.	1	Suolo/Massi	N.D.	I dati geoelettrici e sismici suggeriscono una dolina, che corrisponde ad un'isolata immersione degli strati nella topografia.
6260	7900	5.6 - 7.3	N.A.	1	Suolo/Massi	0-3m	Fino a 5 m localmente
				5	Rocchia compatta	N.D.	Strato a resistività molto elevata contenente tasche di roccia molto resistiva, affiorante localmente.
7900	8720	7.3 - 8.1	Ovest	1	Suolo/Massi	0-3m	Fino a 5 m localmente
				5	Rocchia compatta	N.D.	Strato a resistività molto elevata contenente tasche di roccia molto resistiva, affiorante localmente. La roccia affiora dalla progr. 7900 alla 8580 m dopo aver ricoperto uno strato più conduttivo.
				4	Rocchia alterata (calcare pliocenico?)	N.D.	Rocchia molto resistiva ed a velocità elevata che affiora dalla progr. 8580 m

Lungo i profili investigati sono evidenti alcune strutture isolate. Una può essere interpretata come una grande dolina, mentre molte delle altre potrebbero essere forme carsiche ma anche faglie, paleovalvi o pacchi di strati inclinati. Gran parte di esse sono state riportate nella sottostante tabella, ma non è possibile garantire che tutte le strutture sepolte siano state individuate o delimitate in modo accurato.

	Pagina 38 di 86				
	Area Code	Comp. Code	System Code	Disc. Code	Doc.-Type
Project Title:	Trans Adriatic Pipeline – TAP				
Document Title:	Studio geotecnico e geofisico lungo il tracciato del gasdotto - Italia				
					IPL00-URS-000-Q-TRG-0001 Rev.: 01

Tab. 6-2: strutture geologiche lungo la condotta su terraferma

Progressiva	Profilo (geoelettrico)	Descrizione
1400-1540	6-6B	Locali inspessimenti della roccia alterata
3920	13	Discontinuità nella geologia che può suggerire una faglia.
3985	13	Apparente gradino nella geologia che può suggerire una faglia.
4210	13	Struttura isolata a bassa resistività all'interno di roccia molto resistiva che suggerisce una probabile cavità riempita d'acqua. I dati sismici mostrano strutture ad alta velocità al di sotto di essa.
4290	13	Struttura isolata a bassa resistività compresa tra strati molto resistivi che suggerisce una probabile frattura nella roccia.
4780	18	Termine dell'affioramento di material ad elevata resistività e bassa velocità.
5035	18	Probabile discontinuità isolata all'interno di strati rocciosi suggerita dai dati di resistività. I dati sismici suggeriscono material a maggior velocità al di sotto di essa.
5150	18	Probabile discontinuità isolata all'interno di strati rocciosi suggerita dai dati di resistività.
5290	23	Gradino significativo registrato nei dati sismici (Profilo Sismico 16)
5410	23	Significativa variazione nella roccia (aumento sia della resistività che della velocità) che suggerisce l'inizio di un affioramento di calcare duro.
5430-6170	23-27A	Variabilità all'interno degli strati rocciosi
6170-6260	27A	Dolina evidente in entrambe le serie di dati (resistività e velocità).
6480	28	Apparenti inspessimenti isolati del suolo suggerito sia dai dati di resistività che di velocità (Profilo Sismico 24)
6870-6950	32	Apparente immersione degli strati di roccia dura suggerita sia dai dati di resistività che di velocità (Profilo Sismico 30).
6080-6250	32-33	Tratti di roccia dura inclinati suggeriti dai dati sismici (Profili Sismici 30 & 31)
7370-7420	33	Apparente immersione degli strati di roccia dura suggerita dai dati sismici (Profilo Sismico 31)
7435	33	Piccola dolina isolata visibile nei pressi del profilo.
7800-7850	36	Immersione di modesta entità nella roccia dura suggerita dai dati sismici (Profilo Sismico 33). Il contrasto nei valori di velocità non è netto, pertanto il dato presenta un certo grado di indeterminazione.
8020-8065	37	L'andamento dei valori di velocità che suggerisce una locale immersione degli strati rocciosi (Profilo Sismico 34)
8095-8260	37-38	I dati di resistività mostrano uno strato conduttivo prossimo alla superficie. I dati sismici sono coerenti con la presenza di roccia dura ed un sottile strato di suolo, suggerendo che ciò rappresenti roccia più alterata o satura d'acqua.
8260	38	Apparente parete (brusca risalita) nel substrato roccioso sul limite del profilo, il dato presenta un certo grado di indeterminazione.
8580	38	Significativa variazione nei valori di resistività della roccia che suggerisce una variazione di composizione. I dati sismici suggeriscono un inspessimento del suolo presente al di sopra ma nessuna variazione significativa nelle velocità del materiale, indicando una variazione a roccia più alterata o satura d'acqua.

I dati di resistività e sismici sembrano suggerire diverse significative variazioni nella geologia lungo il tracciato della condotta, che sono state registrate nella precedente tabella.

6.1.2 Campagna di indagine del 2015

Le indagini eseguite sul profilo PR06 indicano un contatto laterale tra litologie con differenti caratteristiche fisiche a circa 150 m dall'origine della sezione, infatti:

- le prospezioni TES mostrano valori di resistività bassi, che variano da circa 20 a più di 160 Ohm m, passanti lateralmente a valori più elevati (più di 6000 Ohm m),
- I rilievi sismici confermano il contatto laterale menzionato in precedenza.

	Pagina 39 di 86					
	Area Code	Comp. Code	System Code	Disc. Code	Doc.- Type	Ser. No.
Project Title:	Trans Adriatic Pipeline – TAP					IPL00-URS-000-Q-TRG-0001 Rev.: 01
Document Title:	Studio geotecnico e geofisico lungo il tracciato del gasdotto - Italia					

Unendo sia risultati delle prospezioni TES che di quelle sismiche, il profilo sembra eterogeneo all'incirca nel tratto tra 60 e 150 m dall'origine della sezione, inoltre è presente una probabile struttura carsica nel tratto tra 110 e 150 m dall'origine della sezione.

Il profilo PR05, diviso in due parti (PR05_A e PR05_B) a causa della presenza di una strada, mostra:

- la presenza di una zona a bassa resistività e bassa velocità delle onde P, centrata ad una distanza di 360 m, interpretabile dalla forma come una dolina;
- uno strato a bassa resistività (circa 60 Ohm * m), probabilmente associato a forme carsiche sotterranee, tra 420 e 640 metri dall'origine della sezione;
- altre anomalie riscontrate tra circa 90 e 900 metri dall'origine della sezione, caratterizzate da bassi valori di velocità sismica e valori molto alti di resistività, suggeriscono la presenza di materiali alterati o fratturati, relativi a fenomeni carsici.

L'analisi del profilo PR04, anch'esso diviso in due porzioni (PR04_A e PR04_B) per motivi logistici, evidenzia:

- la presenza di un orizzonte a resistività più elevata, fino alla distanza di 230 m, in contatto laterale con materiali caratterizzati da bassi valori di resistività, cosa che suggerisce la presenza di un contatto geologico;
- dalla stessa distanza ed a maggiore profondità, la presenza di un rifratore con velocità dell'onda sismica oltre 2000 m/s, il che suggerisce la presenza di materiale ad alta consistenza (probabilmente rocce);
- la presenza, ad una distanza di 230-250 metri e da 450 m dalla fine delle sezioni, di due anomalie, l'una di bassi valori di resistività e l'altra di bassi valori di velocità delle onde sismiche, nonché la loro forma, suggerisce fenomeni carsici.

Il profilo PR03 evidenzia:

- la presenza di due strati, quello più superficiale tra il piano campagna e la profondità di circa 10 metri, caratterizzato da valori di resistività più elevati, il secondo con bassa resistività; l'intervallo di valori di resistività suggerisce la presenza di terreni in condizioni di saturazione e/o caratterizzati da un maggior contenuto delle frazioni sabbiose, limose e argillose
- dalla distanza di 50 metri fino al vertice finale del profilo, varie anomalie di alta resistività e una minore velocità sismiche anomalia, che suggeriscono la presenza di materiali alterati o fratturati.

L'analisi del profilo PR02 rivela:

- la presenza di un orizzonte più resistivo, che giace al di sopra di uno strato più conduttivo, ad una profondità media di 10 metri dalla superficie, in continuità con il profilo precedente (PR03), molto vicino a PR02;

	Pagina 40 di 86				
	Area Code	Comp. Code	System Code	Disc. Code	Doc.-Type
Project Title:	Trans Adriatic Pipeline – TAP				
Document Title:	Studio geotecnico e geofisico lungo il tracciato del gasdotto - Italia				
					IPL00-URS-000-Q-TRG-0001 Rev.: 01

- un aumento della velocità delle onde sismiche con la profondità, il che suggerisce la presenza di un materiale con alta consistenza (probabilmente roccia);
- una contemporanea diminuzione della resistività, che suggerisce condizioni di saturazione o un maggior contenuto delle frazioni sabbiose, limose e argillose, senza escludere la presenza di entrambe le condizioni;
- un'interruzione della continuità laterale dello strato resistivo e ad alta velocità tra progressive 120 e 140 metri, che, insieme alla forma dell'anomalia elettrica e l'andamento delle velocità sismiche, suggerisce la presenza di una struttura carsica o di un paleo alveo sepolto verso la palude di Cassano.

L'analisi del profilo PR01 mostra la presenza di un primo strato molto resistivo, con spessore variabile da 5 a 15 metri, posto al di sopra di un secondo strato la cui resistività è più bassa. Lo stesso risultato è dato dal profilo sismico, in cui è presente uno strato superficiale con velocità delle onde P minore di 100 m/s, il cui spessore non supera 6 m.

L'andamento della resistività con la profondità suggerisce condizioni di saturazione o un maggior contenuto delle frazioni sabbiose, limose e argillose, senza escludere la presenza di entrambe le condizioni.

6.1.1 Indagini MASW (2015)

Sono state effettuate delle indagini geofisiche utilizzando la tecnica MASW, allo scopo di determinare la velocità VS30 delle onde di taglio al fine di fornire la categoria sismica dei suoli, lungo un profilo ubicato nell'intorno del Kp 0.3, i cui risultati sono riportati nell'Allegato 6.



Figura 6-1: planimetria con ubicazione del profilo MASW.

Project Title: **Trans Adriatic Pipeline – TAP**

 Document Title: **Studio geotecnico e geofisico lungo il tracciato del gasdotto - Italia**
**IPL00-URS-000-Q-TRG-0001
Rev.: 01**

La caratterizzazione dei terreni, da un punto di vista dinamico ed in particolare quello sismico, richiede la conoscenza del profilo di velocità delle onde di taglio V_s nei vari strati presenti nel sito fino ad una profondità di 30 m dalla superficie, come richiesto dall'Eurocodice 8.

Il profilo delle velocità delle onde di taglio V_s nei primi 30 metri di profondità permette di valutare:

- L'azione sismica di progetto alla quota delle fondazioni di qualsiasi struttura
- Il rischio di liquefazione dei terreni in sito
- Il rischio di instabilità di pendii e/o di strutture di sostegno
- Il cedimento di rilevati stradali, di opere di sostegno e delle fondazioni di edifici
- La trasmissione di vibrazioni prodotte da treni, macchine operatrici, esplosioni in superficie o in sottoterraneo, traffico veicolare

In base al profilo delle velocità delle onde di taglio V_s nei primi 30 m di profondità, è possibile determinare una velocità V_{s30} rappresentativa del sito in esame e pari a

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_{si}}}$$

dove:

h_i e V_i indicano spessore e velocità delle onde di taglio (ad un livello di deformazione a taglio minore o uguale a 10^{-5}) dell' i -esimo del totale di N strati o formazioni esistenti nei primi 30 m dal piano campagna.

La seguente tabella contiene la suddivisione in categorie di suolo secondo le NTC (così come l'Eurocodice 8).

Table 6-3: valori di V_{s30} per le principali classi di terreni secondo le NTC

Site class	V_{s30} [m/s]
A – Rock or other rock-like geological formation	> 800
B – Deposits of very dense sand, gravel, or very stiff clay (Stiff Soil)	360 – 800
C – Deep deposits of dense or medium-dense sand, gravel or stiff clay (Soft Soil)	180 – 360
D – Deposits of loose-to-medium cohesionless soil (Very Soft Soil)	< 180
E – A soil profile consisting of a surface alluvium layer (Alluvional)	<i>V_s values of type C or D and thickness varying between about 5 m and 20 m, underlain by stiffer material with $V_s > 800$ m/s</i>

	Pagina 42 di 86					
	Area Code	Comp. Code	System Code	Disc. Code	Doc.- Type	Ser. No.
Project Title:	Trans Adriatic Pipeline – TAP					IPL00-URS-000-Q-TRG-0001 Rev.: 01
Document Title:	Studio geotecnico e geofisico lungo il tracciato del gasdotto - Italia					

Il risultato ottenuto è:

$V_{s30} = 550$ m/s - classificazione del suolo secondo l'Eurocodice 8 "B" (360 m/s < V_{s30} < 800 m/s)

6.2 Indagini geotecniche

6.2.1 Caratterizzazione geologica

Il modello geologico descritto sotto è stato costruito sulla base delle indagini geotecniche e geofisiche descritte nel Par. 5. Per completare la sezione geologica 10-11 (vedi l'Allegato 3), sono state considerate anche le colonne stratigrafiche dei punti Piezo2, ST-BH1 e ST-BH2.

Le indagini sopra menzionate condotte lungo il tratto su terraferma della condotta hanno permesso di ricavare la seguente successione stratigrafica, dal piano campagna fino alla profondità investigata (10 m da p.c.):

- a) "Terra rossa", composta da limo sabbioso o argilloso e più raramente sabbia limosa residuale con spessore variabile da pochi centimetri (sugli alti morfologici) a circa 2 metri (nelle depressioni) che ricopre in modo discontinuo le unità descritte di seguito;
- b) sabbia, limo sabbioso sabbia limosa, più raramente limo argilloso (b1), con la presenza frequente di sabbia limosa biancastra rinvenuta nella parte bassa, affiorante all'incirca dal Kp 4.7 alla costa e trovata nei sondaggi BH3B, BH1B_ter, BH9_bis, BH9, BH8, BH7_bis, BH7, BH6, BH5, BH4, BH3, Piezo2, ST-BH1, ST-BH2; essa è prevalentemente ricoperta da, ma a volte ricopre, una calcarenite tenera giallastra, in generale piuttosto fratturata ed alterata (b2), che affiora lungo la condotta dal Kp 4.75 al Kp 1.75 ed è stata incontrata nei sondaggi BH3B, BH9_bis, BH7, BH5, BH4, Piezo2, ST-BH1, ST-BH2; le osservazioni eseguite sulle carote e le posizioni dei perfori permettono di affermare verosimilmente che i suddetti litotipi sono membri eteropici all'interno della stessa unità stratigrafica, correlata con la formazione denominata "Calcarenite del Salento", conosciuta anche come "Calcarenite di Gravina", dal sondaggio BH3 tornando indietro fino al sondaggio ST-BH2;
- c) Calcarenite biancastra, dura, in media meno fratturata ed alterata, affiorante all'incirca dal Kp 7.7 al 7.55 e dal Kp 7.1 al 4.75 e rinvenuta a profondità molto modeste nei sondaggi BH3B, BH1B_ter, BH1B_bis, BH1B, BH11_ter, BH11_bis, BH11, BH10, BH9ter, correlata con la formazione denominata "Calcareniti di Andrano"; dalle prospezioni geofisiche provengono indicazioni della sua presenza nel sottosuolo tra il Kp 2.7 fino al Kp1.6, al di sotto dell'unità b ad a profondità comprese tra circa 12 e 20 m dal p.c.

Sono state osservate alcune anomalie dei valori di resistività e/o di velocità delle onde P che sono state interpretate come cavità carsiche riempite con materiale molto fratturato e/o alterato e/o in condizioni di saturazione d'acqua. Inoltre, sono state ritrovate alcune piccole cavità a profondità variabili da 7.20 a 8.30 m dal p.c. nei perfori BH1B e BH10B; queste strutture geologiche sono state interpretate come cavità carsiche vuote. Per i dettagli si rimanda a IAL00-URS-000-Q-TRG-0001_00 ed agli Allegati 4, 5 e 6 al presente studio.

La roccia non sembra di gran qualità, a causa del diffuso stato di alterazione (in particolare fenomeni di micro-carsismo) e fratturazione osservato nelle carote, sebbene si possa affermare che la

	Pagina 43 di 86					
	Area Code	Comp. Code	System Code	Disc. Code	Doc.- Type	Ser. No.
Project Title:	Trans Adriatic Pipeline – TAP					IPL00-URS-000-Q-TRG-0001 Rev.: 01
Document Title:	Studio geotecnico e geofisico lungo il tracciato del gasdotto - Italia					

calcarenite biancastra possiede una miglior qualità della calcarenite giallastra, essendo in media la prima mediocre e la seconda scadente; per maggiori dettagli si veda l'Allegato 08 (colonne stratigrafiche dei sondaggi).

È stato incontrato un livello di falda nelle sabbie dell'unità b2 durante le perforazioni nei punti BH7 (7.00 m di profondità dal pc.), BH6 (5.00 m di profondità dal pc.), BH5 (7.00 m di profondità dal pc.), BH4 (6,52 m di profondità dal pc.), BH3 (2.50 m di profondità dal pc.), Piezo3 (2.40 m di profondità dal pc.), ST-BH1 (2.30 m di profondità dal pc.) e ST-BH2 (3.96 m di profondità dal pc.).

6.2.2 Caratterizzazione geotecnica

La caratterizzazione geotecnica è stata effettuata mediante:

- prove SPT eseguite nel corso delle perforazioni;
- prove di laboratorio eseguite sui campioni di terreno prelevati nel corso delle perforazioni;
- misura dello RQD sulle carote di roccia.

La gran parte delle SPT è stata eseguita su terreni appartenenti alla unità b1, eccetto che per BH11_ter SPT1 e BH1B (sabbia limosa marrone/calcarenite alterata e fratturata), BH5 SPT1 (calcarenite giallastra molto alterata e fratturata) ed infine BH11 SPT1 (sabbia limosa marrone).

I valori N_{spt} vanno da 15 a 18 nelle prove eseguite nei campioni prelevati dall'unità b1, quindi i terreni di tale unità possono essere classificati come *terreni da sciolti a molto densi* (Terzaghi-Peck, 1948) ed il loro angolo di attrito varia tra 25.5 e 34.9 ° (De Mello, 1971). Per approfondimenti si rimanda alla seguente Tab. 6-4 ed all'Allegato 12.

Project Title: **Trans Adriatic Pipeline – TAP**

 Document Title: **Studio geotecnico e geofisico lungo il tracciato del gasdotto - Italia**
**IPL00-URS-000-Q-TRG-0001
Rev.: 01**
Tab. 6-4: prove SPT eseguite nelle unità a) e b1) e parametri geotecnici ricavati dalla correlazione con N_{spt}

SONDAGGIO GEOGNOSTICO	SPT	PROF. m da p.c.	UNIT A	N_{SPT}	$(N_1)_{60}$	$\phi, ^\circ$ (De Mello 1971)	$D_R, \%$ (Bazaraa 1967)	Modulo di Young E, Mpa (Jambu)	Modulo di taglio G, Mpa (Ohsaki & Iwasaki)	Modulo edometrico E_{ed} , Mpa
BH11	SPT1	0,50÷0,95	a	4	3,0	23,0	19,4	15,7	28,0	2,2
BH11_TER	SPT1	0,50÷0,95	a/c	65	52,0	33,9	135,9	7,6	233,3	36,2
BH1B	SPT1	0,50÷0,95	a/c	51	41,0	33,0	120,4	7,6	194,1	28,4
BH8	SPT1	0,50÷0,95	a/b1	51	41,0	33,0	123,3	6,9	194,1	28,4
BH3	SPT1	3,00÷3,45	b1	36	24,0	32,2	74,8	28,0	169,7	23,8
BH3	SPT2	6,20÷6,65	b1	10	10,0	27,4	36,4	18,1	55,0	6,9
BH3	SPT3	9,50÷9,95	b1	18	18,0	29,1	42,5	31,3	97,5	11,5
BH3B	SPT1	1,50÷1,95	b1	78	68,0	34,9	129,7	14,7	337,4	47,5
BH4	SPT1	4,00÷4,45	b1	12	12,0	28,1	43,0	18,3	63,5	8,0
BH4	SPT2	6,00÷6,45	b1	38	38,0	31,1	59,7	36,0	137,0	18,2
BH5	SPT2	7,00÷7,45	b1	73	44,0	33,0	72,1	28,8	205,5	30,6
BH6	SPT1	1,00÷1,45	b1	91	45,0	33,4	115,6	12,0	209,2	31,3
BH6	SPT2	2,80÷3,25	b1	70	40,0	32,8	82,7	20,0	191,0	27,8
BH6	SPT3	7,00÷7,45	b1	24	20,0	29,9	48,0	28,8	110,7	13,6
BH7BIS	SPT1	0,50÷0,95	b1	7	6,0	25,5	45,7	8,5	42,9	3,9
BH5	SPT1	1,00÷1,45	b2	51	28,0	31,6	91,2	18,5	146,0	19,5

Sono stati prelevati sia campioni indisturbati che disturbati nel membro sabbioso-limoso b1) ad eccezione dei campioni BH1B_ter C1 e BH11 C1, prelevati nell'unità a); essi sono stati sottoposti a prove in laboratorio allo scopo di determinare: peso di volume naturale, peso di volume secco, contenuto d'acqua, peso specifico dei grani, porosità, Indice dei vuoti, grado di saturazione, curva granulometrica, limiti di Atterberg, prova edometrica, prova Proctor; per i dettagli si veda la seguente tabella (Tab. 6-5) e l'Allegato 11.

Project Title: **Trans Adriatic Pipeline – TAP**

 Document Title: **Studio geotecnico e geofisico lungo il tracciato del gasdotto - Italia**
**IPL00-URS-000-Q-TRG-0001
Rev.: 01**
Tab. 6-5: parametri geotecnici ricavati dalle prove di laboratorio eseguite su campioni prelevati dall'unità b1)

ID del campione	Prof. di prelievo (m da p.c.)	γ_n (kN/m ³)	γ_d (kN/m ³)	W (%)	G (-)	n (%)	E (-)	S (%)	k (m/sec)
BH 1B ter-C2	4,00-4,50	-	-	22,85	2,64	-	-	-	
BH3-C1	3,00-3,45	-	-	18,84	-	-	-	-	
BH3-C2	6,20-6,65	-	-	26,36	-	-	-	-	
BH3-C3	9,50-9,95	-	-	14,43	-	-	-	-	
BH4-C1	3,50-4,00	17,34	14,69	18,1	2,71	45,82	0,85	58,01	9,11E-06
BH4-C2	4,00-4,54	-	-	7,53	-	-	-	-	
BH4-C3	6,50-6,95	-	-	17,7	-	-	-	-	
BH 5-C1	2,80-3,40	14,25	10,96	30,08	2,65	58,60	1,42	56,23	5,13E-06
BH 6-C1	6,00-6,40	17,19	13,24	29,82	2,65	49,96	1	79,02	5,97E-07
BH 6-C2	7,00-7,45	-	-	22,89	2,67	-	-	-	
BH 7-C1	3,00-3,50	17,01	13,58	25,25	2,61	48,07	0,93	71,34	9,96E-07
BH 7-C2	7,00-7,45	-	-	30,44	2,65	-	-	-	
BH 7 bis-C1	3,00-3,30	-	-	13,36	2,71	-	-	-	
BH 7 bis-C2	3,80-4,40	14,30	11,78	21,42	2,66	55,76	1,26	45,26	1,72E-06
BH 8-C1	4,00-4,50	18,03	15,99	12,73	2,65	39,64	0,66	51,37	1,93E-06
BH 8-C2	5,00-5,40	-	-	21,52	2,70	-	-	-	
BH 9-C1	6,00-6,40	-	-	15,66	2,69	-	-	-	
BH 9 bis-C1	7,00-7,50	18,60	14,6	27,37	2,62	44,32	0,80	90,17	1,03E-05

Le classi granulometriche prevalenti sono sabbia, in subordine, ghiaia, quindi limo ed infine argilla. La curva granulometrica media è data da *silty sand with gravel*, mentre i risultati delle prove di Atterberg indicano un comportamento non plastico che riflette coerentemente la prevalenza delle frazioni granulometriche grossolane rispetto a quelle fini.

Il peso di volume naturale varia da 14.25 a 18.60 kNm⁻³, con un valore medio di 16.67 kNm⁻³, in ciò coerente con i valori da medi ad alti di porosità e di indice dei vuoti.

Il peso specifico ha un valore medio di 2.66 e varia da 2.61 a 2.71, coerentemente con la prevalente composizione mineralogica dei granuli.

Il contenuto d'acqua va da 7.53 a 30.44%, con una media di 15.13%, mentre il grado di saturazione varia da 75.93 a 88.26%, con una media di 81.86. Ciò è coerente con il complessivo stato del sottosuolo, in particolare dal Kp 0 al Kp 3.2 dove è stata intercettata una falda idrica sotterranea.

I valori di permeabilità ricadono all'interno delle classe a bassa permeabilità e sono tipici di sabbie fini, limi sabbiosi o sabbie limose.

La caratterizzazione geotecnica delle unità b2) (calcarenite giallastra appartenente alla Formazione della Calcarenite di Gravina) e c) (calcarenite biancastra, appartenente alla Formazione della Calcarenite di Andrano) è stata eseguita mediante l'indice Rock Quality Designation (RQD), che fornisce una misura del grado di fratturazione o comunque del discontinuità presenti in un ammasso

	Pagina 46 di 86				
	Area Code	Comp. Code	System Code	Disc. Code	Doc.-Type
Project Title:	Trans Adriatic Pipeline – TAP				
Document Title:	Studio geotecnico e geofisico lungo il tracciato del gasdotto - Italia				
					IPL00-URS-000-Q-TRG-0001 Rev.: 01

roccioso ed è espresso come rapporto percentuale tra la somma delle lunghezze degli spezzoni di carota lunghi più di 10 cm rispetto alla lunghezza totale della manovra di carotaggio.

La calcarenite giallastra è stata incontrata in 10 perfori (BH3B, BH9_bis, BH9, BH7, BH5, BH4, BH3, Piezo2, ST-BH1, ST-BH2) eseguiti lungo il tracciato del gasdotto, a profondità variabili da 0.00 a 9.00 m dal p.c. Essa è caratterizzata da valori RQD tra 0 e 46% (da molto scadente a mediocre), distribuiti per classi RQD come segue:

- classe 0-20 %: 87,5%
- classe 20-40 %: 18.8%
- classe 40-60 %: 6.3%
- classe 60-80 %: 0%
- classe 80-100 %: 0%

Tab. 6-6: distribuzione dei valori RQD con la profondità per l'unità b2)

PROFONDITÀ	0-3 m	3-6 m	6-9 m	9-10 m
classe RQD				
molto scadente	8	4	2	0
scadente	1	0	0	0
mediocre	1	0	0	0
buono	0	0	0	0
eccellente	0	0	0	0

La calcarenite biancastra è stata invece rinvenuta in 9 sondaggi (BH3B, BH1B_ter, BH1B_bis, BH1B, BH11_ter, BH11_bis, BH11, BH10, BH9_ter), a profondità variabili tra 0.00 e 3.00 m da p.c. e fino a fondo foro. Essa è caratterizzata da valori RQD compresi tra 0 e 70%, distribuiti come segue:

- classe 0-20 %: 41.2%
- classe 20-40 %: 26.5%
- classe 40-60 %: 23.5%
- classe 60-80 %: 8.8%
- classe 80-100 %: 0.0%

	Pagina 47 di 86					
	Area Code	Comp. Code	System Code	Disc. Code	Doc.-Type	Ser. No.
Project Title:	Trans Adriatic Pipeline – TAP					IPL00-URS-000-Q-TRG-0001 Rev.: 01
Document Title:	Studio geotecnico e geofisico lungo il tracciato del gasdotto - Italia					

Tab. 6-7: distribuzione dei valori RQD con la profondità per l'unità c)

PROFONDITÀ	0-3 m	3-6 m	6-9 m	9-10 m
classe RQD				
molto scadente	3	3	3	5
scadente	4	1	4	0
mediocre	0	2	2	4
buono	0	3	0	0
eccellente	0	0	0	0

Come si può notare, la calcarenite biancastra sembra possedere proprietà fisico-meccaniche leggermente migliori di quella giallastra.

Sulla base dei sondaggi geotecnici eseguiti, alcuni dei quali molto lontani dagli altri, e dell'interpretazione sintetizzata nelle sezioni geologiche in Allegato 3, e prendendo a riferimento la norma DIN18300 "Bodenklassen für Erdarbeiten" si suggerisce di attribuire:

- alle formazioni geologiche rinvenute tra Kp 3790 e il Kp 8235 (fino alla profondità investigata di 10 m) la classe n° 7 "rock which is hard to excavate" (roccia difficilmente scavabile),
- alle formazioni geologiche rinvenute tra il Kp 0 e il Kp 3790 (fino alla profondità investigata di 10 m) alla calcarenite tenera giallastra la classe n° 6 "rock which is easy to excavate and similar soils; more than 30 % stones with each 0,01 to 0,1 m³; solid clay and silt" (roccia facilmente scavabile e terreni simili),

Si tenga tuttavia presente che non è possibile escludere il ritrovamento nel sottosuolo dell'area in esame di suoli/rocce classificabili diversamente dalla suddetta norma DIN 18300.

6.3 Valori disaggregati e caratteristici dei parametri geotecnici

Gli esiti delle prove in situ ed in laboratorio sono stati sottoposti a trattamento statistico allo scopo di ricavare i classici indicatori come media, mediana, minimo, massimo, deviazione standard, coefficiente di variazione, ecc. per ciascuna unità geotecnica.

Poiché i terreni dell'unità a) sono stati rinvenuti nei sondaggi con modesto spessore e a volte direttamente giacenti sulla calcarenite (sia giallastra che biancastra):

- i valori SPT sono influenzati dalle calcareniti sottostanti eccetto uno (BH11 SPT1),
- non è stato possibile prelevare campioni indisturbati o semidisturbati di una quantità tale da eseguire la determinazione di γ_n e γ_d ,

pertanto per la caratterizzazione geotecnica di a) è stato preso in considerazione il solo valore sopra menzionato (BH11 SPT1) di SPT e sono stati invece impiegati i valori di γ_n e γ_d determinati in laboratorio da campioni di suolo con simili caratteristiche prelevati nell'area del PRT.

	Pagina 48 di 86				
	Area Code	Comp. Code	System Code	Disc. Code	Doc.-Type
Project Title:	Trans Adriatic Pipeline – TAP				
Document Title:	Studio geotecnico e geofisico lungo il tracciato del gasdotto - Italia				
IPL00-URS-000-Q-TRG-0001 Rev.: 01					

Infine si noti che i parametri dell'unità b1) ricavati dall'indice N_{spt} mostrano una notevole dispersione.

Tab. 6-8: indicatori statistici per i parametri ricavati dalla correlazione con N_{spt} , per unità

Unit		N_{spt}	$(N_1)_{60}$	ϕ	D_R	E_d	G	E_{ed}
a	conteggio	1	1	1	1	1	1	1
	valore	4,00	3,00	23,03	19,38	15,72	28,04	2,23
b1	conteggio	42,33	30,50	30,87	72,80	20,96	151,14	20,96
	Media	7,00	6,00	25,50	36,44	6,93	42,90	3,90
	Max	29,58	18,41	2,86	33,55	9,52	84,30	12,87
	Min	91,00	68,00	34,92	129,75	36,01	337,44	47,49
	St. Dev.	0,699	0,604	0,092	0,461	0,454	0,558	0,614
	COV	12	12	12	12	12	12	12

Table 6-9: indicatori statistici per i parametri ricavati dalle prove di laboratorio, per l'unità b1

	γ_n	γ_d	W	G	n	e	S	k (m/sec)
conteggio	7	7	18	13	7	7	7	7
Media	16,67	13,55	20,91	2,66	48,88	0,99	64,49	4,25E-06
Min	14,25	10,96	7,53	2,61	39,64	0,66	45,26	5,97E-07
Max	18,60	15,99	30,44	2,71	58,60	1,42	90,17	1,03E-05
St. Dev.	17,19	13,58	21,47	2,65	48,07	0,93	58,01	1,93E-06
COV	1,73	1,75	6,63	0,03	6,57	0,27	16,17	4,01E-06
conteggio	0,10	0,13	0,32	0,01	0,13	0,27	0,25	9,44E-01

Successivamente, come stabilito dall'Eurocodice 7 EN 1997-1 "Progettazione geotecnica" e dalla normativa italiana di settore (principalmente le "Norme Tecniche sulle Costruzioni", 2008), da tali valori "disaggregati" dei parametri geotecnici devono essere ricavati, mediante un approccio statistico, i valori "caratteristici".

Come recita l'Eurocodice 7, "...il valore caratteristico di un parametro di un terreno o di una roccia dovrebbe essere scelto in base ad una valutazione cautelativa del parametro che influenza l'insorgere dello stato limite..."; a tal fine sono previsti due approcci:

- quando lo stato limite è controllato dal valore medio di un dato parametro del terreno (cioè, quando esso coinvolge grandi volumi di terreno e può verificarsi una redistribuzione dei carichi) il valore caratteristico dovrebbe essere scelto come stima precauzionale del valore medio;
- quando invece lo stato limite interessa piccoli volumi di terreno e/o non sono disponibili molti risultati sperimentali e/o la dispersione dei valori è elevata, allora è più corretto eseguire una stima precauzionale del valore più basso locale.

Project Title: **Trans Adriatic Pipeline – TAP**

 Document Title: **Studio geotecnico e geofisico lungo il tracciato del gasdotto - Italia**
**IPL00-URS-000-Q-TRG-0001
Rev.: 01**

Considerati i lavori da realizzare, il quadro geologico locale, la quantità e la qualità dei dati, è stato scelto il secondo approccio.

Avendo a disposizione un relativamente modesto numero di prove, l'equazione usata per il trattamento statistico dei dati è quella suggerita da H.R. Schneider, P. Fitze – (2011):

$$x_k = x_{mean} - 1,645 \sqrt{\frac{\sigma}{n}}$$

dove:

x_{mean} è la media aritmetica;

σ è la deviazione standard;

n è il numero di campioni.

Usando la suddetta equazione, sono stati ottenuti I valori caratteristici riportati nelle Tabelle 6-12 e 6-13.

Tab. 6-10: valori caratteristici per i parametri ricavati dalla correlazione con N_{spt} , per unità

Unit	$N_{spt,k}$	$(N_1)_{60,k}$	ϕ_k	$D_{R,k}$	$Ed_{,k}$	G_k	$E_{ed,k}$
a	4,00	3,00	23,03	19,38	15,72	28,04	2,23
b1	28.29	21.76	29,52	56.87	16.44	111.11	14.85

Tab. 6-11: valori caratteristici per i parametri ricavati dalle prove di laboratorio per l'unità b1

γ_n (KN/m ³)	γ_d (KN/m ³)	W (%)	G (-)	n (%)	e (-)	S (%)	k_k (m/sec)
15,60	12,46	18,34	2,65	44,80	0,82	54,43	1,7585E-06

6.4 Azioni sismiche di progetto

Il nuovo codice italiano delle costruzioni NTC (Norme Tecniche NTC 2008) affronta diversi argomenti, inclusa la progettazione di nuove costruzioni civili e industriali, ponti e strutture geotecniche e le modificazioni di strutture esistenti.

Esso innanzitutto introduce il periodo di riferimento V_R per le azioni sismiche, che è dato dal prodotto della vita nominale della costruzione V_N e del suo coefficiente d'uso C_U . V_N è il numero di anni durante i quali un edificio, soggetto a regolare manutenzione, dovrebbe essere usato per lo scopo per cui è stato progettato. La norma indica $V_N = 10$ anni per opere provvisorie, $V_N \geq 50$ anni per opere ordinarie e $V_N \geq 100$ anni per grandi opere o di importanza strategica.

Il coefficiente d'uso è collegato direttamente alla classe d'uso della costruzione, che va da Classe I (rara presenza di persone, edifici agricoli, $C_U = 0.7$) a Classe II (normale presenza di persone, $C_U = 1.0$) fino a Classe IV (costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti anche con riferimento alla gestione della protezione civile, $C_U = 2.0$).

	Pagina 50 di 86					
	Area Code	Comp. Code	System Code	Disc. Code	Doc.-Type	Ser. No.
Project Title:	Trans Adriatic Pipeline – TAP					IPL00-URS-000-Q-TRG-0001 Rev.: 01
Document Title:	Studio geotecnico e geofisico lungo il tracciato del gasdotto - Italia					

Sono stabiliti nella norma due stati limite di esercizio (SLO = Stato Limite di Operatività, SLD = Stato Limite di Danno (SLD) e due stati limite ultimi (SLU = Stato Limite di Salvaguardia della Vita, SLC = Stato Limite di prevenzione del collasso (SLC).

Secondo la norma, la probabilità di superamento dell'azione sismica durante il periodo di riferimento varia con lo stato limite.

Tab. 6-12: variazione della probabilità di superamento del moto sismico per diversi stati limite

Limit state	Probability P of exceedance in the reference period V_R	
Serviceability limit state	SLO	81%
	SLD	63%
Ultimate limit state	SLU	10%
	SLC	5%

Questo modo di definire il periodo di ritorno di un terremoto è associato ad un sistema recentemente diventato disponibile in Italia, che permette la visualizzazione e l'interrogazione di mappe probabilistiche di pericolosità sismica del territorio nazionale utilizzando diversi parametri di scuotimento su una griglia regolare con una spaziatura $0,05^\circ$ (Meletti e Montaldo, 2007).

In sintesi, vi è ora uno strumento in Italia, all'interno delle NTC, che permette la determinazione dell'accelerazione di picco al suolo (peak ground acceleration, PGA) e lo spettro di progetto per i terremoti con diversi periodi di ritorno in ogni punto del territorio.

6.4.1 Categorie di Sottosuolo

L'ambiente professionale dell'Ingegneria Sismica è ben consapevole del fatto che le condizioni locali del suolo possono modificare notevolmente le caratteristiche del moto sismico tipiche del substrato roccioso affiorante.

Nelle NTC gli effetti di sito vengono introdotti attraverso la determinazione del tipo di terreno, che influenza la categoria di sottosuolo, e la forma dello spettro di risposta di progetto.

In particolare, viene introdotta la velocità equivalente delle onde di taglio V_{s30} e sono definiti un numero di colpi SPT equivalente N_{SPT30} e una coesione equivalente Cu_{30} . Le NTC raccomandano fortemente la misura delle V_{s30} per la definizione delle categorie di suolo e solo quando ciò non sia possibile l'uso di N_{SPT30} o Cu_{30} .

Una definizione più chiara della profondità del terreno per cui questi parametri equivalenti possono essere valutati è data in base al tipo di costruzione. La profondità deve essere calcolata dalla profondità del piano di posa per le fondazioni poco profonde; dalla testa del palo per fondazioni profonde; dalla testa del muro per pareti per muri di contenimento di terreni naturali e dalla profondità della fondazione per muri per costruzioni in terra.

Per quanto riguarda il tipo di terreno, si precisa che il deposito può essere classificato in una delle cinque categorie convenzionali (dalla classe A alla classe E) solo se si osserva un aumento regolare nelle sue proprietà meccaniche con la profondità. In caso contrario, il sito deve essere classificato come S2 e sono richiesti studi speciali per la definizione dell'azione sismica.

Project Title: **Trans Adriatic Pipeline – TAP**

 Document Title: **Studio geotecnico e geofisico lungo il tracciato del gasdotto - Italia**
**IPL00-URS-000-Q-TRG-0001
Rev.: 01**
Tab. 6-13: valori delle Vs30 per le principali categorie di suolo secondo le NTC 2008

Site class	Vs ₃₀ [m/s]
A – Rock or other rock-like geological formation	> 800
B – Deposits of very dense sand, gravel, or very stiff clay (Stiff Soil)	360 – 800
C – Deep deposits of dense or medium-dense sand, gravel or stiff clay (Soft Soil)	180 – 360
D – Deposits of loose-to-medium cohesionless soil (Very Soft Soil)	< 180
E – A soil profile consisting of a surface alluvium layer (Alluvional)	<i>Vs values of type C or D and thickness varying between about 5 m and 20 m, underlain by stiffer material with Vs > 800 m/s</i>

Nel 2015 è stato eseguiti un profilo MASW (MASW 3) i cui risultati sono presentati nell'Allegato 6 e sono qui sintetizzati:

- Profilo 1 - MASW 3

Velocità media delle onde di taglio Vs,30 = 550 m/s - classificazione del terreno secondo l'Eurocodice 8 = "B" (360 m/s < Vs,30 < 800 m/s).

Project Title: **Trans Adriatic Pipeline – TAP**

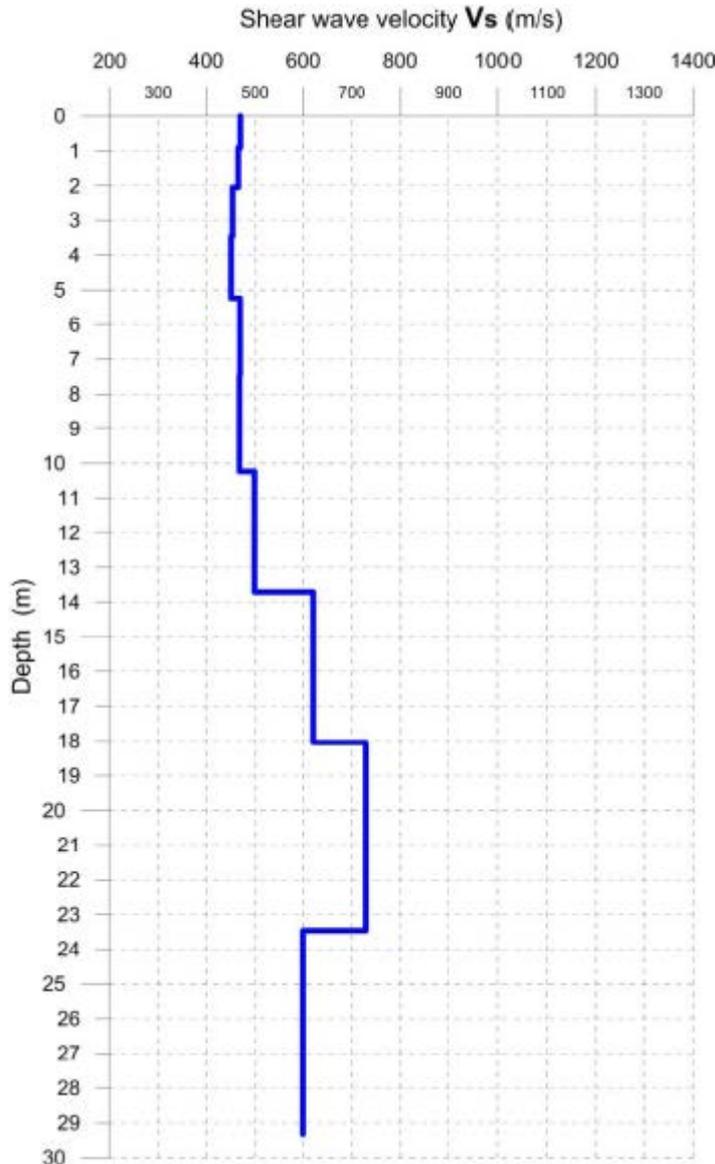
 Document Title: **Studio geotecnico e geofisico lungo il tracciato del gasdotto - Italia**
IPL00-URS-000-Q-TRG-0001
Rev.: 01


Figura 6-2: Profilo MASW 3

La caratterizzazione sismica finale qui proposta prevede l'impiego della categoria di sottosuolo B per tutto il tratto del Gasdotto.

6.4.2 Identificazione della pericolosità del sito

In conformità con le NTC, sono definite le forme spettrali, per ciascuna delle probabilità di superamento nel period di riferimento V_R , dai valori dei seguenti parametri di riferimento:

- a_g : accelerazione massima orizzontale al sito;
- F_0 : valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- T_c^* periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Project Title: **Trans Adriatic Pipeline – TAP**

 Document Title: **Studio geotecnico e geofisico lungo il tracciato del gasdotto - Italia**
**IPL00-URS-000-Q-TRG-0001
Rev.: 01**

Il Comune di Melendugno è ubicato in zona sismica 4 (secondo il DGR n. 153/2004, consideriamo la zone 3 per le strutture strategiche), con i parametri sismici per i periodi di ritorno di riferimento T_R riportati nella seguente tabella:

Tab. 6-14: valori dei parametri a_g , F_o , T_c per i periodi di ritorno di riferimento

T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_c^* [s]
30	0,013	2,458	0,152
50	0,017	2,436	0,163
72	0,021	2,441	0,213
101	0,026	2,362	0,249
140	0,030	2,355	0,291
201	0,035	2,420	0,328
475	0,052	2,462	0,406
975	0,072	2,505	0,464
2475	0,102	2,627	0,540

Project Title: **Trans Adriatic Pipeline – TAP**

Document Title: **Studio geotecnico e geofisico lungo il tracciato del gasdotto - Italia**

IPL00-URS-000-Q-TRG-0001
Rev.: 01

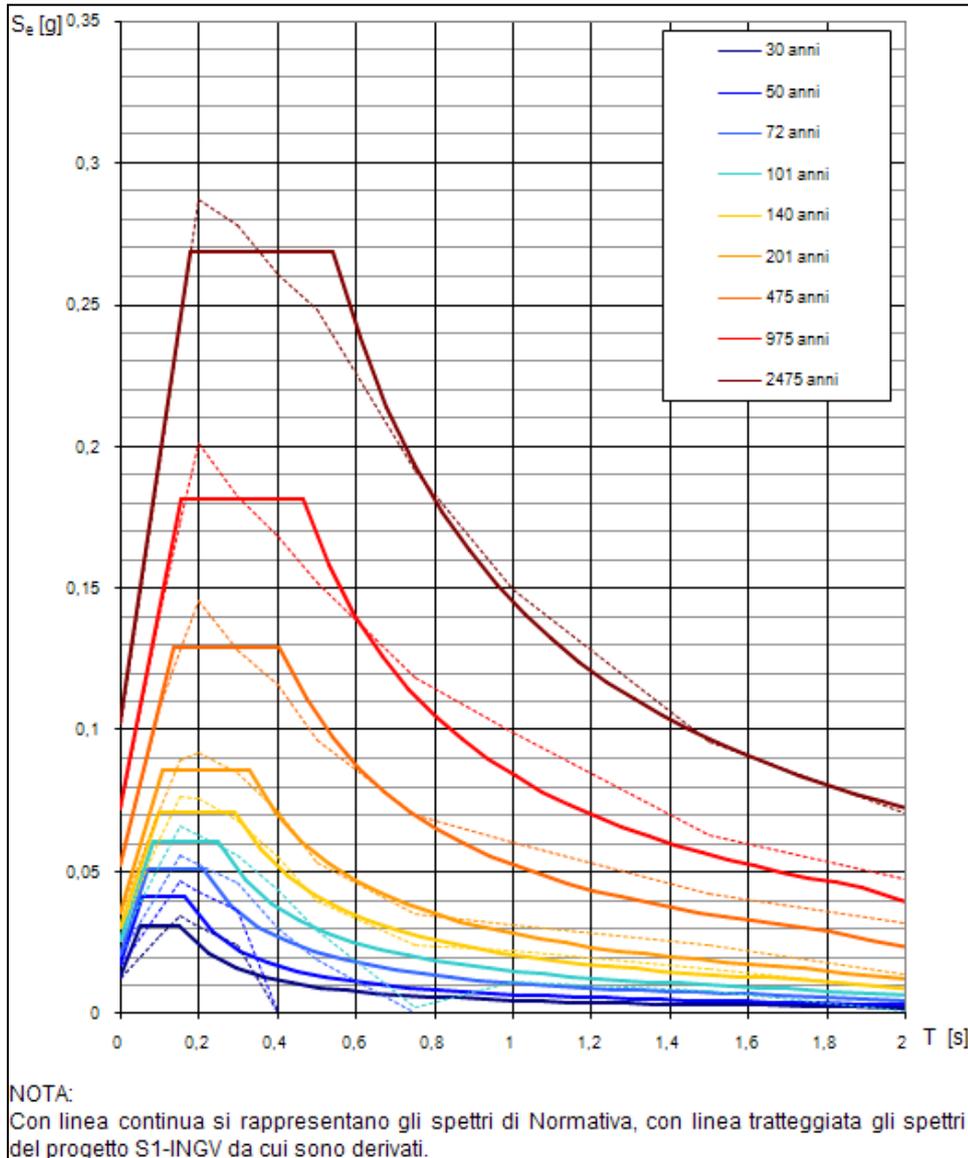


Figura 6-3: forme spettrali per i periodi di riferimento di ritorno (NCT – linea continua / calcolato dal Progetto S1- ING V– linea tratteggiata)

6.4.3 Scelta della strategia di progetto

In conformità con le NTC, la strategia di progetto in questo caso considera una vita nominale degli edifici nel PRT equivalente a 100 anni ed un coefficiente d'uso C_U pari a 2.

Di seguito i valori progettuali di ingresso:

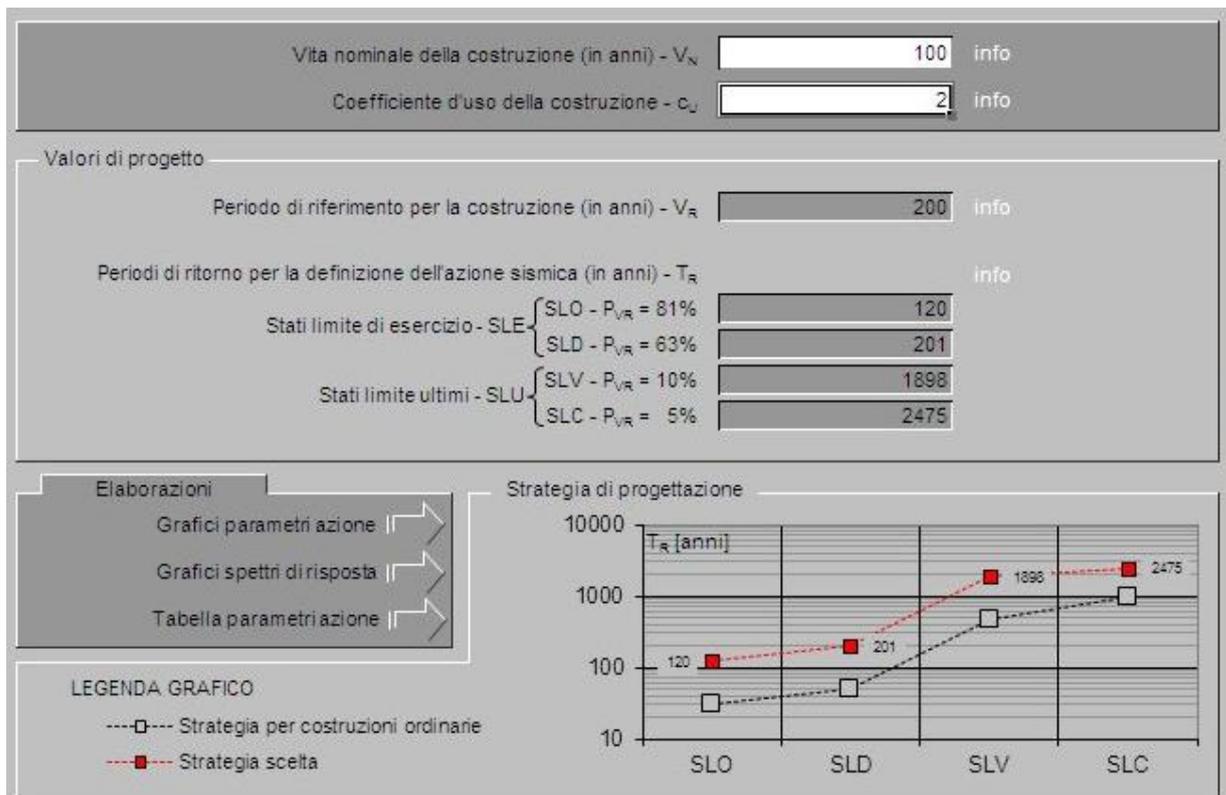


Figura 6-4: valori di ingresso dei parametri di progetto (spettri NTC. Ver. 1.0.3 – Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici)

In Tab. 6-15 sono rappresentati i parametri a_g , P_o , T_c per i quattro stati limite, considerando una vita nominale delle costruzioni PRT equivalente a 100 anni ed un coefficiente d'uso pari a 2.

Tab. 6-15: parametri a_g , P_o , T_c per i quattro stati limite, considerando una vita nominale delle costruzioni PRT equivalente a 100 anni ed un coefficiente d'uso pari a 2.

SLATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_c^* [s]
SLO	120	0,028	2,358	0,271
SLD	201	0,035	2,420	0,328
SLV	1898	0,093	2,592	0,517
SLC	2475	0,102	2,627	0,540

Project Title: **Trans Adriatic Pipeline – TAP**

Document Title: **Studio geotecnico e geofisico lungo il tracciato del gasdotto - Italia**

IPL00-URS-000-Q-TRG-0001

Rev.: 01

Spettri di risposta elastici per i diversi Stati Limite

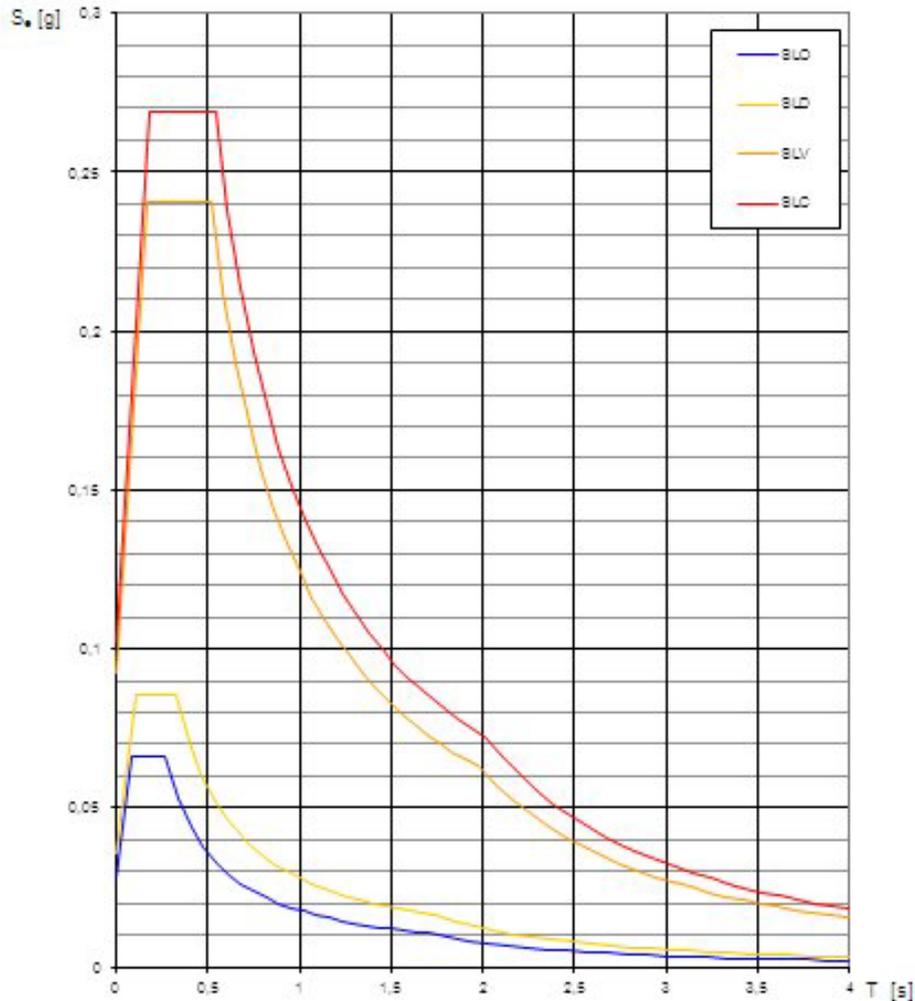


Figura 6-5: spettri di risposta per differenti stati limite

6.4.4 Determinazione dell'azione sismica di progetto

L'azione sismica di progetto è basata sull'identificazione delle categorie di sottosuolo e sulla topografia del sito.

Consideriamo una categoria di sottosuolo = B ed una categoria topografica = T1 (superficie pianeggiante).

Segue una figura con i parametri di ingresso considerati:

Project Title: **Trans Adriatic Pipeline – TAP**

Document Title: **Studio geotecnico e geofisico lungo il tracciato del gasdotto - Italia**

IPL00-URS-000-Q-TRG-0001
Rev.: 01

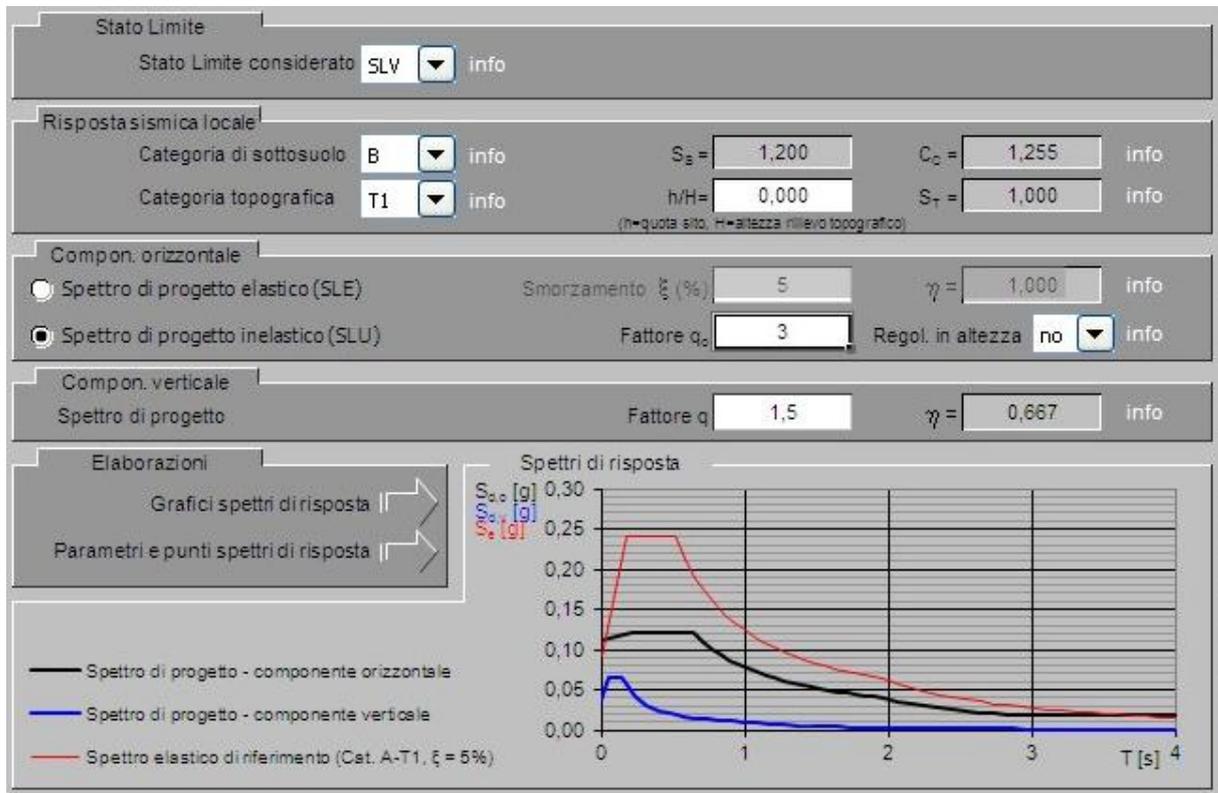


Figura 6-6: valori di ingresso per la determinazione dell'azione sismica di progetto (spettri NTC. Ver. 1.0.3 – Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici)

Project Title: **Trans Adriatic Pipeline – TAP**

Document Title: **Studio geotecnico e geofisico lungo il tracciato del gasdotto - Italia**

IPL00-URS-000-Q-TRG-0001
Rev.: 01

Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato lim SLV

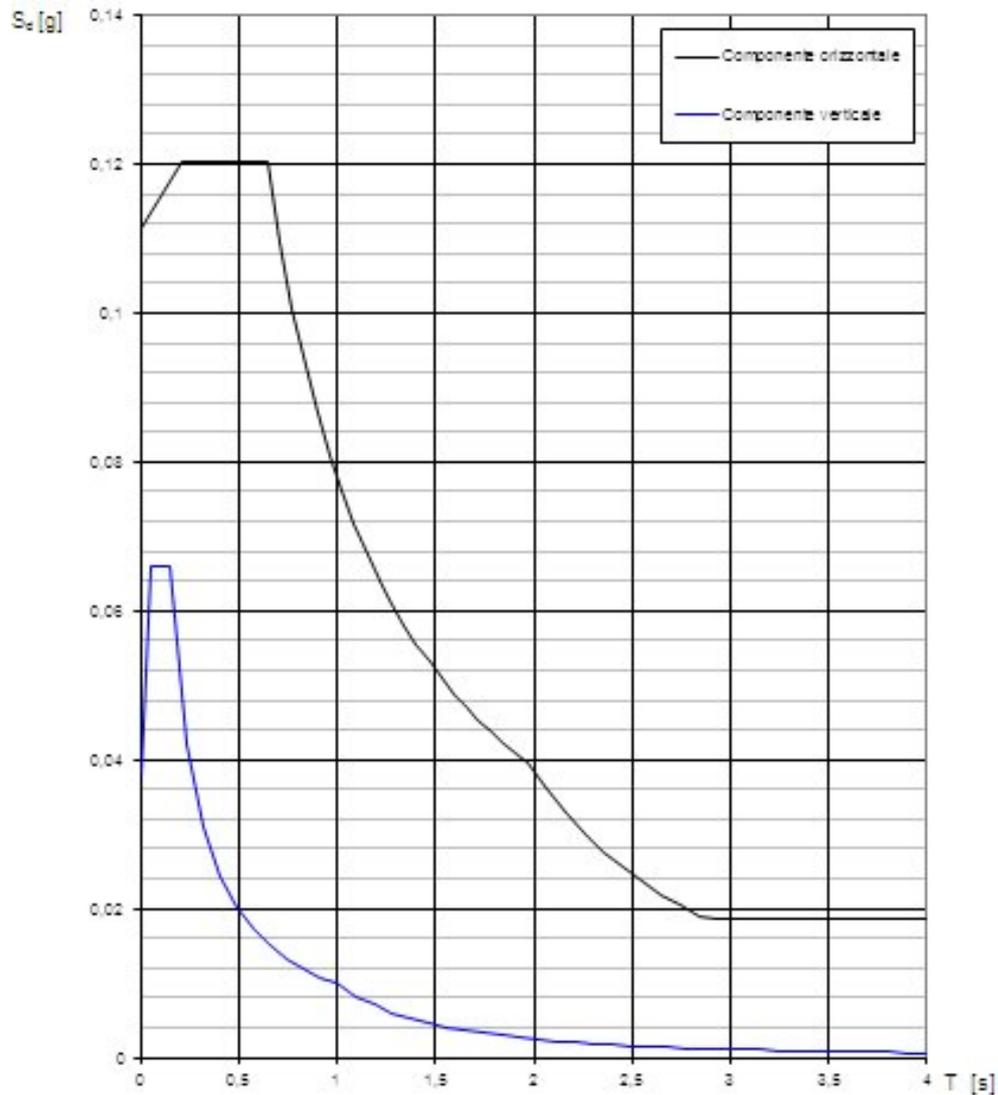


Figura 6-7: spettri di risposta delle componenti orizzontale e verticale dello SLV

Project Title: **Trans Adriatic Pipeline – TAP**

 Document Title: **Studio geotecnico e geofisico lungo il tracciato del gasdotto - Italia**
**IPL00-URS-000-Q-TRG-0001
Rev.: 01**
Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
a_g	0,093 g
F_c	2,592
T_c	0,517 s
S_B	1,200
C_C	1,255
S_T	1,000
q	2,400

Parametri dipendenti

S	1,200
η	0,417
T_B	0,216 s
T_C	0,649 s
T_D	1,971 s

Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_g \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = \sqrt{10/(5+\xi)} \geq 0,55; \eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.6; §. 3.2.3.5})$$

$$T_B = T_C / 3 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.8})$$

$$T_C = C_C \cdot T_c^* \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.7})$$

$$T_D = 4,0 \cdot a_g / g + 1,6 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.9})$$

Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.4)

$$0 \leq T < T_B \quad S_g(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_o} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_g(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_g(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_g(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left(\frac{T_C T_D}{T^2} \right)$$

Lo spettro di progetto $S_d(T)$ per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico $S_e(T)$ sostituendo η con $1/q$, dove q è il fattore di struttura. (NTC-08 § 3.2.3.5)

Punti dello spettro di risposta

	T [s]	Se [g]
	0,000	0,111
T_B ←	0,216	0,120
T_C ←	0,649	0,120
	0,712	0,110
	0,775	0,101
	0,838	0,093
	0,901	0,087
	0,964	0,081
	1,027	0,076
	1,090	0,072
	1,153	0,068
	1,216	0,064
	1,279	0,061
	1,341	0,058
	1,404	0,056
	1,467	0,053
	1,530	0,051
	1,593	0,049
	1,656	0,047
	1,719	0,045
	1,782	0,044
	1,845	0,042
	1,908	0,041
T_D ←	1,971	0,040
	2,068	0,036
	2,164	0,033
	2,261	0,030
	2,358	0,028
	2,454	0,026
	2,551	0,024
	2,647	0,022
	2,744	0,020
	2,841	0,019
	2,937	0,019
	3,034	0,019
	3,130	0,019
	3,227	0,019
	3,324	0,019
	3,420	0,019
	3,517	0,019
	3,614	0,019
	3,710	0,019
	3,807	0,019
	3,903	0,019
	4,000	0,019

Figura 6-8: parametri e punti dello spettro di risposta della componente orizzontale dello SLV

Project Title: **Trans Adriatic Pipeline – TAP**

 Document Title: **Studio geotecnico e geofisico lungo il tracciato del gasdotto - Italia**
IPL00-URS-000-Q-TRG-0001
Rev.: 01
Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
a_{gv}	0,038 g
S_B	1,000
S_T	1,000
q	1,500
T_B	0,050 s
T_C	0,150 s
T_D	1,000 s

Parametri dipendenti

F_v	1,066
S	1,000
η	0,667

Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_g \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 §. 3.2.3.5})$$

$$F_v = 1,35 \cdot F_o \cdot \left(\frac{a_g}{g} \right)^{0,5} \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.11})$$

Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.10)

$$0 \leq T < T_B \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_o} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left(\frac{T_C \cdot T_D}{T^2} \right)$$

Punti dello spettro di risposta

	T [s]	Se [g]
	0,000	0,038
$T_B \leftarrow$	0,050	0,066
$T_C \leftarrow$	0,150	0,066
	0,235	0,042
	0,320	0,031
	0,405	0,024
	0,490	0,020
	0,575	0,017
	0,660	0,015
	0,745	0,013
	0,830	0,012
	0,915	0,011
$T_D \leftarrow$	1,000	0,010
	1,094	0,008
	1,188	0,007
	1,281	0,006
	1,375	0,005
	1,469	0,005
	1,563	0,004
	1,656	0,004
	1,750	0,003
	1,844	0,003
	1,938	0,003
	2,031	0,002
	2,125	0,002
	2,219	0,002
	2,313	0,002
	2,406	0,002
	2,500	0,002
	2,594	0,001
	2,688	0,001
	2,781	0,001
	2,875	0,001
	2,969	0,001
	3,063	0,001
	3,156	0,001
	3,250	0,001
	3,344	0,001
	3,438	0,001
	3,531	0,001
	3,625	0,001
	3,719	0,001
	3,813	0,001
	3,906	0,001
	4,000	0,001

Figura 6-9: parametri e punti dello spettro di risposta della componente verticale dello SLV

	Pagina 61 di 86				
	Area Code	Comp. Code	System Code	Disc. Code	Doc.-Type
Project Title:	Trans Adriatic Pipeline – TAP				
Document Title:	Studio geotecnico e geofisico lungo il tracciato del gasdotto - Italia				
					IPL00-URS-000-Q-TRG-0001 Rev.: 01

7 VERIFICHE GEOTECNICHE AGLI STATI LIMITE

Il presente capitolo descrive l'approccio delle verifiche geotecniche seguendo le Norme Tecniche per le Costruzioni D.M. 14/01/2008 – nel seguito NTC2008.

7.1 Riferimenti Normativi

Leggi e decreti:

- D.M. 14/01/2008 – “Norme tecniche per le costruzioni”
Technical Rules for Construction Minister Decree (hereinafter NTC2008);
- Circ. Min. n. 617 Febbraio 2009 – “Istruzioni per l'applicazione delle Nuove norme tecniche per le costruzioni di cui al D.M. 14/01/2008”, indicata con Circ. NTC2008
Circ. Min. n. 617 February2009 “Instructions for application of NTC2008”;

Norme Europee:

- Eurocodice 7 – “Progettazione geotecnica – Parte 1 – regole generali” nella versione in lingua italiana, pubblicata a cura dell'UNI (UNI ENV 1997-1, ratificata in data Ottobre 1994) EN 1997-1 (2004) (English): Eurocode 7: Geotechnical design - Part 1: General rules [Authority: The European Union Per Regulation 305/2011, Directive 98/34/EC, Directive 2004/18/EC]”
- Eurocodice 8 – “Progettazione delle strutture per la resistenza sismica” - Parte 1: Regole generali, azioni sismiche e regole per gli edifici.
EN 1998-1 (2004) (English): Eurocode 8: Design of structures for earthquake resistance – Part 1: General rules, seismic actions and rules for buildings [Authority: The European Union Per Regulation 305/2011, Directive 98/34/EC, Directive 2004/18/EC

7.2 Stato Limite Ultimo (SLU)

Le verifiche di sicurezza relative agli stati limite ultimi (SLU) prevedono che sia rispettata, per ogni stato limite ultimo, la seguente condizione:

$$E_d \leq R_d$$

dove E_d è il valore di progetto dell'azione o dell'effetto dell'azione:

$$E_d = E \left[\gamma_F F_k; \frac{X_k}{\gamma_M}; a_d \right] \quad \text{ovvero} \quad E_d = \gamma_E \cdot E \left[F_k; \frac{X_k}{\gamma_M}; a_d \right]$$

con $\gamma_E = \gamma_F$.

Mentre R_d è il valore di progetto della resistenza del sistema geotecnico:

$$R_d = \frac{1}{\gamma_R} R \left[\gamma_F F_k; \frac{X_k}{\gamma_M}; a_d \right]$$

	Pagina 62 di 86				
	Area Code	Comp. Code	System Code	Disc. Code	Doc.- Type
Project Title:	Trans Adriatic Pipeline – TAP				
Document Title:	Studio geotecnico e geofisico lungo il tracciato del gasdotto - Italia				
					IPL00-URS-000-Q-TRG-0001 Rev.: 01

L'effetto delle azioni e resistenza sono espresse in funzione delle azioni di progetto $\gamma_F F_k$, dei parametri di progetto X_k/γ_M e della geometria di progetto a_d . L'effetto delle azioni può anche essere valutato direttamente come $E_d = E_k \cdot \gamma_E$. Nella formulazione della resistenza R_d , compare esplicitamente un coefficiente γ_R che opera direttamente sulla resistenza del sistema.

La verifica della suddetta condizione deve essere effettuata impiegando diverse combinazioni di gruppi di coefficienti parziali, rispettivamente definiti per le azioni (A1 e A2), per i parametri geotecnici (M1 e M2) e per le resistenze (R1, R2 e R3).

I diversi gruppi di coefficienti di sicurezza parziali sono scelti nell'ambito di due approcci progettuali distinti e alternativi.

Nel primo approccio progettuale (Approccio 1) sono previste due diverse combinazioni di gruppi di coefficienti: la prima combinazione è generalmente più severa nei confronti del dimensionamento strutturale delle opere a contatto con il terreno, mentre la seconda combinazione è generalmente più severa nei riguardi del dimensionamento geotecnico.

Nel secondo approccio progettuale (Approccio 2) è prevista un'unica combinazione di gruppi di coefficienti, da adottare sia nelle verifiche strutturali sia nelle verifiche geotecniche.

Gli stati limite ultimi da considerare sono i seguenti:

EQU – perdita di equilibrio della struttura, del terreno o dell'insieme terreno-struttura, considerati come corpi rigidi;

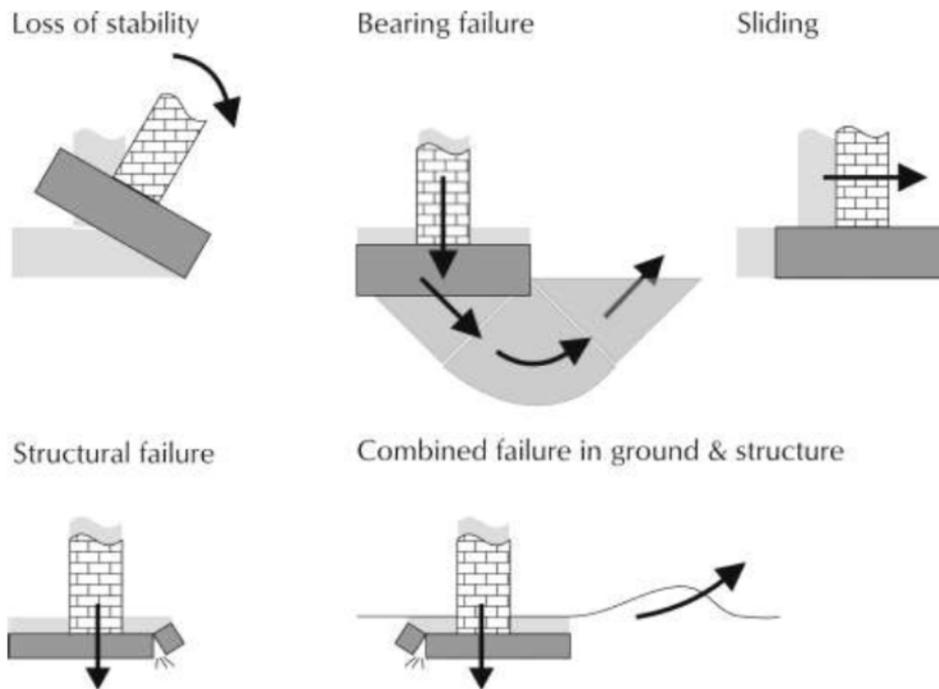
STR – raggiungimento della resistenza degli elementi strutturali, compresi gli elementi di fondazione;

GEO – raggiungimento della resistenza del terreno interagente con la struttura con sviluppo di meccanismi di collasso dell'insieme terreno-struttura;

UPL – perdita di equilibrio della struttura o del terreno, dovuta alla sottospinta dell'acqua (galleggiamento);

HYD – erosione e sifonamento del terreno dovuta a gradienti idraulici.

Project Title: **Trans Adriatic Pipeline – TAP**

 Document Title: **Studio geotecnico e geofisico lungo il tracciato del gasdotto - Italia**
IPL00-URS-000-Q-TRG-0001
Rev.: 01

Figura 7-1: Schemi di rottura (from Bond & Harris, 2008)

Nel presente studio è stato analizzato lo stato limite di tipo GEO, secondo il più conservativo dei due approcci:

Approccio 1: Combinazione 2: (A2+M2+R2)

Approccio 2: (A1+M1+R3).

Le tabelle seguenti contengono i coefficienti applicati nelle verifiche:

Tabella 7-1 – Coefficienti parziali sulle azioni (Tabella 6.2.I di NTC2008)

CARICHI	EFFETTO	Coefficiente Parziale γ_c (o γ_e)	EQU	(A1) STR	(A2) GEO
Permanenti	Favorevole	γ_{G1}	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevole		1,1	1,3	1,0
Permanenti non strutturali ⁽¹⁾	Favorevole	γ_{G2}	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3
Variabili	Favorevole	γ_{Q1}	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3

(1) Nel caso in cui i carichi permanenti non strutturali (ad es. i carichi permanenti portati) siano compiutamente definiti, si potranno adottare gli stessi coefficienti validi per le azioni permanenti.

Project Title: **Trans Adriatic Pipeline – TAP**

 Document Title: **Studio geotecnico e geofisico lungo il tracciato del gasdotto - Italia**
**IPL00-URS-000-Q-TRG-0001
Rev.: 01**
Tabella 7-2 – Coefficienti parziali sui parametric geotecnici (Tabella 6.2.II di NTC2008)

PARAMETRO	GRANDEZZA ALLA QUALE APPLICARE IL COEFFICIENTE PARZIALE	COEFFICIENTE PARZIALE γ_M	(M1)	(M2)
<i>Tangente dell'angolo di resistenza al taglio</i>	$\tan \phi'_k$	γ_ϕ	1,0	1,25
<i>Coestione efficace</i>	c'_k	γ_c	1,0	1,25
<i>Resistenza non drenata</i>	c_{uk}	γ_{cu}	1,0	1,4
<i>Peso dell'unità di volume</i>	γ	γ_γ	1,0	1,0

Table 7-3 – Coefficienti parziali per le verifiche SLU per fondazioni superficiali (Tabella 6.4.I di NTC2008)

VERIFICA	COEFFICIENTE PARZIALE (R1)	COEFFICIENTE PARZIALE (R2)	COEFFICIENTE PARZIALE (R3)
Capacità portante	$\gamma_R = 1,0$	$\gamma_R = 1,8$	$\gamma_R = 2,3$
Scorrimento	$\gamma_R = 1,0$	$\gamma_R = 1,1$	$\gamma_R = 1,1$

7.3 Carico limite per il collasso del terreno di fondazione

Per il calcolo del collasso per carico limite dell'insieme fondazione-terreno si procederà a valutare la capacità portante limite del terreno di fondazione (carico a rottura) facendo riferimento ai tradizionali metodi basati sulla teoria dell'equilibrio limite così come originariamente proposti da Brinch-Hansen (1970) per terreno omogeneo.

$$q_{lim} = \frac{1}{2} \gamma' \cdot B' \cdot N_\gamma \cdot s_\gamma \cdot d_\gamma \cdot i_\gamma \cdot b_\gamma \cdot g_\gamma + c' \cdot N_c \cdot s_c \cdot d_c \cdot i_c \cdot b_c \cdot g_c + q' \cdot N_q \cdot s_q \cdot d_q \cdot i_q \cdot b_q \cdot g_q$$

nella quale:

- q_{lim} = portata limite;
- γ' = peso di volume efficace;
- B' = lato minore della fondazione efficace equivalente;
- N_γ, N_c, N_q = fattori di capacità portante, dipendenti dall'angolo di resistenza al taglio ϕ' ;
- s_γ, s_c, s_q = fattori di forma;
- d_γ, d_c, d_q = fattori dipendenti dalla profondità del piano di posa;
- i_γ, i_c, i_q = fattori correttivi che tengono conto dell'inclinazione del carico;
- b_γ, b_c, b_q = fattori correttivi che tengono conto dell'inclinazione della base della fondazione;
- g_γ, g_c, g_q = fattori correttivi che tengono conto dell'inclinazione del piano campagna;

Project Title: **Trans Adriatic Pipeline – TAP**

 Document Title: **Studio geotecnico e geofisico lungo il tracciato del gasdotto - Italia**
**IPL00-URS-000-Q-TRG-0001
Rev.: 01**

- q' = sovraccarico laterale alla base della fondazione.

Con ϕ' si definisce nel seguito l'angolo di attrito di "design" ϕ'_d ottenuto moltiplicando l'angolo di attrito caratteristico ϕ'_k per il rispettivo coefficiente parziale, M1 o M2, dei parametri geotecnici.

I fattori inseriti nella formula generale sono definiti dalle seguenti espressioni:

- fattori di capacità portante (Vesic, 1975)

$$N_\gamma = 2 \cdot (N_q + 1) \cdot \tan \phi'$$

$$N_q = e^{(\pi \cdot \tan \phi')} \cdot \left(\frac{\pi}{4} + \frac{\phi'}{2} \right)$$

$$N_c = (N_q - 1) \frac{1}{\tan \phi'}$$

- fattori di forma della fondazione (De Beer, 1967)

$$s_\gamma = 1 - 0.4 \frac{B'}{L'}$$

$$s_q = 1 + \frac{B'}{L'} \cdot \tan \phi'$$

$$s_c = 1 + \frac{B'}{L'} \cdot \frac{N_q}{N_c}$$

con L' = lato maggiore della fondazione efficace equivalente

- fattori dipendenti dalla profondità del piano di posa (Brinch-Hansen, 1970)

$$d_\gamma = 1$$

$$d_q = 1 + 2 \cdot \frac{D}{B'} \cdot \tan \phi' \cdot (1 - \sin \phi')^2, \text{ per } D/B' \leq 1$$

$$d_q = 1 + 2 \cdot \tan \phi' \cdot (1 - \sin \phi')^2 \cdot \tan^{-1} \left(\frac{D}{B'} \right), \text{ per } D/B' \geq 1$$

$$d_c = d_q - \frac{1 - d_q}{N_c \cdot \tan \phi'}$$

con D = approfondimento del piano di posa al di sotto del piano campagna

- fattori dipendenti dall'inclinazione del carico (Vesic, 1975)

Project Title: **Trans Adriatic Pipeline – TAP**

 Document Title: **Studio geotecnico e geofisico lungo il tracciato del gasdotto - Italia**
**IPL00-URS-000-Q-TRG-0001
Rev.: 01**

$$i_{\gamma} = \left[1 - \frac{H}{N + B' \cdot L' \cdot c' \cdot \cot \phi'} \right]^{(m+1)}$$

$$i_q = \left[1 - \frac{H}{N + B' \cdot L' \cdot c' \cdot \cot \phi'} \right]^m$$

$$i_c = i_q - \frac{1 - i_q}{N_q - 1}$$

$$m_B = \frac{2 + B' / L'}{1 + B' / L'}$$

$$m_L = \frac{2 + L' / B'}{1 + L' / B'}$$

$$m = m_L \cdot \cos^2 \vartheta + m_B \cdot \sin^2 \vartheta$$

$$\vartheta = \arctg\left(\frac{T_B}{T_L}\right)$$

con H = carico orizzontale

N = carico verticale

 T_B = carico orizzontale in direzione B

 T_L = carico orizzontale in direzione L

- fattori dipendenti dall'inclinazione del piano di posa della fondazione (Brinch-Hansen, 1970)

$$b_q = b_{\gamma} = (1 - \alpha \cdot \tan \phi')^2$$

$$b_c = b_q - \frac{1 - b_q}{N_c \cdot \tan \phi'}$$

 con α = inclinazione del piano di posa;

- fattori dipendenti dall'inclinazione del piano campagna (Brinch-Hansen, 1970)

$$g_q = g_{\gamma} = (1 - \tan \omega)^2$$

$$g_c = g_q - \frac{1 - g_q}{N_c \cdot \tan \phi'}$$

 con ω = inclinazione del piano campagna.

Le dimensioni della fondazione efficace equivalente B' e L', sono calcolate, in presenza di carichi

Project Title: **Trans Adriatic Pipeline – TAP**

 Document Title: **Studio geotecnico e geofisico lungo il tracciato del gasdotto - Italia**
IPL00-URS-000-Q-TRG-0001
Rev.: 01

eccentrici, con il criterio proposto da Meyerhof (**Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**) che prevede di riferire la capacità del terreno all'area "netta" $B' \times L'$:

$$B' = B - 2e_1$$

$$L' = L - 2e_2$$

dove:

L, B = dimensioni "reali" della fondazione;

e_1, e_2 = eccentricità del carico nelle direzioni considerate.

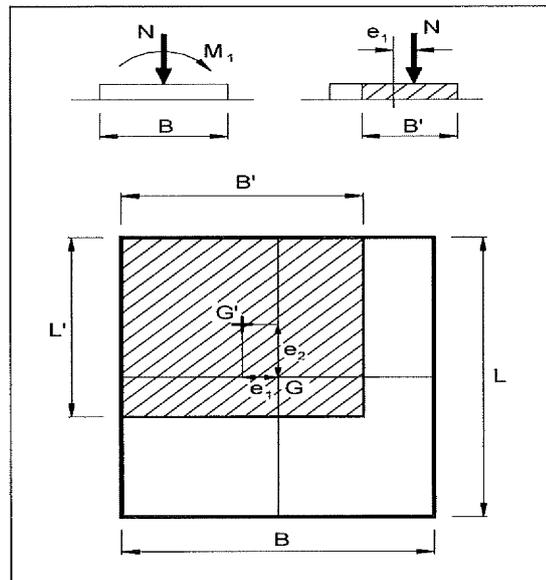


Figura 7-1: **Criterio di Meyerhof per il calcolo della fondazione reagente**

Per tener conto dell'influenza della falda sul terreno sottostante il piano di fondazione, si fa riferimento ad un peso di volume corretto (γ_c) secondo il seguente procedimento:

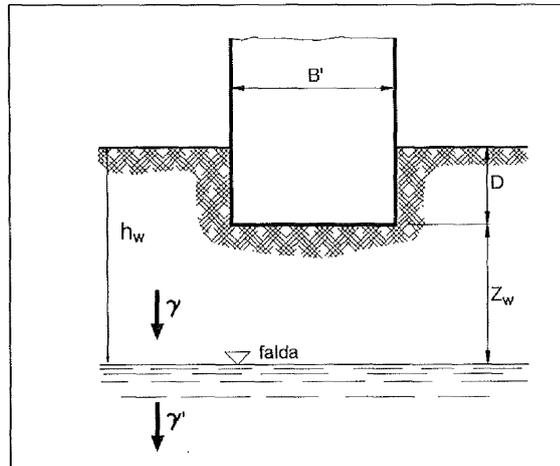
$$\gamma_c = \gamma_w (z_w / B) + (\gamma - \gamma_w) \text{ se } 0 \leq z_w \leq B$$

$$\gamma_c = \gamma \text{ se } z_w \geq B$$

dove:

z_w = distanza tra il piano d'imposta della fondazione e la falda.

Project Title: **Trans Adriatic Pipeline – TAP**

 Document Title: **Studio geotecnico e geofisico lungo il tracciato del gasdotto - Italia**
**IPL00-URS-000-Q-TRG-0001
Rev.: 01**

Figura 7-2: Influenza della falda

7.4 Stato Limite di Esercizio (SLE)

Le NTC 2008 indicano che si devono calcolare i valori degli spostamenti e delle distorsioni per verificarne la compatibilità con i requisiti prestazionali della struttura in elevazione (§§ 2.2.2 e 2.6.2), nel rispetto della condizione (6.2.7):

$$E_d \leq C_d$$

dove E_d è il valore di progetto dell'effetto delle azioni e C_d è il prescritto valore limite dell'effetto delle azioni.

I cedimenti assumono in genere valori diversi sul piano di posa di un manufatto. E' quindi necessario valutare i cedimenti differenziali ossia la differenza dei cedimenti tra punti di una stessa fondazione, di fondazioni distinte con sovrastrutture comuni e di fondazioni distinte con sovrastrutture staticamente indipendenti.

Nel caso in esame, si procederà a valutare i cedimenti diretti di un plinto caricato con carico verticale, non si esaminerà il cedimento differenziale tra plinti e non si esamineranno i cedimenti mutui prodotti da plinti posizionati in vicinanza.

I valori delle proprietà meccaniche da adoperare nell'analisi sono quelli caratteristici e i coefficienti parziali sulle azioni e sui parametri di resistenza sono sempre unitari.

Il calcolo del cedimento diretto viene svolto con riferimento alla teoria elastica, mediante la correlazione prevista da Davis e Poulos (1974), che prevede il calcolo dello stato tensionale indotto nel terreno, supponendolo un semispazio elastico-lineare isotropo ed omogeneo, ed il calcolo del cedimento con riferimento ad un mezzo elastico lineare isotropo non omogeneo caratterizzato per ogni strato i -esimo dal modulo elastico (E_i) e dal coefficiente di Poisson (ν). In questo modo è possibile tener conto della stratigrafia del terreno.

Si procede quindi nel seguente modo:

1. si calcolano σ_x , σ_y e σ_z in funzione della profondità z con le seguenti espressioni:

Project Title: **Trans Adriatic Pipeline – TAP**

 Document Title: **Studio geotecnico e geofisico lungo il tracciato del gasdotto - Italia**
**IPL00-URS-000-Q-TRG-0001
Rev.: 01**

$$\sigma_z = \frac{q}{2 \cdot \pi} \cdot \left[\arctan\left(\frac{L \cdot B}{z \cdot R_3}\right) + \frac{L \cdot B \cdot z}{R_3} \cdot \left(\frac{1}{R_1^2} + \frac{1}{R_2^2}\right) \right]$$

$$\sigma_x = \frac{q}{2 \cdot \pi} \cdot \left[\arctan\left(\frac{L \cdot B}{z \cdot R_3}\right) - \frac{L \cdot B \cdot z}{R_1^2 \cdot R_3} \right]$$

$$\sigma_y = \frac{q}{2 \cdot \pi} \cdot \left[\arctan\left(\frac{L \cdot B}{z \cdot R_3}\right) - \frac{L \cdot B \cdot z}{R_2^2 \cdot R_3} \right]$$

dove:

q = carico applicato alla fondazione;

B = lato minore della fondazione;

L = lato maggiore della fondazione;

$$R_1 = (L^2 + z^2)^{0,5}$$

$$R_2 = (B^2 + z^2)^{0,5}$$

$$R_3 = (L^2 + B^2 + z^2)^{0,5}$$

- si determina la distribuzione della deformazione verticale lungo l'asse z considerando gli opportuni valori di E e ν per ogni strato con la seguente espressione:

$$\varepsilon_z = \frac{\sigma_z}{E_i} - \frac{\nu_i}{E_i} \cdot (\sigma_x + \sigma_y)$$

- si calcolano i cedimenti integrando le deformazioni con la profondità:

$$\delta = \int_0^H \varepsilon_z \cdot dz$$

dove H è lo strato di terreno per cui bisogna calcolare i cedimenti che si ottiene alla profondità z in cui sono verificate entrambe le seguenti 2 espressioni:

$$H \geq 2 \cdot B$$

$$\sigma_z(H) \leq 0.15 \cdot \sigma_{z0}$$

con

 $\sigma_z(H)$ = sovraccarico verticale dato dal carico applicato alla fondazione

 σ_{z0} = stato di sforzo geostatico.

	Pagina 70 di 86				
	Area Code	Comp. Code	System Code	Disc. Code	Doc.-Type
Project Title:	Trans Adriatic Pipeline – TAP				
Document Title:	Studio geotecnico e geofisico lungo il tracciato del gasdotto - Italia				
					IPL00-URS-000-Q-TRG-0001 Rev.: 01

8 VERIFICA DELLA CAPACITÀ PORTANTE

Per quanto riguarda il tratto di gasdotto interrato, le uniche strutture che vanno verificate da un punto di vista fondazionale sono le selle di sostegno del gasdotto e la plateadella stazione di intercettazione valvole. “ Block Valve Station” (BVS).

La verifica della capacità portante è stata effettuata per le seguenti fondazioni.

- sella 1 x 1 m
- platea 8 x 8 m

La base della fondazione è stata assunta pari a -2,50 m da p.c. ed il terreno a fianco a 0,0 m corrispondente a un sovraccarico laterale di circa 25 kPa. La superficie della falda è stata assunta pari a -2,30 m da p.c. come ricavato dai piezometri prossimi alla BVS..

La capacità portante (valore di progetto della resistenza) è stata calcolata usando i due approcci progettuali che applicano i coefficienti parziali sui parametri geotecnici e le resistenze come da NTC2008.

- Approccio 1: Combinazione 2: A2+M2+R2
- Approccio 2: A1+M1+R3

I risultati dei calcoli sono stati forniti mediante diagrammi/abachi in cui l'asse x rappresenta l'eccentricità in direzione di B e L e l'asse y il valore di progetto della resistenza R_d [kN].

Ciascun diagramma è valido per un singolo insieme di geometrie di fondazione (n. 2 insiemi) e per un singolo valore caratteristico dell'angolo d'attrito ϕ'_k . Si disegnano tre curve per i tre valori del rapporto N/H tra il carico verticale e quello orizzontale (N/H = 0%, 5%, 10%) lungo entrambe le direzioni B e L.

Le verifiche sono state condotte assumendo cautelativamente che le fondazioni siano impostate sul terreno dell'unità geotecnica b1 avente angolo d'attrito caratteristico pari a $\phi'_k = 29,5^\circ$, a cui corrisponde un angolo di attrito di progetto pari a $\phi'_d = 24,4^\circ$.

Il progettista strutturale può entrare con il carico applicato (moltiplicato per il relativo coefficiente) e con la reale geometria e quindi valutare quale di esse soddisfi i requisiti di carico o al contrario, fissata la geometria, determinare il carico ammissibile.

Per quanto riguarda la pendenza degli scavi per l'interramento del gasdotto, questa dipende dalle litologie incontrate.

Project Title: **Trans Adriatic Pipeline – TAP**

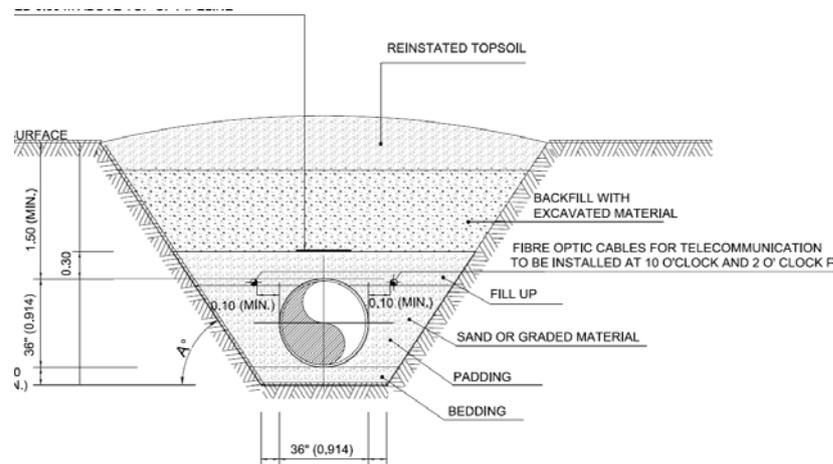
 Document Title: **Studio geotecnico e geofisico lungo il tracciato del gasdotto - Italia**
IPL00-URS-000-Q-TRG-0001
Rev.: 01


Figura 8-1: Sezione tipologica della trincea di posa del gasdotto (source document: *IPL00-SPF-100-F-DFT-0002_01*)

I dati di campagna confermano che le pendenze per gli strati al di sopra del livello di falda possono essere:

- 80° in roccia
- 60° nel caso di terreni coesivi
- 45° per terreni non coesivi o moderatamente coesivi e consistenti.

Invece nel caso di scavi con presenza di falda sul fondo, particolare attenzione va adottata per evitare smottamenti locali. Gli scavi possono venire eseguiti senza sostegno, ma con aggottamento, solo nel caso di presenza di roccia.

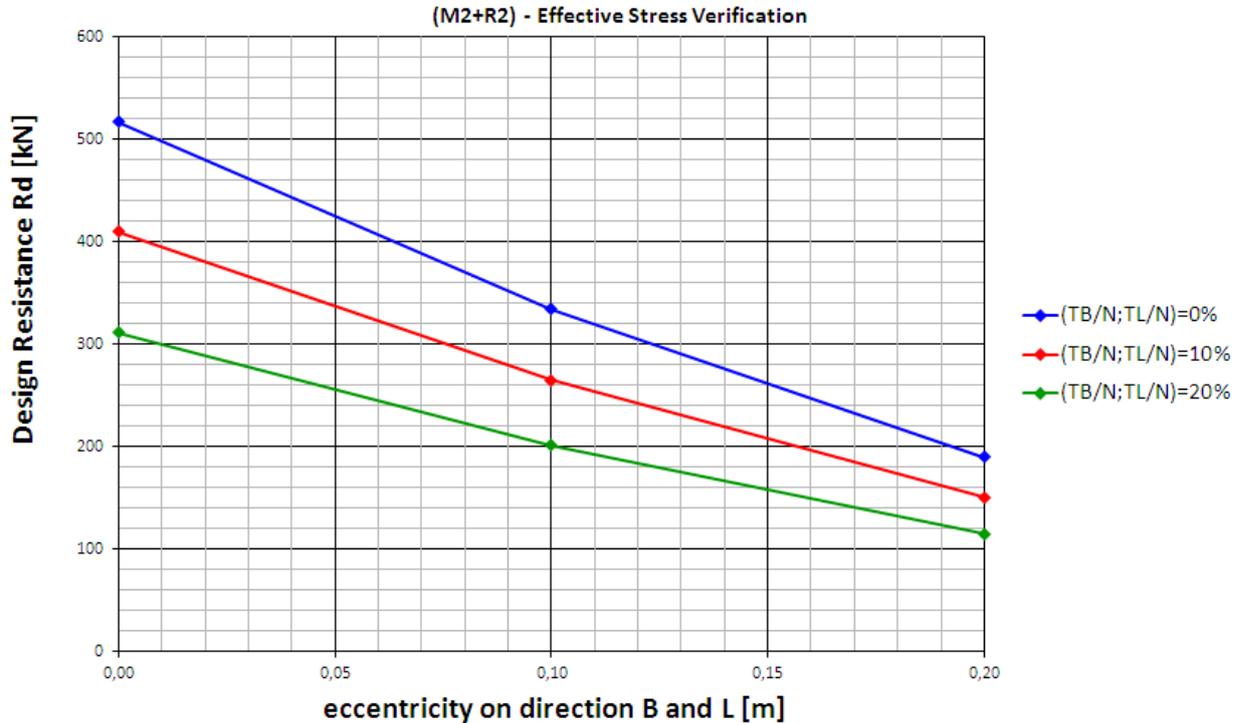
Project Title: **Trans Adriatic Pipeline – TAP**

Document Title: **Studio geotecnico e geofisico lungo il tracciato del gasdotto - Italia**

IPL00-URS-000-Q-TRG-0001
Rev.: 01

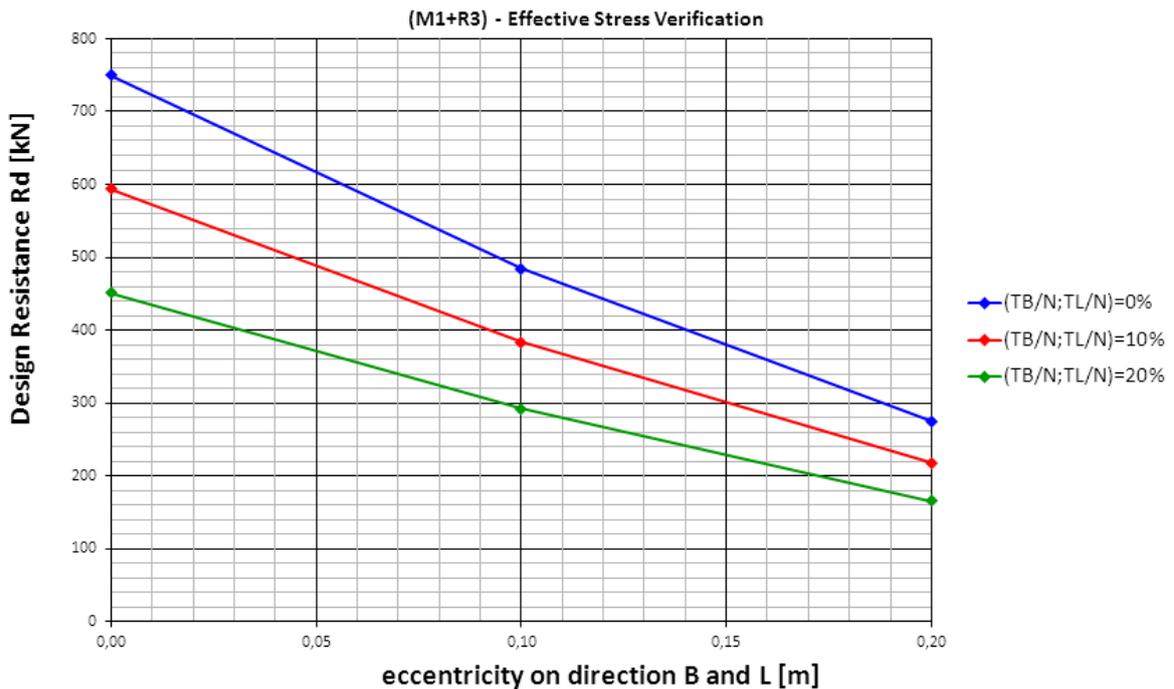
8.1 Fondazione delle selle 1x 1 m- Verifica M2+R2

Saddle Foundation 1x1m - depth foundation 2,5m - lateral surcharge load 2,5m - watertable -2,3 m
characteristic friction angle 29,5° -design friction angle 24,4°



8.2 Fondazione delle selle 1x 1 m- Verifica M1+R3

Saddle Foundation 1x1m - depth foundation 2,5m - lateral surcharge load 2,5m - watertable -2,3 m
characteristic friction angle 29,5° -design friction angle 29,5°



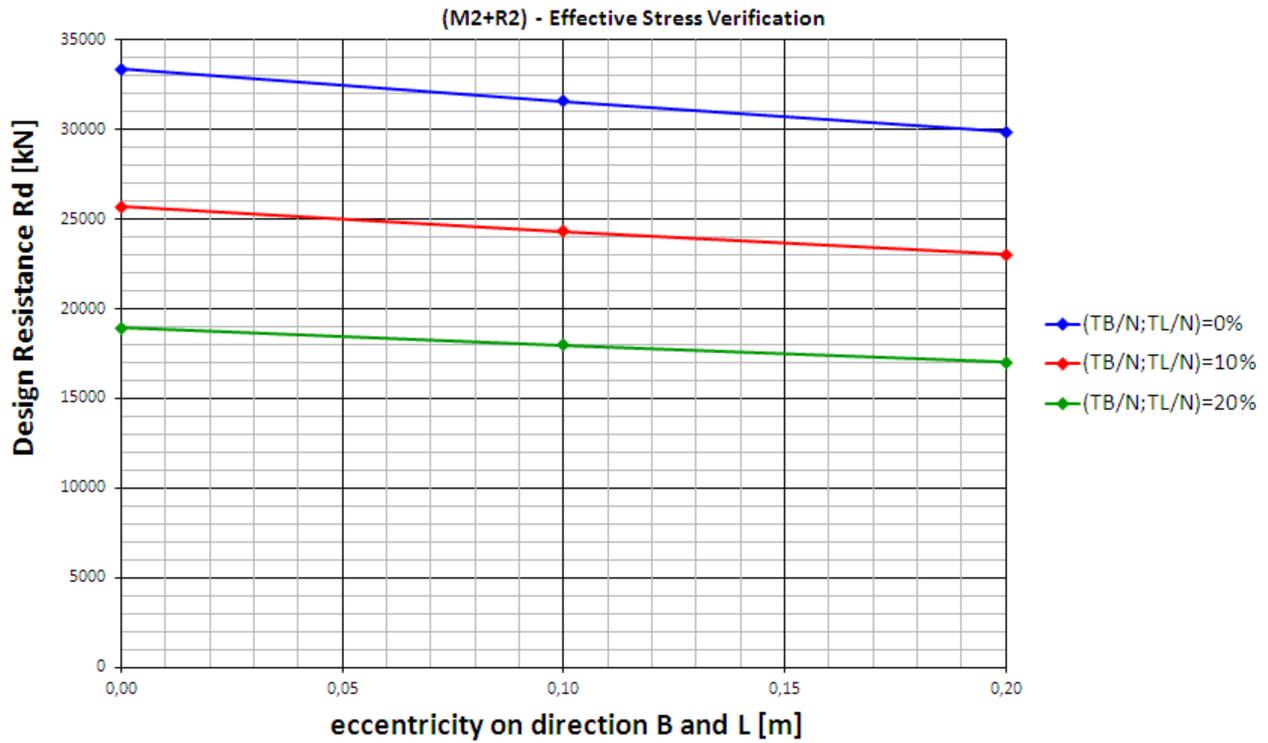
Project Title: **Trans Adriatic Pipeline – TAP**

Document Title: **Studio geotecnico e geofisico lungo il tracciato del gasdotto - Italia**

IPL00-URS-000-Q-TRG-0001
Rev.: 01

8.3 Platea di fondazione 8 x 8 m- Verifica M2+R2

Foundation slab 8x8m - depth foundation 2,5m - lateral surcharge load 2,5m - watertable -2,3 m
characteristic friction angle 29,5° -design friction angle 24,4°



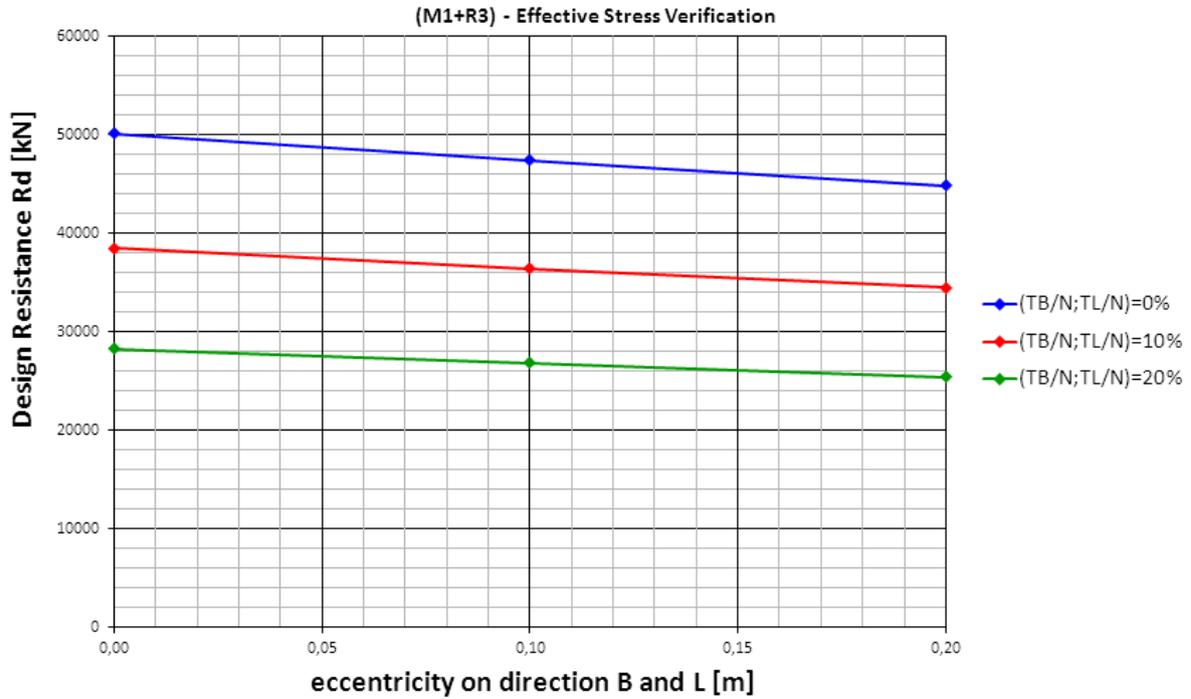
Project Title: **Trans Adriatic Pipeline – TAP**

Document Title: **Studio geotecnico e geofisico lungo il tracciato del gasdotto - Italia**

IPL00-URS-000-Q-TRG-0001
Rev.: 01

8.4 Platea di fondazione 8 x 8 m- Verifica M1+R3

Foundation slab 8x8m - depth foundation 2,5m - lateral surcharge load 2,5m - watertable -2,3 m
characteristic friction angle 29,5° -design friction angle 29,5°



	Pagina 75 di 86					
	Area Code	Comp. Code	System Code	Disc. Code	Doc.-Type	Ser. No.
Project Title:	Trans Adriatic Pipeline – TAP					IPL00-URS-000-Q-TRG-0001 Rev.: 01
Document Title:	Studio geotecnico e geofisico lungo il tracciato del gasdotto - Italia					

9 VERIFICA DEI CEDIMENTI

La verifica dei cedimenti viene qui fornita per le stesse geometrie identificate nel calcolo delle capacità portanti:

- o sella 1 x 1 m;
- o Platea 8 x 8 m.

La base della fondazione è stata assunta a -2.50 m da p.c., ed il livello del terreno a fianco a p.c. (corrispondente ad un carico laterale di circa 10 kPa). La falda è stata assunta a circa 4 m dal p.c. come determinato dal sondaggio ST_ BH2 borehole.

Il Modulo di Young è stato posto con tre valori: uno derivato dall'analisi statistica ($E' = 16$ MPa) e gli altri due dai valori caratteristici trovati nell'area PRT:

$E' = 11$ MPa e $E' = 16$ MPa $E' = 25$ MPa

ν = coefficiente di Poisson assunto pari a $\nu = 0.2$

I risultati sono presentati in diagrammi nei quali l'asse x delle ascisse è il carico applicato e l'asse y delle ordinate è il cedimento elastic per I due valori del modulo di Young.

Questi abachi consentono al progettista strutturista, una volta impostata la geometria delle fondazioni, di entrare con il carico verticale applicato (con i relativi coefficienti moltiplicativi) e determinare il cedimento elastico atteso da verificare nel rispetto dello Stato Limite di servizio (SLS).

Gli Eurocodici ⁽¹⁾ forniscono per una fondazione isolate un valore di cedimento accettabile di

$$s_{max} \leq 25 \text{ mm}$$

e rotazione accettabile compresa tra $\beta_{max} = 1/300 \div 1/2'000$.

In valore di 25 mm è un valore suggeribile, tuttavia gli Eurocodici permettono cedimenti fino a 50 mm nel caso di edifici intelaiati.

Ad esempio entrando nel grafico con il valore di 25 mm o 50 mm sull'asse x, si ottiene il valore del carico massimo applicabile da confrontarsi con il carico di progetto.

I diagrammi seguenti riportano il cedimento del centro della Fondazione per le varie geometrie tipologiche fondazionali, sopra descritte.

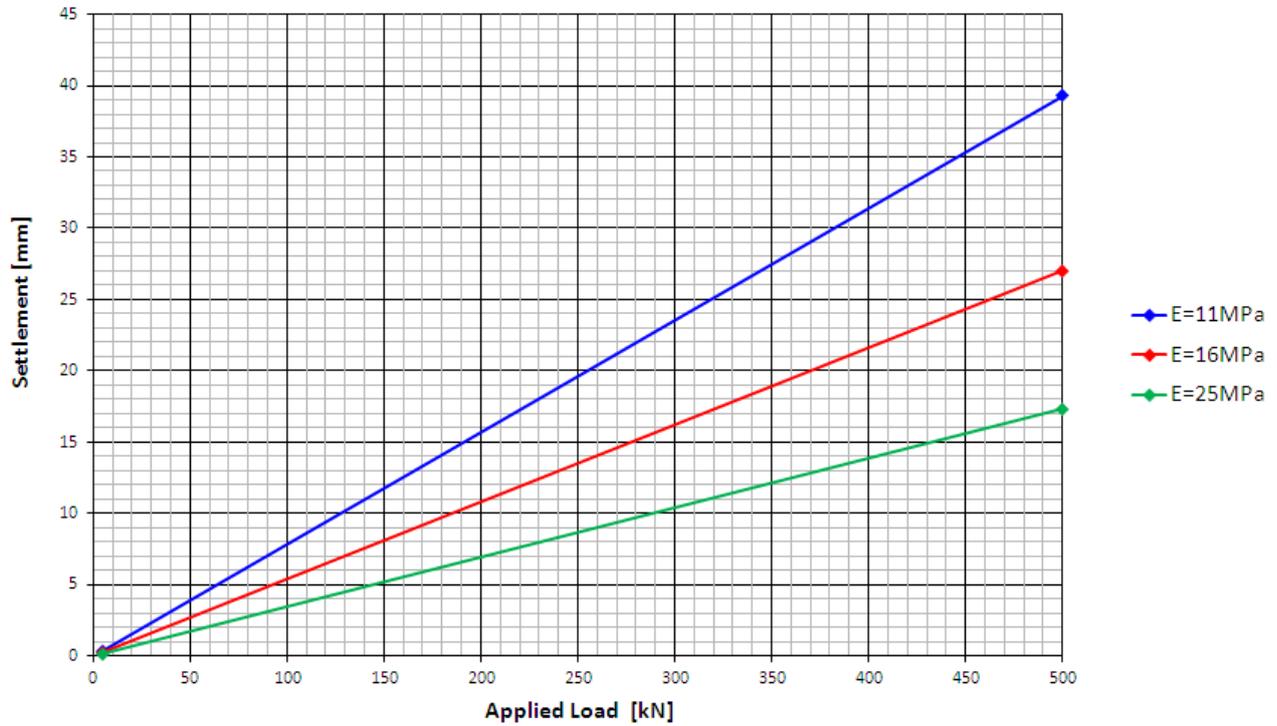
¹ (ref. 2013) - *Shallow foundations* -G. Scarpelli and T.L.L.Orr - *Worked examples presented at the Workshop "Eurocode 7: Geotechnical Design"- Dublin, 13-14 June, 2013 -Support to the implementation, harmonization and further development of the Eurocodes*

Project Title: **Trans Adriatic Pipeline – TAP**

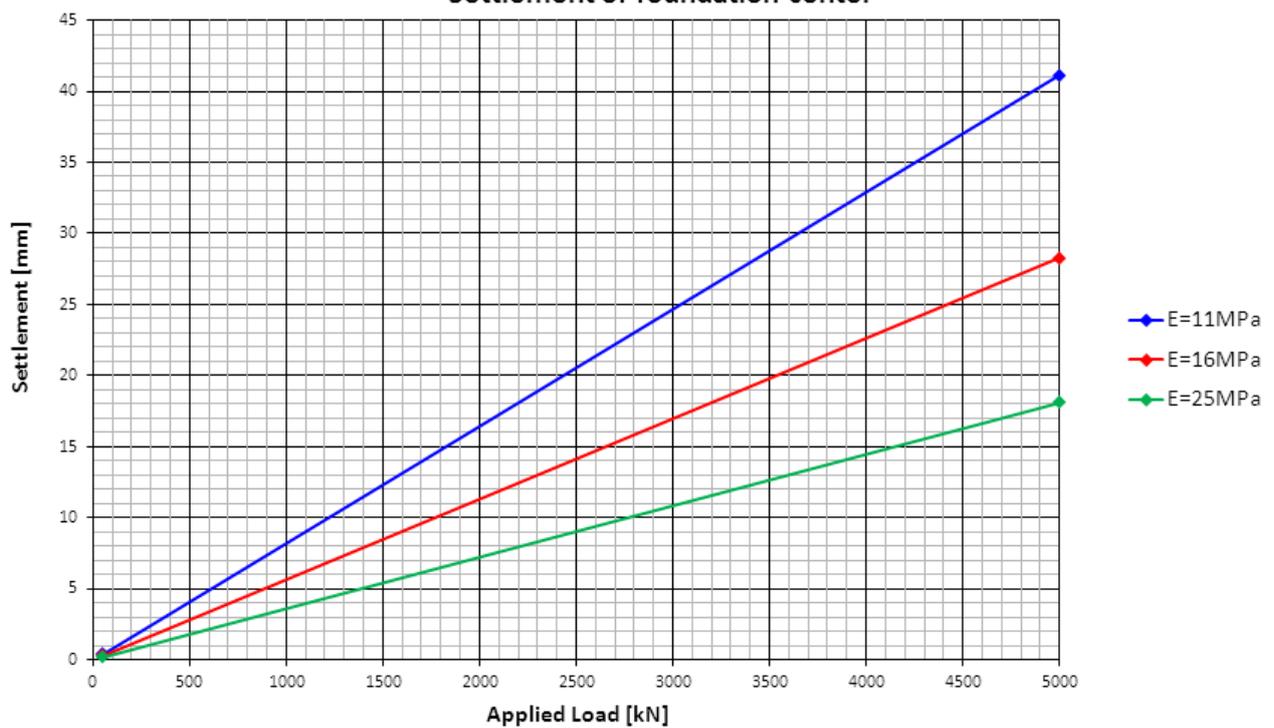
Document Title: **Studio geotecnico e geofisico lungo il tracciato del gasdotto - Italia**

IPL00-URS-000-Q-TRG-0001
Rev.: 01

Saddle Foundation 1x1m - Depth of foundation 2,5m
Settlement of foundation center



Foundation slab 8x8m - depth of foundation 2,5m
Settlement of foundation center



	Pagina 77 di 86					
	Area Code	Comp. Code	System Code	Disc. Code	Doc.- Type	Ser. No.
Project Title:	Trans Adriatic Pipeline – TAP					IPL00-URS-000-Q-TRG-0001 Rev.: 01
Document Title:	Studio geotecnico e geofisico lungo il tracciato del gasdotto - Italia					

10 RACCOMANDAZIONI

Lungo il tracciato del gasdotto sono presenti 11 attraversamenti stradali, come riportato in tab. 2-1. Escludendo gli attraversamenti 1 e 2 (interessati dal microtunnel), ne rimangono 9, di cui 3 nei pressi di sondaggi geognostici effettuati (BH4, BH9, BH11) distanti dalla sede stradale al massimo 5 m.

Andrebbe verificata la possibilità di ulteriori indagini geotecniche nell'ordine di 2 sondaggi per attraversamento (1 nei casi dei tre attraversamenti sopra citati) fino alla profondità di attraversamento prevista da progetto, prevedendo anche l'esecuzione di 2/3 prove SPT per sondaggio e/o prelievo di campioni da sottoporre ad analisi geotecniche in laboratorio, sulla base dei cui risultati, assieme ad altri criteri come la logistica, l'intensità di traffico, l'importanza della strada, sarà scelto il metodo più idoneo di sotto-atteveramento.

Secondo le classi di "scavabilità" della norma DIN DIN 18300 "Earthwork", i terreni incontrati lungo il tracciato del gasdotto possono essere classificati come segue:

- classe n° 4 (*terreni di media scavabilità; argilla, limo, sabbia e ghiaia con meno del 15 % di limo e argilla, da plasticizzata a semi-solida, meno del 30 % di blocchi di roccia*);
- classe n° 6 (*roccia facilmente scavabile e terreni assimilabili; più del 30 % di blocchi rocciosi con dimensioni da 0,01 a 0,1 m³; argilla e limo consistente*);
- classe n° 7 (*roccia difficilmente scavabile*).

Una volta posate le tubazioni, la trincea dovrà essere ricolmata. Si raccomanda che il materiale di riempimento abbia proprietà geotecniche simili a quelle circostante terreno naturale. A tal fine, esso dovrà essere compattato con un compattatore manuale fino a 50 cm al di sopra della tubazione, successivamente sovrapponendo strati di materiale di riempimento successivi di 30 cm di spessore ciascuno.

Diversi test dovranno essere effettuati in una sezione di trincea di prova al fine di verificare il materiale di riempimento e il sistema di compattazione, nonché i valori di permeabilità raggiungibili.

Si suggerisce di riutilizzare quanto più possibile il materiale escavato come materiale di riempimento della trincea, attenendosi a quanto previsto dalla normativa vigente (DLgs 152/2006 e s.m.i. e DM 161/2012) che prevede la redazione di uno specifico documento, il Piano di Utilizzo Terre, che conterrà tutte le indicazioni per la gestione delle terre escavate (riutilizzo, smaltimento, ecc.).

In caso di scelta di materiale di cava, riferendosi alla classificazione UNI 10006 riportata nella tabella seguente, il materiale dovrà essere di classe A2-A3, con <35% di passante al setaccio 0,0075 m (setaccio n. 200).

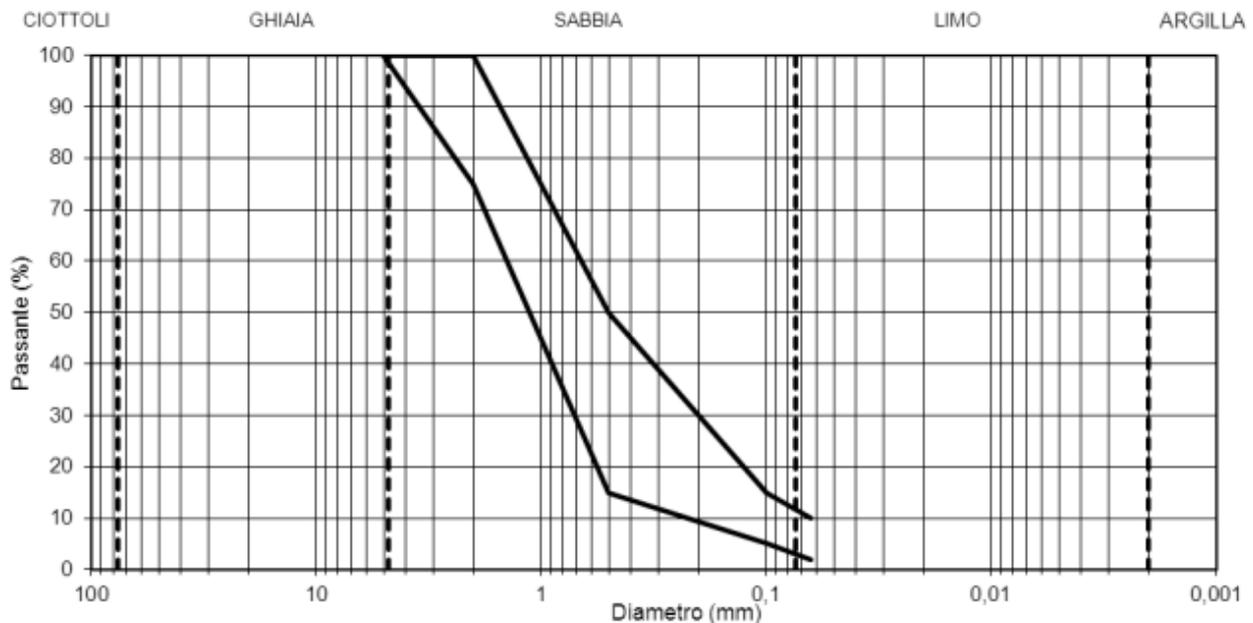
Project Title: **Trans Adriatic Pipeline – TAP**

 Document Title: **Studio geotecnico e geofisico lungo il tracciato del gasdotto - Italia**
**IPL00-URS-000-Q-TRG-0001
Rev.: 01**
Tabella 10-1 – Classificazione UNI 10006

Classificazione generale	Terre ghiaio-sabbiose Frazione passante allo staccio 0.063 mm ≤ 35%						Terre limo-argillose Frazione passante allo staccio 0.063 mm > 35%					Torbe e terre organiche palustri	
	A1		A3	A2			A4	A5	A6	A7			A8
Gruppo	A1-a		A1-b	A2-4	A2-5	A2-6	A2-7	A4	A5	A6	A7-5	A7-6	A8
Sottogruppo	A1-a		A1-b	A2-4	A2-5	A2-6	A2-7	A4	A5	A6	A7-5	A7-6	A8
Frazione passante allo staccio	≤ 50		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2 mm	≤ 30		≤ 50	> 50	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0.4 mm	≤ 15		≤ 25	≤ 10	≤ 35	≤ 35	≤ 35	≤ 35	> 35	> 35	> 35	> 35	> 35
0.075 mm	≤ 15		≤ 25	≤ 10	≤ 35	≤ 35	≤ 35	≤ 35	> 35	> 35	> 35	> 35	> 35
Caratteristiche della frazione passante allo staccio 0.4 mm													
LL (Limite liquido)	-		-	≤ 40	> 40	≤ 40	> 40	≤ 40	> 40	≤ 40	> 40	> 40	> 40
IP (Indice di plasticità)	≤ 6		≤ 6	N.P.	≤ 10	≤ 10	> 10	> 10	≤ 10	≤ 10	> 10	> 10	> 10
	IP ≤ LL-30		IP ≤ LL-30	IP > LL-30	IP > LL-30	IP > LL-30	IP > LL-30	IP > LL-30	IP > LL-30	IP > LL-30	IP > LL-30	IP > LL-30	IP > LL-30
Indice di gruppo	0		0	0			≤ 4	≤ 8	≤ 12	≤ 16	≤ 20		
Tipi usuali dei materiali caratteristici costituenti il gruppo	Ghiaia o breccia, ghiaia o breccia sabbiosa, sabbia grossa, pomice, scorie vulcaniche, pozzolane		Sabbia fina	Ghiaia o sabbia limosa o argillosa				Limi poco compressibili	Limi molto compressibili	Argille poco compressibili	Argille molto compressibili e mediamente plastiche	Argille molto compressibili e molto plastiche	Torbe di recente o remota formazione e, detriti organici
Qualità portanti quale terreno di sottofondo in assenza di gelo	da eccellente a buono					Da mediocre a scadente					Da scartare		
Azione del gelo sulle qualità portanti	Nessuna o lieve			Media			Molto elevata		Media	Elevata	Media		
Ritiro e rigonfiamento	Nullo			Nullo o lieve			Lieve o medio		Elevato	Elevato	Molto elevato		
Permeabilità	Elevata			Media o scarsa					Scarsa o nulla				

Di seguito si propone una distribuzione granulometrica del materiale di riempimento.

Project Title: **Trans Adriatic Pipeline – TAP**

 Document Title: **Studio geotecnico e geofisico lungo il tracciato del gasdotto - Italia**
IPL00-URS-000-Q-TRG-0001
Rev.: 01


Setaccio (mm)	% passante limite inferiore fuso	% passante limite superiore fuso
5	100	100
2	75	100
0,5	15	50
0,1	5	15
0,063	2	10

Figura 10-1: Distribuzione granulometrica proposta per i test

Una volta definito il materiale di riempimento appropriato, si suggerisce di effettuare la verifica ed il controllo in corso di riempimento della trincea mediante i seguenti test, da eseguire ogni 250/300 m:

- a) prove Lefranc
- b) prove Proctor
- c) prove di densità in sito

Le prove Lefranc saranno le più importanti per determinare la permeabilità locale del riempimento e saranno effettuate a circa 2,5 di profondità all'interno della trincea dal lato della condotta appena compattata. Viste le caratteristiche dei terreni in sito, i valori di permeabilità dovranno stare all'interno del seguente intervallo: $K_{fill} = \text{tra } 4.0 \times 10^{-4} \text{ m/s e } 5.0 \times 10^{-5} \text{ m/s}$.

Le prove Lefranc si eseguono in fase di avanzamento della perforazione in terreni non rocciosi. Il test è eseguito misurando l'assorbimento di acqua nel terreno, filtrando l'acqua attraverso una predeterminata sezione di foro.

In caso di elevata conducibilità del terreno, la prova viene eseguita a carico idraulico variabile, mentre in caso di conducibilità medio-bassa a carico idraulico costante. Le norme italiane e le specifiche di riferimento sono - AGI Associazione Geotecnica Italiana - (1977) - Raccomandazioni sulla progettazione e realizzazione di Indagini Geotecniche.

	Pagina 80 di 86					
	Area Code	Comp. Code	System Code	Disc. Code	Doc.- Type	Ser. No.
Project Title:	Trans Adriatic Pipeline – TAP					IPL00-URS-000-Q-TRG-0001 Rev.: 01
Document Title:	Studio geotecnico e geofisico lungo il tracciato del gasdotto - Italia					

Il metodo di prova sarà il seguente:

- perforazione a carotaggio fino alla profondità della prova (in questo caso di circa 2,5 m p.c.)
- rivestimento del foro fino alla profondità raggiunta
- Sollevamento del rivestimento di 1 m
- Misurazione ripetuta più volte del livello dell'acqua nel foro (se presente)
- Esecuzione della prova, secondo i seguenti criteri:
 - ❖ **PROVA A CARICO VARIABILE**
 - ✓ Riempire con acqua fino alla fine del rivestimento.
 - ✓ Misurazione del livello dell'acqua all'interno del tubo in un intervallo di tempo di 15", 30", 1', 2', 4', 8', 15' dall'inizio della prova.
 - ❖ **PROVA A CARICO COSTANTE**
 - ✓ Introduzione di acqua pulita nel foro fino alla determinazione di un carico idraulico costante, che corrisponde ad una portata assorbita dal suolo costante nel tempo e misurata.
 - ✓ Controllo della portata utilizzando un flussometro tarato con sensibilità di 0,1 l / min.
 - ✓ L'immissione di acqua con portata costante deve essere mantenuta senza alcuna modifica, per 10-20 minuti.
 - ✓ Partendo dal momento dell'interruzione del flusso di acqua, verranno eseguite le misure del progressivo abbassamento del livello dell'acqua all'interno del tubo, in un intervallo di tempo di 15", 30", 1', 2', 4', 8', 15', proseguendo fino a raggiungere il livello costante dell'acqua.

La prova Proctor è un metodo di prova utilizzato per determinare le proprietà di costipazione del terreno, in particolare la massima densità ottenibile per compattazione della frazione secca del suolo ed il corrispondente contenuto di umidità, detto di "umidità ottimale". La prova originale è la Prova Proctor Standard che in seguito è stata modificata come Prova Proctor Modificata (ref. "Standard Test Methods for Laboratory Compaction Characteristics of Soil" ASTM D698 and ASTM D1557).

La prova consiste nella costipazione di campioni di terreno con un determinato contenuto d'acqua con un'energia di compattazione standard. Il terreno viene preventivamente essiccato e diviso in 4 o 6 campioni. Il contenuto di umidità di ciascun campione viene regolato aggiungendo acqua (incrementi 3% - 5% o più in base al tipo di terreno).

Il terreno viene collocato in un cilindro di da 4 pollici di diametro in tre differenti strati ognuno dei quali è compattato ricevendo 25 colpi di un pestello di peso 2,5 Kg che cade da un'altezza di 30,5 cm. Prima di aggiungere ogni nuovo livello la superficie dello strato precedente viene raschiata per assicurare una distribuzione uniforme degli effetti di compattazione.

Project Title: **Trans Adriatic Pipeline – TAP**

 Document Title: **Studio geotecnico e geofisico lungo il tracciato del gasdotto - Italia**
**IPL00-URS-000-Q-TRG-0001
Rev.: 01**

Alla fine del test, dopo la rimozione e l'essiccazione del campione, viene misurata la densità secca ed il contenuto d'acqua per ciascuna Prova Proctor. Con i valori ottenuti in laboratorio viene tracciata la curva (curva di addensamento) del peso di volume secco (o densità) in funzione del contenuto d'acqua corrispondente. Da questa curva si determina il contenuto di acqua ottimale in corrispondenza del quale si ha il valore massimo del peso di volume secco (densità secca).

La differenza tra le due prove consiste principalmente nell'energia di compattazione.

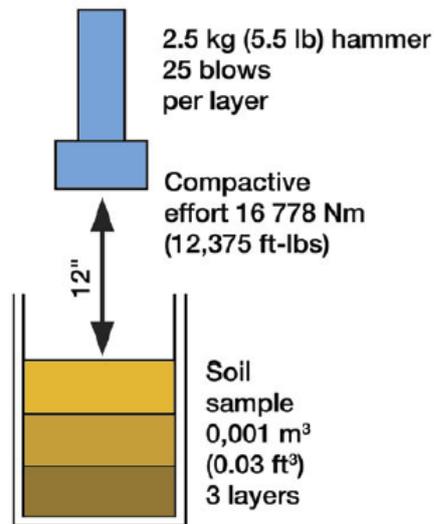


Figura 10-2: Schema di prova Proctor

La prova di densità in sito è utilizzata per determinare la densità ed il contenuto d'acqua dei suoli compattati e dei suoli naturali aventi particelle con dimensioni < 20 mm.

La prova consiste nel riempimento di un foro di volume noto con sabbia calibrata, la cui densità è determinata usando un cilindro di volume noto, uguale a quello del foro di prova. La norma di riferimento è la norma ASTM D 1556-90 (Metodo di prova standard per la densità e l'unità di peso di terreno in sito mediante il metodo Sand-Cone).

Il foro centrale della piastra di metallo viene posizionato sulla superficie appositamente livellata utilizzando il foro centrale come modello. Il terreno viene scavato con una pala fino alla profondità desiderata ed il materiale sciolto viene accuratamente rimosso e raccolto nel contenitore metallico ed è pesato = W.

Project Title: **Trans Adriatic Pipeline – TAP**

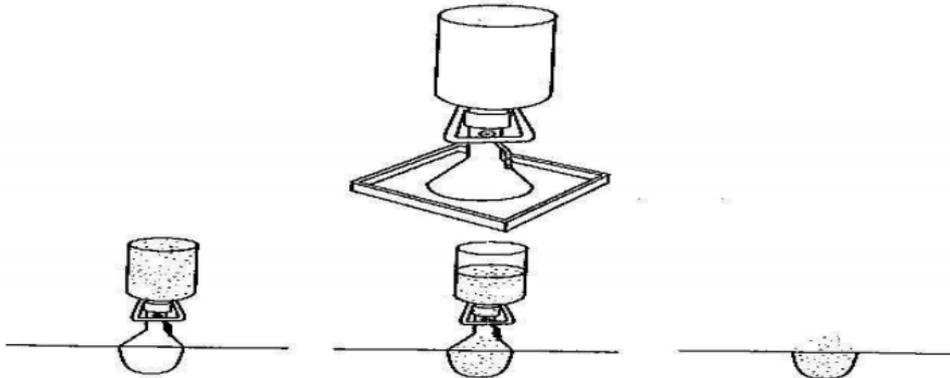
 Document Title: **Studio geotecnico e geofisico lungo il tracciato del gasdotto - Italia**
IPL00-URS-000-Q-TRG-0001
Rev.: 01


Figura 10-3: Schema di prova di densità in sito

La piastra metallica con foro centrale viene rimossa e il cilindro di sabbia da inserire viene posizionato centralmente sul foro. L'otturatore viene aperto per consentire alla sabbia di scendere completamente, per gravità, nel foro e nel cono di sostegno fino a quando non c'è ulteriore movimento della sabbia nel cilindro. Quindi l'otturatore viene chiuso ed il cilindro viene pesato nuovamente = W_4 per determinare il peso di volume della sabbia che riempie il foro = W_b .

Il contenuto di umidità del terreno scavato $w\%$ viene determinato prendendo un campione di terreno, pesandolo, essicandolo in stufa a 110°C e ripesandolo o in alternativa collocando l'intero terreno scavato (peso W) nel forno e trovando il suo peso secco = W_d .

Il peso della sabbia di riempimento del foro ed i pesi dei campioni per la determinazione dell'umidità sono ripetute almeno tre volte ed i valori medi vengono utilizzati per la determinazione della densità in campo (umida e secca).

Calcolo e risultati:

W_1 = peso del cilindro riempito di sabbia r fino a 10 mm dal bordo superiore.

W_2 = peso della sabbia contenuta nel cono

W_3 = peso del cilindro e della sabbia dopo avere versato nel contenitore e nel cono

W_4 = peso del cilindro e della sabbia dopo avere versato nel foro scavato e nel cono;

V_a = Volume del contenitore cm^3

W = peso del terreno scavato

W_d = peso secco del terreno scavato

w = contenuto di acqua nel terreno %

Il peso della sabbia di riporto contenuta nel contenitore di calibrazione = $W_a = (W_1 - W_3 - W_2)$

(i) Densità della sabbia contenuta nel bulk $g_s = W_a / V_s$

Project Title: **Trans Adriatic Pipeline – TAP**Document Title: **Studio geotecnico e geofisico lungo il tracciato del gasdotto - Italia****IPL00-URS-000-Q-TRG-0001
Rev.: 01**

Peso della sabbia di riempimento del foro = $W_b = (W_1 - W_4 - W_2)$

Volume della sabbia di riempimento del foro = $V = W_b / g_s$

(ii) Densità del terreno umido scavato in-situ $g = W / V$

(iii) Contenuto di acqua del terreno $w\% = (100 (W - W_d)) / W_d \%$

(iv) Densità del terreno secco scavato $g_d = g_s W_d / W$

I risultati sono riportati come valore medio di almeno tre serie di test come di seguito:

(i) la densità umida del terreno in posto in g/cm³, arrotondato al secondo decimale

(ii) la densità secca del terreno in posto g/ cm³

(iii) Contenuto di acqua del terreno in percentuale, arrotondato alla prima cifra decimale.

I risultati dei test dovranno essere analizzati dal direttore lavori che potrà richiedere modifiche alla compattazione in caso di differenze tra le caratteristiche del materiale compattato e le caratteristiche del suolo circostante.

	Pagina 84 di 86					
	Area Code	Comp. Code	System Code	Disc. Code	Doc.- Type	Ser. No.
Project Title:	Trans Adriatic Pipeline – TAP					IPL00-URS-000-Q-TRG-0001 Rev.: 01
Document Title:	Studio geotecnico e geofisico lungo il tracciato del gasdotto - Italia					

11 CONCLUSIONI

Il presente documento descrive le attività di indagine geognostica svolte per il tratto di Gasdotto tra il PRT e il Microtunnel.

I risultati delle indagini geofisiche e dei sondaggi, incluse le prove di sito e di laboratorio sono state analizzate per ottenere la caratterizzazione geologica, geotecnica e sismica dell'area di circa 8 km di sviluppo.

Gli strati delle varie litologie incontrate sono stati riportati nelle sezioni geologiche interpretative con i relativi spessori e suddivisioni per le varie unità geotecniche individuate. Sulla base dei sondaggi geotecnici, considerando la notevole distanza tra uno e l'altro lungo gli 8 km di sviluppo, non è possibile escludere che litologie (terreno/roccia) differenti possano venire localmente incontrate lungo il tracciato del Gasdotto, a causa anche della possibile presenza di relazioni eteropiche tra le varie litologie.

Laddove delle cavità carsiche fossero effettivamente incontrate nel corso dell'avanzamento della TBM, si suggerisce di eseguire un'iniezione di miscele cementizie o riempimento in cls magro, secondo le seguenti fasi esecutive (che andranno poi meglio definite dal progettista):

- Valutazione approssimativa delle dimensioni della cavità, eventualmente tramite prove geofisiche in avanzamento TBM;
- Asportazione acqua residua;
- Riempimento con miscele a base cementizia o cls magro;
- Verifica di avvenuto riempimento e attesa stabilizzazione post intervento.

Tali raccomandazioni sono indicative e vanno verificate dai progettisti dello scavo con TBM.

Per quanto riguarda i lavori di scavo, la definizione delle classi di scavabilità è riferita alla norma DIN 18300 "Earthwork". In base a tale classificazione le classi previste sono la n° 6 (roccia facilmente scavabile e terreni simili) e localmente la n° 7 (roccia difficilmente scavabile).

I dati di campagna confermano che le pendenze degli scavi per gli strati al di sopra del livello di falda possono essere:

- 80° in roccia
- 60° nel caso di terreni coesivi
- 45° per terreni non coesivi o moderatamente coesivi e consistenti.

Invece nel caso di scavi con presenza di falda sul fondo, particolare attenzione va adottata per evitare smottamenti locali nel caso di terreno sabbioso.

L'approccio progettuale geotecnico ha analizzato capacità portante e cedimenti di varie tipologie di fondazioni superficiali la cui geometria è stata definita interpretando le strutture presenti dalle tavole architettoniche. Sono state verificate due tipologie fondazionali, la fondazione delle selle e la platea di fondazione, aventi piano di imposta a-2,5 m da p.c. all'interno dell'unità geotecnica b1.

	Pagina 85 di 86				
	Area Code	Comp. Code	System Code	Disc. Code	Doc.- Type
Project Title:	Trans Adriatic Pipeline – TAP				
Document Title:	Studio geotecnico e geofisico lungo il tracciato del gasdotto - Italia				
					IPL00-URS-000-Q-TRG-0001 Rev.: 01

Nel caso dei sotto-attraversamenti delle strade, va verificata la condizione locale per scegliere la tecnologia di attraversamento più adatta, in base alle condizioni litologiche e delle strada stessa che possono quindi richiedere indagini locali mirate.

Per la fase di ricolmamento della trincea si raccomanda di utilizzare materiale con proprietà geotecniche quanto più simili al terreno naturale in sito. Si suggerisce di riutilizzare a tale scopo quanto più possibile il materiale scavato, attenendosi a quanto previsto dalla normativa vigente (DLgs 152/2006 e s.m.i. e DM 161/2012).

In caso di scelta di materiale di cava, il materiale dovrà essere del tipo A2-A3 della classificazione Uni 10006, con una distribuzione granulometrica, un valore di permeabilità ed un grado di costipazione ben precisi, da definire in sede di progetto e verificare tramite controlli in corso di riempimento della trincea mediante prove Lefranc, Proctor e di densità in sito da eseguire lungo il tracciato del gasdotto ogni 250/300 m.

I risultati dei test dovranno essere analizzati dal direttore lavori che potrà richiedere modifiche alla compattazione in caso di differenze tra le caratteristiche del materiale compattato e le caratteristiche del suolo circostante.

Infine il materiale dovrà essere compattato con un compattatore manuale fino a 50 cm al di sopra della tubazione, successivamente sovrapponendo strati di materiale di riempimento successivi di 30 cm di spessore ciascuno.

	Pagina 86 di 86				
	Area Code	Comp. Code	System Code	Disc. Code	Doc.- Type
Project Title:	Trans Adriatic Pipeline – TAP				
Document Title:	Studio geotecnico e geofisico lungo il tracciato del gasdotto - Italia				
					IPL00-URS-000-Q-TRG-0001 Rev.: 01

12 BIBLIOGRAFIA

- Skempton A.W. (1986) *Standard Penetration Test Procedures and the effects in sands of overburden pressure, relative density, particles size, ageing and overconsolidation*, *Geotechnique* 36, n° 2.
- Terzaghi, Peck, (1948), *Soil mechanics in engineering practice*, J. Wiley and Sons, New York.
- De Mello V.F.B. (1971), *The standard Penetration Test*, Proc. 4th Pan American Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, ASCE, vol. 1.
- D'Appolonia D.J., D'Appolonia E., Brisette R.F. (1970) - *Closure to Settlement of spread footings on sands*, *Journal of Soil Mechanics and Foundations Engineering Division, ASCE, SM4*.
- Meyerhof, G. G. (1953) - *The bearing capacity of foundations under eccentric and inclined loads*. Proc. 3rd Int. Conf. Soil Mech. and Found. Engng., Zurich 1: 440-445.
- Janbu, N., Bjerrum, L., and Kjaernsli, B. (1956). *Soil mechanics applied to some engineering problems*. Norwegian Geotechnical Institute, Publication 16.
- Skempton, A. W., and MacDonald, D. H. (1956). "The Allowable Settlement of Buildings." *Proceedings of The Institution of Civil Engineers, Part III. The Institution of Civil Engineers, London, no. 5, pp. 727-768*.
- Bolton (1986) "The strength and dilatancy of sands" *Geotechnique* n.36(1) — pagg.65:78.
- Cubrinovski M., Ishihara K. (1999) "Empirical correlation between SPT N-value and relative density for sandy soils". *Soil and Foundations* Vol. 39, N°5 — pp. 61-71 — Ottobre 1999.
- Huang A. B., Hsu H. H., Chang J. W. (1998) "The behaviour of a compressible silty fine sand". *Can. Geotech. J.* 36: 88-101.
- Ishihara K., Tsukamoto Y., Shimizu Y. (2001) "*Estimate of relative density from in-situ penetration tests*" *Proceedings In-situ 2001, Bali*.
- (2013) - *Shallow foundations -G.Scarpelli and T.L.L.Orr - Worked examples presented at the Workshop "Eurocode 7: Geotechnical Design"- Dublin, 13-14 June, 2013 -Support to the implementation, harmonization and further development of the Eurocodes*.
- (2011) H.R. Schneider, P. Fitze –*Characteristic shear strength values for EC7: Guidelines based on a statistical framework* HSR University of Applied Sciences, Rapperswil, Switzerland.

oOo

**PROGETTO TRANS ADRIATIC PIPELINE
INGEGNERIA DI DETTAGLIO DEL CONDOTTO OFFSHORE**

[Empty space for drawing or content]

Rev.	Data	Descrizione	Preparato	Controllato	Approvato
00	19.11.2015	Emissione per Approvazione	Onori	Napolitano	Zenobi
0A	02.10.2015	Emissione per Commenti	Guidotti	Napolitano	Zenobi
A	28.09.2015	Emissione per Verifica Disciplinare Interna	Guidotti	Marchionni	Badalini

		<p>Approdo italiano</p> <p>Potenziale interferenza del microtunnel sull'assetto idrogeologico locale</p>						
								
Commessa originatrice 022720	Doc. 01-LA-E-80018	Contratto: 4502485266 CTR H02.05			LCI <input type="checkbox"/> Sì <input checked="" type="checkbox"/> No			
		Numero documento						
		OPL00	SPF	200	G	TRX	0019	00
		N. progetto	Codice orig.	Sistema/area	Codice disc.	Tipo cod.	N. seq.	Rev.

 SAIPEM	PROGETTO TRANS ADRIATIC PIPELINE INGEGNERIA DI DETTAGLIO DELLA CONDOTTA OFFSHORE			 Statoil		
	Commissa originatrice 022720 Doc. 01-LA-E-80018	Titolo Doc.	Approdo italiano Potenziale interferenza del microtunnel sull'assetto idrogeologico locale		 Trans Adriatic Pipeline	
		Nr. Doc.	OPL00-SPF-200-G-TRX-0019			
Contratto: 4502485266		CTR H02.05	LCI	<input type="checkbox"/> Sì <input checked="" type="checkbox"/> No	Rev. 00	Sh. 2 of 92

INDICE

1	INTRODUZIONE	5
	1.1 Descrizione del progetto TAP	5
	1.2 Descrizione della condotta nel tratto offshore	5
2	SCOPO DEL DOCUMENTO	6
3	METODOLOGIA	7
4	RIEPILOGO E CONCLUSIONI	8
5	DEFINIZIONE, ABBREVIAZIONI E UNITÀ DI MISURA	11
	5.1 Definizioni	11
	5.2 Abbreviazioni	11
	5.3 Unità di misura	11
6	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO	12
	6.1 Documenti progettuali	12
	6.2 Codici e standard di progetto	12
	6.3 Pubblicazioni	13
7	ATTIVITÀ SUL CAMPO	15
	7.1 Indagine geofisica	15
	7.2 Indagine geologica - geotecnica	16
	7.3 Indagine idrogeologica	17
8	GEOLOGIA	18
	8.1 Assetto regionale	18
	8.2 Assetto strutturale	19
	8.3 Geomorfologia	20
	8.3.1 Morfologia	20
	8.3.2 Idrografia	20
	8.4 Assetto geologico del sito	21
9	IDROGEOLOGIA	22

	PROGETTO TRANS ADRIATIC PIPELINE INGEGNERIA DI DETTAGLIO DELLA CONDOTTA OFFSHORE				
	Commessa originatrice 022720 Doc. 01-LA-E-80018	Titolo Doc.	Approdo italiano Potenziale interferenza del microtunnel sull'assetto idrogeologico locale		 Trans Adriatic Pipeline
Nr. Doc.		OPL00-SPF-200-G-TRX-0019			
Contratto: 4502485266		CTR H02.05	LCI	<input type="checkbox"/> Sì <input checked="" type="checkbox"/> No	Rev. 00

9.1	Assetto regionale	22
9.1.1	Strato acquifero dei carbonati del Mesozoico	22
9.1.2	Strato acquifero superficiale a più livelli	22
9.2	Assetto idrogeologico del sito	23
9.2.1	Introduzione	23
9.2.2	Limiti dello strato acquifero	23
9.2.3	Parametri idrodinamici	24
9.2.4	Carta piezometrica	25
9.2.5	Interazione tra acque di superficie e acque di falda	25
10	SIMULAZIONE DEL FLUSSO COL MODELLO NUMERICO	26
10.1	Scenario 1	27
10.1.1	Scenario 1a: effetto di un pozzo impermeabile (caso base del progetto)	28
10.1.2	Scenario 1b: effetto del pompaggio durante la fase di scavo (caso contingente)	28
10.2	Scenario 2	28
10.2.1	Scenario 2a: effetto di un pozzo impermeabile (caso base del progetto)	29
10.2.2	Scenario 2b: effetto del ritiro durante la fase di scavo (caso contingente)	29
10.3	Scenario 3	30
10.3.1	Scenario 3a: effetto di un pozzo impermeabile (caso base del progetto)	30
10.3.2	Scenario 3b: effetto del ritiro durante la fase di scavo (caso contingente)	30
10.4	Scenario 4	31
10.4.1	Scenario 4a: effetto di un pozzo impermeabile (caso base del progetto)	31
10.4.2	Scenario 4b: effetto del ritiro durante la fase di scavo (caso contingente)	31
10.5	Scenario 5	32
10.5.1	Scenario 5a: effetto di un pozzo impermeabile (caso base del progetto)	32
10.5.2	Scenario 5b: effetto del ritiro durante la fase di scavo (caso contingente)	33
10.6	Scenario 6	33

	PROGETTO TRANS ADRIATIC PIPELINE INGEGNERIA DI DETTAGLIO DELLA CONDOTTA OFFSHORE					
Commessa originatrice 022720 Doc. 01-LA-E-80018	Titolo Doc.	Approdo italiano Potenziale interferenza del microtunnel sull'assetto idrogeologico locale			 Trans Adriatic Pipeline	
	Nr. Doc.	OPL00-SPF-200-G-TRX-0019				
	Contratto: 4502485266		CTR H02.05	LCI <input type="checkbox"/> Sì <input checked="" type="checkbox"/> No	Rev. 00	Sh. 4 of 92

10.6.1	Scenario 6a: effetto di un pozzo impermeabile (caso base del progetto)	33
10.6.2	Scenario 6b: effetto del ritiro durante la fase di scavo (caso contingente)	34
10.7	Riepilogo degli scenari	34
11	MAPPE E FIGURE	36
12	DETTAGLIO DELLE REVISIONI	92

	PROGETTO TRANS ADRIATIC PIPELINE INGEGNERIA DI DETTAGLIO DELLA CONDOTTA OFFSHORE					
Commessa originatrice 022720 Doc. 01-LA-E-80018	Titolo Doc.	Approdo italiano Potenziale interferenza del microtunnel sull'assetto idrogeologico locale			 Trans Adriatic Pipeline	
	Nr. Doc.	OPL00-SPF-200-G-TRX-0019				
	Contratto: 4502485266	CTR H02.05	LCI <input type="checkbox"/> Sì <input checked="" type="checkbox"/> No	Rev. 00		

1 INTRODUZIONE

1.1 Descrizione del progetto TAP

Il Trans Adriatic Pipeline (TAP) è un progetto per la costruzione di un nuovo gasdotto per il trasporto del gas naturale dalla Regione Caspica all'Europa Centrale e Meridionale (Figura 1).

Il gasdotto, lungo circa 871 km, partirà dalla Grecia, in prossimità del confine con la Turchia, attraverserà l'Albania e il Mar Adriatico per raggiungere nuovamente la terra ferma all'altezza dell'Italia meridionale. In questo modo il gas confluirà direttamente dalla regione del Mar Caspio ai mercati europei.

1.2 Descrizione della condotta nel tratto offshore

Il sistema offshore copre il gasdotto sottomarino attraverso il mare Adriatico dalla costa albanese fino alla Puglia, regione dell'Italia meridionale, per il successivo trasporto verso l'Europa occidentale. Il sistema offshore consiste in un gasdotto di circa 105 km di lunghezza in mare aperto, con approdi sia in Albania sia in Italia.

L'approdo italiano del gasdotto è ubicato sulla costa tra San Foca e Torre Specchia Ruggeri nel comune di Melendugno, mentre la zona di approdo albanese si trova a nord-ovest di Fier.

Il progetto prevede anche la posa di un cavo in fibra ottica, installato parallelamente al gasdotto, atto a consentire la comunicazione tra il terminale di ricezione TAP, le stazioni di compressione in Albania e Grecia, nonché tra le stazioni delle valvole di sezionamento realizzate lungo i circa 871 km del gasdotto.

 SAIPEM	PROGETTO TRANS ADRIATIC PIPELINE INGEGNERIA DI DETTAGLIO DELLA CONDOTTA OFFSHORE			 Statoil		
	Commissa originatrice 022720 Doc. 01-LA-E-80018	Titolo Doc.	Approdo italiano Potenziale interferenza del microtunnel sull'assetto idrogeologico locale		 Trans Adriatic Pipeline	
		Nr. Doc.	OPL00-SPF-200-G-TRX-0019			
Contratto: 4502485266		CTR H02.05	LCI	<input type="checkbox"/> Sì <input checked="" type="checkbox"/> No	Rev. 00	Sh. 6 of 92

2 SCOPO DEL DOCUMENTO

Lo scopo di questo documento è quello di valutare, per mezzo di un codice di simulazione 3D, l'influenza esercitata a lungo e a breve termine dal microtunnel/pozzo sul deflusso idrico sotterraneo.

Il progetto del pozzo di spinta del microtunnel prevede una struttura impermeabile e non è previsto l'emungimento della falda (caso base di progetto).

Tuttavia, nel caso in cui le condizioni costruttive non portassero ad una perfetta impermeabilizzazione del pozzo di spinta (caso contingente), durante l'attività di costruzione del pozzo sarà necessario provvedere ad un emungimento temporaneo dell'acqua di falda al fine di consentire la realizzazione del tappo di fondo del pozzo stesso.

Questo documento riporta i risultati delle analisi eseguite sia per il caso base di progetto che per il caso contingente.

La struttura idrogeologica è stata desunta dai dati bibliografici disponibili relativi alla geologia e all'idrogeologia dell'area e dall'attività sul campo eseguita da URS lungo il percorso della condotta onshore e nel settore dell'approdo - Rif. [3]

L'assetto idrogeologico regionale e locale e i relativi dati forniscono le informazioni necessarie sulle quali si basa il modello concettuale della simulazione numerica in 3D delle acque di falda. Sono qui descritte l'impostazione e la calibrazione del modello numerico per la simulazione in scenari *ante-operam* e *post-operam*. Sono inoltre trattati i risultati in termini di variazione piezometrica tra lo scenario *ante-operam* e quello *post-operam* e l'estensione dell'area di influenza durante lo scavo del pozzo.

	PROGETTO TRANS ADRIATIC PIPELINE INGEGNERIA DI DETTAGLIO DELLA CONDOTTA OFFSHORE					
Commessa originatrice 022720 Doc. 01-LA-E-80018	Titolo Doc.	Approdo italiano Potenziale interferenza del microtunnel sull'assetto idrogeologico locale			 Trans Adriatic Pipeline	
	Nr. Doc.	OPL00-SPF-200-G-TRX-0019				
	Contratto: 4502485266		CTR H02.05	LCI <input type="checkbox"/> Sì <input checked="" type="checkbox"/> No	Rev. 00	Sh. 7 of 92

3 METODOLOGIA

La presente relazione è stata concepita adottando la seguente metodologia:

- *Attività 1: Site Survey Assessment (SSA), Valutazione dell'indagine in sito*, con lo scopo di determinare l'assetto idrogeologico esistente nei pressi dell'area del microtunnel/pozzo e di caratterizzare la conducibilità idraulica della matrice della falda acquifera. L'attività 1 comprende quanto segue:
 - la selezione di dati bibliografici (principalmente geologici e idrogeologici) riguardanti il sito, su scala regionale e locale (vedere Sez. 6.3);
 - la raccolta e l'esame dell'attività sul campo svolta da URS nell'area del progetto (vedere Sez.7);
 - la messa a punto di una definizione globale dell'idrogeologia e della geologia dell'area, sulla base delle informazioni riportate nei punti precedenti (vedere Sez. 8 e 9);
 - la definizione del modello concettuale del sistema idrogeologico (vedere Sez. 10);
- *Attività 2: Soil Response Assessment (SRA), Valutazione della risposta del suolo, con lo scopo di determinare la deviazione del flusso idrico sotterraneo attorno al pozzo. L'attività 2 comprende quanto segue:*
 - la quantificazione dei parametri idrodinamici del sistema idrogeologico per l'implementazione di un modello 3D (vedere la Sez. 10 per ciascun caso analizzato);
 - l'analisi di sensitività e simulazione numerica tramite codice di modellazione 3D agli elementi finiti (vedere Sez. 10 per ogni caso analizzato);

 SAIPEM	PROGETTO TRANS ADRIATIC PIPELINE INGEGNERIA DI DETTAGLIO DELLA CONDOTTA OFFSHORE			 Statoil		
	Commessa originatrice 022720 Doc. 01-LA-E-80018	Titolo Doc.	Approdo italiano Potenziale interferenza del microtunnel sull'assetto idrogeologico locale		 Trans Adriatic Pipeline	
		Nr. Doc.	OPL00-SPF-200-G-TRX-0019			
Contratto: 4502485266		CTR H02.05	LCI	<input type="checkbox"/> Sì <input checked="" type="checkbox"/> No	Rev. 00 Sh. 8 of 92	

4 RIEPILOGO E CONCLUSIONI

Nell'area del sito, che si estende dall'approdo alla palude di Cassano e all'impianto di fitodepurazione, URS ha eseguito rilevamenti geologici, geotecnici, geofisici e idrogeologici per raccogliere i dati necessari alla progettazione del gasdotto TAP. Le informazioni bibliografiche e i dati dell'indagine hanno consentito di delineare il quadro dell'assetto idrogeologico locale e regionale.

Il quadro paesaggistico del sito consta di una piana leggermente ondulata che degrada dolcemente verso il mare Adriatico. L'unico specchio d'acqua significativo nell'area dell'approdo è l'area paludosa nota come palude di Cassano, una vasta depressione di probabile origine carsica che contiene acque continentali e ospita la vegetazione tipica delle zone acquitrinose. La palude di Cassano è una zona acquitrinosa dominata principalmente dalle acque di falda.

L'area appartiene interamente allo strato acquifero superficiale rappresentato, da un punto di vista litologico, dalla sequenza superiore delle "calcareniti del Salento". La sequenza sedimentaria dell'area del sito è composta prevalentemente di sabbia, limo sabbioso e calcareniti. Gli strati di calcarenite, spesso molto fratturati, sono comuni nella parte alta della sequenza sedimentaria o, meno frequentemente, si presentano interstratificati con sedimenti sabbiosi. A causa della mancanza di strati a bassa permeabilità, l'intero deposito può essere considerato uno strato acquifero di tipo freatico dalle caratteristiche fondamentalmente uniformi fino alla profondità di 30 m, investigata dalla campagna di perforazione, e probabilmente fino ad una profondità maggiore (45-50 m).

Durante le indagini sul campo è stata effettuata una valutazione dei parametri idrodinamici dello strato acquifero di tipo freatico. Dalle prove di permeabilità in foro, di tipo Lefranc e Lugeon, eseguite negli strati di limo sabbioso e sabbia, non sono state rilevate differenze significative e i valori di conducibilità idraulica si collocano in un intervallo che va da 2E-4 a 1E-5 m/s, con un valore medio di 1E-4 m/s.

Pertanto le simulazioni numeriche, con l'ottica di una analisi di sensitività rispetto all'effetto della conducibilità idraulica, sono state eseguite estendendo il valore di tale parametro tra un ordine di grandezza inferiore (1E-5 m/s) e uno maggiore (1E-3m/s) rispetto al valore medio (1E-4m/s).

Un valore di porosità efficace dell'ordine del 35-40% può essere assunto come valore appropriato. I livelli idrici misurati nei cinque piezometri installati durante l'attività sul campo indicano che la soggiacenza della falda varia da 2,31 a 6,3 metri dal piano campagna e sono stati utilizzati per realizzare una mappa della superficie freatica. La ricostruzione della superficie piezometrica mostra che il flusso delle acque di falda è orientato in direzione sudovest - norddest verso la linea costiera, confermando quella che è la tendenza regionale di detto flusso.

Le simulazioni numeriche del flusso nell'acquifero sono state eseguite utilizzando il codice di modellazione agli elementi finiti FEFLOW 6.2 FM3 del DHI Group (DHI-WASY GmbH, 2014; Diersch 2006).

 SAIPEM	PROGETTO TRANS ADRIATIC PIPELINE INGEGNERIA DI DETTAGLIO DELLA CONDOTTA OFFSHORE			 Statoil		
	Commessa originatrice 022720 Doc. 01-LA-E-80018	Titolo Doc.	Approdo italiano Potenziale interferenza del microtunnel sull'assetto idrogeologico locale			 Trans Adriatic Pipeline
		Nr. Doc.	OPL00-SPF-200-G-TRX-0019			
Contratto: 4502485266		CTR H02.05	LCI	<input type="checkbox"/> Sì <input checked="" type="checkbox"/> No	Rev. 00 Sh. 9 of 92	

Al fine di valutare l'influenza della costruzione del microtunnel TAP sulle condizioni della superficie freatica (detta anche tavola d'acqua) sono state analizzate varie configurazioni idrogeologiche, cambiando le condizioni al contorno ed il valore di conducibilità idraulica.

Lo scenario del caso base del progetto, che prevede la presenza di un pozzo impermeabile, contempla **modifiche trascurabili** sulla piezometria dell'area, con variazioni dell'altezza piezometrica effettiva *ante-operam* e *post-operam* dell'ordine di ± 10 cm.

In questo caso, infatti, il pozzo costituisce un ostacolo che modifica il flusso idrodinamico nel sottosuolo, producendo un leggero innalzamento della quota piezometrica a monte (+ 10 cm) e un leggero abbassamento a valle (- 10 cm).

Lo scenario del caso contingente, correlato all'abbassamento della superficie freatica durante lo scavo, contempla una perturbazione dello strato acquifero che dipende fortemente dalla conducibilità idraulica.

La massima influenza (la cosiddetta distanza di cattura) è tuttavia limitata a 161 metri attorno al perimetro del pozzo, perfino nel peggiore dei casi (scenario 5b che prevede un pompaggio continuo dell'acqua), con una conducibilità idraulica di $1E-3$ m/s.

La seguente tabella sinottica (Tabella 1) riassume le ipotesi e i risultati delle analisi di sensibilità eseguite sia per il caso base del progetto che per il caso contingente.

Gli scenari 1, 2 e 3 simulano esplicitamente un'interazione tra la palude di Cassano e le acque di falda, imponendo condizioni che prevedono una "seepage face" per la palude ed il relativo canale di drenaggio (la "seepage face" è una condizione al contorno ottenuta combinando un carico imposto fissato pari alla quota di fondo della palude e del canale e contemporaneamente un vincolo sul flusso del tipo di sola uscita dal sistema, al fine di prevenire apporti di alimentazione esterna).

Gli scenari 4, 5 e 6 simulano l'assenza di interazioni dirette tra la palude di Cassano e le acque di falda, rimuovendo la condizione di "seepage face". In tali casi la superficie piezometrica è libera di evolversi e fornisce valori piezometrici più elevati nell'area del pozzo.

 SAIPEM	PROGETTO TRANS ADRIATIC PIPELINE INGEGNERIA DI DETTAGLIO DELLA CONDOTTA OFFSHORE			 Statoil		
	Commissa originatrice 022720 Doc. 01-LA-E-80018	Titolo Doc.	Approdo italiano Potenziale interferenza del microtunnel sull'assetto idrogeologico locale		 Trans Adriatic Pipeline	
		Nr. Doc.	OPL00-SPF-200-G-TRX-0019			
Contratto: 4502485266		CTR H02.05	LCI <input type="checkbox"/> Sì <input checked="" type="checkbox"/> No	Rev. 00	Sh. 10 of 92	

Scenario	Conducibilità idraulica [m/s]	Condizioni al contorno	Caso base del progetto	Caso contingente
			Variazioni dell'altezza piezometrica effettiva tra le condizioni <i>ante-operam</i> e quelle <i>post-operam</i>	Massima influenza dopo 30 giorni di pompaggio [m]
Scenario 1	1E-4	Carico piezometrico imposto lungo la linea di costa e lungo il confine di monte. Condizione di <i>seepage face</i> imposta per la palude di Cassano e per i nodi del canale di drenaggio	± 10 cm	51
Scenario 2	1E-3	Carico piezometrico imposto lungo la linea di costa e lungo il confine di monte. Condizione di <i>seepage face</i> imposta per la palude di Cassano e per i nodi del canale di drenaggio	± 10 cm	160
Scenario 3	1E-5	Carico piezometrico imposto lungo la linea di costa e lungo il confine di monte. Condizione di <i>seepage face</i> imposta per la palude di Cassano e per i nodi del canale di drenaggio	± 10 cm	17
Scenario 4	1E-4	Carico piezometrico imposto lungo la linea di costa e lungo il confine di monte. Nessuna condizione imposta per la palude di Cassano o per i nodi del canale di drenaggio	± 10 cm	51
Scenario 5	1E-3	Carico piezometrico imposto lungo la linea di costa e lungo il confine di monte. Nessuna condizione imposta per la palude di Cassano o per i nodi del canale di drenaggio	± 10 cm	161
Scenario 6	1E-5	Carico piezometrico imposto lungo la linea di costa e lungo il confine di monte. Nessuna condizione imposta per la palude di Cassano o per i nodi del canale di drenaggio	± 10 cm	17

Tabella 1: Tabella sinottica di ipotesi e risultati in ogni scenario simulato.

 SAIPEM	PROGETTO TRANS ADRIATIC PIPELINE INGEGNERIA DI DETTAGLIO DELLA CONDOTTA OFFSHORE			 Statoil		
	Commissa originatrice 022720 Doc. 01-LA-E-80018	Titolo Doc.	Approdo italiano Potenziale interferenza del microtunnel sull'assetto idrogeologico locale		 Trans Adriatic Pipeline	
		Nr. Doc.	OPL00-SPF-200-G-TRX-0019			
Contratto: 4502485266		CTR H02.05	LCI	<input type="checkbox"/> Sì <input checked="" type="checkbox"/> No	Rev. 00	Sh. 12 of 92

6 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

La documentazione di riferimento è stata raggruppata come segue:

- Documenti progettuali
- Codici e standard di progetto

Tranne ove specificamente indicato, si applica l'ultima revisione.

6.1 Documenti progettuali

[1] IPL00-URS-000-Q-TRG-0001	Relazione geotecnica & geofisica – Condotta
[2] IPL00-URS-000-Q-TRG-0002	Relazione geotecnica & geofisica – Microtunnel
[3] IPL00-URS-000-Q-TRS-0001	Relazione idrogeologica per condotta e microtunnel– Disposizione
[4] OPL00-SPF-200-G-DXA-0014	Profilo e planimetria di installazione del microtunnel
[5] OPL00-SPF-160-G-DGB-0002,	Disposizione generale approdo italiano
[6] OPL00-SPF-124-Q-DQP-0001	Mappa & Profilo di installazione del microtunnel
[7] OPL00-SPF-160-G-DGD-0011	Requisiti del pozzo
[8] OPL00-SPF-124-Q-TSF-0002	Specifiche funzionali per la costruzione del microtunnel
[9] OPL00-DAP-160-Y-TRE-0006 italiano	Relazione di indagine - Indagine geofisica, approdo italiano
[10] OPL00-DAP-160-Y-TRE-0007 approdo italiano	Relazione sul campo - Indagine geotecnica, approdo italiano
[11] OPL00-DAP-160-Y-TRE-0008 approdo italiano	Relazione basata sui fatti - Indagine geotecnica, approdo italiano
[12] OPL00-DAP-160-Y-TRE-0010 approdo italiano	Relazione interpretativa - Indagine geotecnica, approdo italiano

6.2 Codici e standard di progetto

[13] 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
[14] D.L. 10.8.2012 n. 161	Disciplina dell'utilizzazione delle terre e rocce da scavo - Criteri qualitativi da soddisfare per essere considerati sottoprodotti e non rifiuti – Attuazione articolo 49 del DI 1/2012 ("DI Liberalizzazioni")

 SAIPEM	PROGETTO TRANS ADRIATIC PIPELINE INGEGNERIA DI DETTAGLIO DELLA CONDOTTA OFFSHORE			 Statoil		
	Commissa originatrice 022720 Doc. 01-LA-E-80018	Titolo Doc.	Approdo italiano Potenziale interferenza del microtunnel sull'assetto idrogeologico locale			 Trans Adriatic Pipeline
		Nr. Doc.	OPL00-SPF-200-G-TRX-0019			
Contratto: 4502485266		CTR H02.05	LCI	<input type="checkbox"/> Sì <input checked="" type="checkbox"/> No	Rev. 00	Sh. 13 of 92

[15] D.M. 11 Marzo 1988

Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.

6.3 Pubblicazioni

- [16] Autorità di bacino della regione Puglia (2005) – Piano di bacino stralcio dell'assetto idrogeologico. Cartografia della pericolosità.
- [17] Autorità di bacino della regione Puglia (2009) – Carta idrogeomorfologica della regione Puglia.
- [18] Bossio A. et al. (2005) - Stratigrafia del neogene e quaternario del Salento sud-orientale (con rilevamento geologico alla scala 1:25.000). *Geologica Romana* 38, 31-60.
- [19] Bossio A. et al. (2006) - Stratigrafia neogenico-quaternaria del settore nord - orientale della provincia di Lecce (con rilevamento geologico alla scala 1:25.000). *Geologica Romana* 39, 63-87
- [20] Bruno et al. (2008) - Applicazione di un modello geolitologico per la gestione della qualità delle acque di falda nell'area costiera del Salento (Italia). 3rd IASME / WSEAS Int. Conf. on Water Resources, Hydraulics & Hydrology (WHH '08), University of Cambridge, UK, Feb. 23-25.
- [21] Calò G. C. et al. (2005) - Ricontri delle oscillazioni eustatiche Flandriane nelle acque profonde degli acquiferi Salentini (Puglia). *Giornale di Geologia Applicata* 2 (2005) 341–347, doi: 10.1474/GGA.2005–02.0–50.0076.
- [22] Calò G., et al. (1990) – Caratteri idrogeologici delle falde superficiali della Penisola Salentina e valutazione della vulnerabilità degli acquiferi. Amministrazione provinciale di Lecce, 31 pp.
- [23] Cherubini C. et al. (2011) - Scenari critici di stress per uno strato acquifero costiero nell'Italia sudorientale. *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, 11, 1381–1393. www.nat-hazards-earth-syst-sci.net/11/1381/2011/doi:10.5194/nhess-11-1381-2011
- [24] Ciaranfi N. et al. (1988) – Note alla carta geologica delle Murge e del Salento (Puglia centro meridionale). *Mem. Soc. Geol. It.*, 41, 449-460, 1 tav.

	PROGETTO TRANS ADRIATIC PIPELINE INGEGNERIA DI DETTAGLIO DELLA CONDOTTA OFFSHORE					
Commessa originatrice 022720 Doc. 01-LA-E-80018	Titolo Doc.	Approdo italiano Potenziale interferenza del microtunnel sull'assetto idrogeologico locale			 Trans Adriatic Pipeline	
	Nr. Doc.	OPL00-SPF-200-G-TRX-0019				
	Contratto: 4502485266	CTR H02.05	LCI <input type="checkbox"/> Sì <input checked="" type="checkbox"/> No	Rev. 00		

[25] Delle Rose M. et al. (2005) - Speleogenesi e geomorfologia del sistema carsico delle grotte della poesia nell'ambito dell'evoluzione quaternaria della costa adriatica salentina. Atti e Memorie della Commissione Grotte "E. Boegan" Vol. 40, pp. 153-173, Trieste.

[26] Del Prete et al. (2006) – Aspetti idrogeologici e problemi di inquinamento salino della falda profonda del Salento. Dipartimento di Scienze Geologiche, Università della Basilicata.

[27] Diersch, H.J.G. (2006) - FEFLOW, Finite Element Subsurface Flow & Transport Simulation System, Reference Manual. Wasy, Institute for Water Resources Planning and Systems Research Ltd., Berlin, Germany.

[28] Doglioni C. et al. (1996) - Sollevamento della Puglia nel medio-tardo Pleistocene: un'anomalia nell'avampaese appenninico. Mem. Soc. Geol. It., 51, 101-117.

[29] IRSA (2009) – Aggiornamento del bilancio idrogeologico dei corpi idrici sotterranei della regione Puglia – Dati meteo riguardanti anni siccitosi e piovosi tipo.

[30] Maggiore M. et al. (2004) – Circolazione idrica ed equilibri idrogeologici negli acquiferi della Puglia. Geologi e territorio.

[31] Margiotta S. et al. (2006) - Ricerca geofisica e stratigrafica nelle acque di falda profonde e le acque marine di intrusione nell'area mediterranea (penisola del Salento). Natural Hazards and Earth System Sciences 5: 127–136 SRef-ID: 1684-9981/nhess/2005-5-127.

[32] Parise M. et al. (2008) – Elementi di geomorfologia carsica della Puglia. Atti del 45° Corso CNSS-SSI di III livello "Geomorfologia Carsica", Grottaglie.

[33] Polemio M. et al. (2001) – L'evoluzione dell'inquinamento salino delle acque sotterranee della Murgia e del Salento. Mem. Soc. Geol. It., 56, 327-331.

[34] Provincia di Lecce (2008)- Piano territoriale di coordinamento provinciale (PTCP). Lecce.

[35] Sansò P. et al. (2004) - Caratterizzazione geomorfologica degli inghiottitoi carsici (vore) della provincia di Lecce. Università degli studi di Lecce. Dipartimento di Scienza dei Materiali.

[36] Sogesid (2009) – Regione Puglia, Piano di tutela delle acque, Caratterizzazione climatologica, relazione. Regione Puglia.

[37] DHI-WASY GmbH, 2014. Institute for Water Resources Planning and Systems Research Ltd. Company Web Site: <http://www.wasy.de>

 SAIPEM	PROGETTO TRANS ADRIATIC PIPELINE INGEGNERIA DI DETTAGLIO DELLA CONDOTTA OFFSHORE			 Statoil		
	Commessa originatrice 022720 Doc. 01-LA-E-80018	Titolo Doc.	Approdo italiano Potenziale interferenza del microtunnel sull'assetto idrogeologico locale			 Trans Adriatic Pipeline
		Nr. Doc.	OPL00-SPF-200-G-TRX-0019			
Contratto: 4502485266		CTR H02.05	LCI	<input type="checkbox"/> Sì <input checked="" type="checkbox"/> No	Rev. 00 Sh. 15 of 92	

7 ATTIVITÀ SUL CAMPO

Nell'area della futura condotta TAP (tratto onshore e approdo offshore, compreso il sito del microtunnel), il Cliente ha richiesto a URS di condurre indagini geologiche e idrogeologiche e relativi rilevamenti geotecnici e geofisici, a partire dal Luglio del 2013. A seguire il dettaglio delle indagini e dei test effettuati:

- indagine per verificare l'eventuale presenza di ordigni bellici inesplosi,
- indagine geofisica: Tomografia a resistività elettrica (imaging ERT - Electrical Resistivity Tomography) e Sismica a rifrazione,
- indagini geologiche e geotecniche (sondaggi geognostici, raccolta di campioni e prove in situ),
- rilevamento topografico dei punti indagati,
- test di laboratorio sui campioni raccolti.

Le varie attività in campo eseguite nell'area del progetto sono descritte e valutate nei seguenti capitoli.

7.1 Indagine geofisica

Nell'area del microtunnel sono state realizzate due campagne geofisiche - Rif. [3] e [4]. Entrambe sono state condotte con due tecniche di indagine, l'imaging ERT, ovvero la tomografia a resistività elettrica, e la sismica a rifrazione, abitualmente utilizzate in combinazione per consentire la conferma incrociata dei risultati.

Nel corso del 2013, nell'area del microtunnel, sono stati realizzati 4 profili ERT e 5 profili di sismica a rifrazione; la lunghezza sottoposta ad indagine è stata, rispettivamente, di 2.21 km e 2.22 km.

Nel 2015 sono state effettuate ulteriori indagini geofisiche nell'area del microtunnel:

- sismica a rifrazione e prospezione geoelettrica, lungo n.2 linee, denominate PR_B e PR_D, posizionate vicino a due elementi geomorfologici superficiali di tipo carsico (doline di sprofondamento),
- un profilo ottenuto con il metodo MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves - Analisi multicanale di onde superficiali), denominato MASW-3 nei pressi del foro di trivellazione PIEZO-2,
- 2 prove down-hole, denominate DH-1 e DH-2, all'interno dei fori di trivellazione ST_BH4 e ST_BH5,
- 5 prove con il metodo VES (Vertical Electrical Sounding - Sondaggio elettrico verticale), denominate VES-1÷VES-5.

Nel corso dell'indagine del 2013 lungo il percorso della condotta, sono stati realizzati 32 profili geoelettrici ERT e 112 profili di sismica a rifrazione, la lunghezza sottoposta ad indagine è stata, rispettivamente, di 7.41 km e 7.36 km.

 SAIPEM	PROGETTO TRANS ADRIATIC PIPELINE INGEGNERIA DI DETTAGLIO DELLA CONDOTTA OFFSHORE			 Statoil		
	Commessa originatrice 022720 Doc. 01-LA-E-80018	Titolo Doc.	Approdo italiano Potenziale interferenza del microtunnel sull'assetto idrogeologico locale			 Trans Adriatic Pipeline
		Nr. Doc.	OPL00-SPF-200-G-TRX-0019			
Contratto: 4502485266		CTR H02.05	LCI	<input type="checkbox"/> Sì <input checked="" type="checkbox"/> No	Rev. 00	Sh. 16 of 92

Nella seconda campagna (2015), lungo il percorso della condotta è stata realizzata un'indagine geofisica per un totale di circa 6.5 km, indagine che consta di 7 profili (da PR01 a PR07).

I profili geofisici effettuati nell'area del progetto sono rappresentati in Figura 4.

7.2 Indagine geologica - geotecnica

L'indagine geologica - geotecnica nell'area del microtunnel e della condotta aveva lo scopo di:

- definire l'assetto geologico e idrogeologico al fine di ricostruire la stratigrafia locale;
- raccogliere campioni da analizzare in laboratorio ed eseguire test in loco per la caratterizzazione geotecnica del sottosuolo lungo il percorso della condotta.

L'indagine geologica - geotecnica nell'area del microtunnel e della condotta è stata effettuata nel periodo Aprile - Giugno 2015, perforando 24 sondaggi geognostici. I sondaggi sono stati ottenuti con la tecnica del carotaggio continuo con un diametro della carota di 101 mm. Durante la trivellazione sono stati eseguiti test SPT (Standard Penetration Test - Prova penetrometrica standard) e sono stati raccolti campioni indisturbati per l'analisi granulometrica e per la determinazione del peso di volume, del contenuto di acqua, dei limiti di Atterberg, della permeabilità (tramite prova edometrica). I sondaggi presi in considerazione nel presente studio sono riportati in Tabella 2.

Sondaggio	Profondità (m)
ST-BH1	10
ST-BH2	20
ST-BH4	30
ST-BH5	30
BH3	10
BH4	10
BH5	10

Tabella 2: Sondaggi geognostici realizzati nell'area del sito

Le posizioni dei sondaggi nell'area interessata dallo studio sono illustrate in Figura 5.

 SAIPEM	PROGETTO TRANS ADRIATIC PIPELINE INGEGNERIA DI DETTAGLIO DELLA CONDOTTA OFFSHORE			 Statoil		
	Commissa originatrice 022720 Doc. 01-LA-E-80018	Titolo Doc.	Approdo italiano Potenziale interferenza del microtunnel sull'assetto idrogeologico locale		 Trans Adriatic Pipeline	
		Nr. Doc.	OPL00-SPF-200-G-TRX-0019			
Contratto: 4502485266		CTR H02.05	LCI	<input type="checkbox"/> Sì <input checked="" type="checkbox"/> No	Rev. 00	Sh. 17 of 92

7.3 Indagine idrogeologica

L'attività idrogeologica sul campo ha incluso le seguenti attività:

- trivellazione a carotaggio continuo e installazione di nuovi piezometri superficiali, nelle posizioni dei sondaggi geotecnici (già inclusi nel programma di indagine geotecnica) e in nuove posizioni aggiuntive;
- prove di permeabilità in foro dello strato acquifero (prove di tipo Lefranc e Lugeon) durante le operazioni di trivellazione;
- misura dell'altezza piezometrica della superficie freatica, ovvero la cosiddetta tavola d'acqua, nei nuovi piezometri installati;
- ricostruzione della geometria dello strato acquifero superficiale e della direzione di flusso delle acque di falda.

Un numero totale di cinque piezometri (Piezo 2, Piezo 3, Piezo 4, Piezo 5, Piezo 6), aventi una profondità di 10 m, sono stati trivellati e dotati di tubi fessurati sul fondo. In corrispondenza dei piezometri Piezo 4, Piezo 6 e in BH4, sono state eseguite Nr. 6 prove di Lefranc e 1 prova di Lugeon. La posizione dei piezometri è rappresentata in Figura 5.

 SAIPEM	PROGETTO TRANS ADRIATIC PIPELINE INGEGNERIA DI DETTAGLIO DELLA CONDOTTA OFFSHORE			 Statoil		
	Commissa originatrice 022720 Doc. 01-LA-E-80018	Titolo Doc.	Approdo italiano Potenziale interferenza del microtunnel sull'assetto idrogeologico locale			 Trans Adriatic Pipeline
		Nr. Doc.	OPL00-SPF-200-G-TRX-0019			
Contratto: 4502485266		CTR H02.05	LCI	<input type="checkbox"/> Sì <input checked="" type="checkbox"/> No	Rev. 00	Sh. 18 of 92

8 GEOLOGIA

8.1 Assetto regionale

Il Salento appartiene all'avampese della regione Puglia (piattaforma apula), formata da una fitta sequenza, principalmente carbonatica dell'era del Mesozoico, coperta in trasgressione da depositi organogeni e calcarenitici (Paleocene - Oligocene) e da una sottile successione di tipo carbonatico - terrigeno risalente al Quaternario.

La successione stratigrafica, definita nel "Foglio 214 – Gallipoli della Carta geologica d'Italia a scala 1:100.000" e da Ciaranfi et al., Rif. [24], per la "Carta geologica delle Murge e del Salento", è stata di recente modificata dagli studi approfonditi di Bossio et al., Rif. [18], e Bossio et al., Rif. [19], eseguiti nell'area di Lecce e nella regione costiera del Salento, da Otranto a Santa Maria di Leuca.

Una breve descrizione delle unità rocciose sedimentarie del Salento orientale, che riepiloga lo stato delle conoscenze geologiche, è riportata qui di seguito. Una mappa geologica dell'area (da Bruno et al, Rif. [20]) è rappresentata in Figura 6.

Calcarea di Altamura

La sequenza di carbonati del Mesozoico affiora nella zona interna del Salento. La successione è costituita da una successione carbonatica con un'alternanza di strati di carbonati micritici e carbonati dolomitici (Bossio et al., Rif. [19]).

Formazione di Galatone (Oligocene Superiore) e Formazione di Lecce

La Formazione di Galatone (Oligocene Superiore) e la Formazione di Lecce (Oligocene Superiore-Miocene Inferiore) affiora a sudovest di Lecce. La Formazione di Galatone è composta da calcari compatti micritici, marne e depositi di argilla sabbiosa (Bossio et al. Rif. [19]). La Formazione di Lecce è caratterizzata da calcareniti che variano dal bianco al marrone chiaro.

Pietra Leccese

La "Pietra leccese" affiora in modo esteso attorno a Lecce. La formazione è costituita da due successioni leggermente differenti (Calò et al., Rif. [21]). La parte bassa è costituita da biomicrite marnosa detritica, la parte alta della successione è formata da calcari glauconitici. La datazione della Pietra Leccese si colloca nel Messiniano, l'ultimo dei sei piani in cui è suddiviso il Miocene.

Calcarenite di Andrano

La calcarenite di Andrano occupa ampie aree ad est e sudest di Lecce.

La formazione è composta da calcare bioclastico, detritico o da calcare oolitico, con una presenza ridotta di calcare marnoso e marna. I depositi sono composti da sedimenti porosi e teneri alternati a strati compatti. La datazione si colloca nel Messiniano.

Formazione di Leuca

La formazione di Leuca (Pliocene Inferiore), spesso solo alcuni metri, forma una striscia continua tra la calcarenite di Andrano e la formazione delle Calcareniti del Salento. La formazione è costituita da brecce, conglomerati e, in modo subordinato, da biomicriti glauconitiche (Bossio et al., Rif. [19]).

 SAIPEM	PROGETTO TRANS ADRIATIC PIPELINE INGEGNERIA DI DETTAGLIO DELLA CONDOTTA OFFSHORE			 Statoil		
	Commissa originatrice 022720 Doc. 01-LA-E-80018	Titolo Doc.	Approdo italiano Potenziale interferenza del microtunnel sull'assetto idrogeologico locale			 Trans Adriatic Pipeline
		Nr. Doc.	OPL00-SPF-200-G-TRX-0019			
Contratto: 4502485266		CTR H02.05	LCI	<input type="checkbox"/> Sì <input checked="" type="checkbox"/> No	Rev. 00	Sh. 19 of 92

Calcareniti del Salento

La formazione delle Calcareniti del Salento forma un'ampia striscia che delimita la linea costiera del Mare Adriatico. È costituita da calcari biodetritici fossiliferi, in genere teneri, e da sabbie calcaree giallognole, con uno spessore di circa 50 metri. La base della successione è caratterizzata da uno strato di conglomerati, costituiti da ciottoli fosfatici immersi in una matrice di tipo calcareo-fosfatico di colore chiaro. La sequenza inferiore è di norma a granulometria fine e localmente presenta una composizione marnosa, mentre la sequenza superiore è costituita da sedimenti calcarei a granulometria da media a grossa. Nell'area di Lecce l'ambiente deposizionale indica l'esterno o l'interno della zona neritica (zona o regione del mare compresa fra 0 e 200 m di profondità) (Bossio et al., Rif. [19]). L'età si colloca nell'intervallo temporale che va dallo Zancleano al Piacenziano, ovvero i due piani in cui è suddiviso il Pliocene (Pliocene inferiore).

Calcarenite di Gravina

La calcarenite di Gravina (Plio – Pleistocene) è costituita da calcarenite detritica o organogena a granulometria grossa, mal stratificata; la sequenza di base è formata da argille e limo (silt).

Argilla subappenninica

L'argilla subappenninica (Pleistocene) è individuabile solo nel sottosuolo dell'area costiera, in varie registrazioni stratigrafiche (log) in pozzo. L'unità è composta principalmente da argilla stratificata e da argilla marnosa-limosa, con rare intercalazioni di sabbia (Ciaranfi et al., Rif. [24]).

Depositi continentali recenti

Lungo la linea costiera, i depositi continentali recenti comprendono sedimenti argillosi e limosi con strati di torba, di ambiente lagunare o acquitrinoso, e sabbie eoliche, che formano dune costiere.

8.2 Assetto strutturale

L'avampaese della Puglia è deformato da un'ampia piega antiforme con un orientamento Ovest-Nordovest - Est-Sudest, che si estende dal bacino del fiume Bradano al Mare Adriatico (Doglioni et al., Rif. [28]).

Nell'area oggetto dello studio l'assetto strutturale è localmente e irregolarmente monoclinale, con una lieve immersione verso la linea costiera ionica (Ciaranfi et al., Rif. [24]).

La struttura del Salento meridionale è sezionata da normali faglie con orientamento Nordovest - Sudest, risalenti a varie ere (dal Tardo Cretaceo al Pleistocene), che formano una serie di rilievi strutturali (*horst* o pilastri tettonici) e depressioni tettoniche (*graben*) estese lungo le linee assiali con direzione Nordovest - Sudest.

	PROGETTO TRANS ADRIATIC PIPELINE INGEGNERIA DI DETTAGLIO DELLA CONDOTTA OFFSHORE					
Commessa originatrice 022720 Doc. 01-LA-E-80018	Titolo Doc.	Approdo italiano Potenziale interferenza del microtunnel sull'assetto idrogeologico locale			 Trans Adriatic Pipeline	
	Nr. Doc.	OPL00-SPF-200-G-TRX-0019				
	Contratto: 4502485266	CTR H02.05	LCI <input type="checkbox"/> Sì <input checked="" type="checkbox"/> No	Rev. 00		

8.3 Geomorfologia

8.3.1 Morfologia

Il quadro paesaggistico consta di una piana leggermente ondulata che degrada dolcemente verso il mare Adriatico. Una caratteristica tipica è rappresentata dalla mancanza di una rete di drenaggio ben sviluppata e dal paesaggio contraddistinto da pendii arrotondati, senza forme rilevanti, riconducibili a fenomeni di erosione.

Un tipico affioramento morfologico nell'area del sito sono le doline, caratterizzate da una pendenza di scarpata molto bassa e sottili depositi argillosi che coprono la depressione del settore centrale. Le doline presentano una distribuzione sparsa, con un'apparente assenza di organizzazione.

8.3.2 Idrografia

In questo settore della penisola salentina, l'idrografia è fondamentalmente rappresentata da un reticolo di vie idriche destinate al ruscellamento e inalveazione preferenziali in bacini endoreici dell'interno. Questo tipo di assetto idrografico non ha una chiara evidenza morfologica: Non si osservano canali o solchi di ruscellamento, se non localmente. La rete è suddivisa in alcuni sistemi separati e interconnessi con un disegno dendritico.

Nel sito si possono riconoscere due corsi d'acqua, meglio definiti di altri. Un breve canale artificiale, con un decorso rettilineo, drena l'area satura di acqua della Palude di Cassano e la convoglia in mare dopo un percorso di circa 0.8 km. Un secondo breve corso d'acqua stagionale è posizionato a sudest della condotta. Il suo corso confina con l'agglomerato urbano dell'area di Santa Foca.

L'unico corpo d'acqua significativo è la "Palude di Cassano", che è un Sito di Interesse Regionale (SIR). La zona acquitrinosa denominata Palude di Cassano è una vasta depressione di probabile origine carsica (le elevazioni del fondo sono di 2 - 3 m più basse delle aree circostanti) che accoglie acque continentali e la tipica vegetazione delle aree paludose.

Inoltre, per valutare la recente evoluzione storica della Palude di Cassano, si è eseguita un'analisi della configurazione dell'area, utilizzando le immagini satellitari di Google Earth. Questa analisi mostra che, nel corso di 10 anni, l'area è stata soggetta ad alcuni cambiamenti; i cambiamenti principali si suppone siano prodotti dalle periodiche fluttuazioni della superficie freatica in corrispondenza della Palude di Cassano.

Il risultato dell'analisi è illustrato in Figura 57.

 SAIPEM	PROGETTO TRANS ADRIATIC PIPELINE INGEGNERIA DI DETTAGLIO DELLA CONDOTTA OFFSHORE			 Statoil		
	Commissa originatrice 022720 Doc. 01-LA-E-80018	Titolo Doc.	Approdo italiano Potenziale interferenza del microtunnel sull'assetto idrogeologico locale		 Trans Adriatic Pipeline	
		Nr. Doc.	OPL00-SPF-200-G-TRX-0019			
Contratto: 4502485266		CTR H02.05	LCI	<input type="checkbox"/> Sì <input checked="" type="checkbox"/> No	Rev. 00	Sh. 21 of 92

8.4 Assetto geologico del sito

L'area del sito fa interamente parte della formazione nota come Calcarenite del Salento. Facendo riferimento alle registrazioni (log) stratigrafiche dei fori di sondaggio, il deposito è composto principalmente da sabbia di colore dal giallo al biancastro (circa il 65%) con strati minori di sabbia limosa (15%) e rari strati di ghiaia - sabbia grossa (5%).

I test di laboratorio riguardo la distribuzione delle dimensioni delle particelle indicano che la frazione sabbiosa oscilla dal 50% all'85%; il peso di volume secco è dell'ordine di 16-18 kN/m³.

Interstratificati con i sedimenti sabbiosi vi sono strati calcarenitici (15%), normalmente di spessore inferiore al metro e spesso molto fratturati. Nella parte occidentale dell'area del sito (BH4, BH5) e nei pressi dei piezometri Piezo 2 e Piezo 6, le calcareniti costituiscono lo strato superiore della sequenza, con uno spessore di 2-3 m massimo, e si può supporre una continuità locale, da verificare sperimentalmente.

Nessun'altra correlazione si può desumere dai dati geologici; pertanto a livello del sito, la sequenza di sabbia può essere considerata approssimativamente omogenea, alla profondità sottoposta ad indagine (30 m).

	PROGETTO TRANS ADRIATIC PIPELINE INGEGNERIA DI DETTAGLIO DELLA CONDOTTA OFFSHORE				
	Commessa originatrice 022720 Doc. 01-LA-E-80018	Titolo Doc.	Approdo italiano Potenziale interferenza del microtunnel sull'assetto idrogeologico locale		
Nr. Doc.		OPL00-SPF-200-G-TRX-0019			
Contratto: 4502485266		CTR H02.05	LCI	<input type="checkbox"/> Sì <input checked="" type="checkbox"/> No	Rev. 00

9 IDROGEOLOGIA

9.1 Assetto regionale

La successione dei carbonati del Mesozoico, affiorante nei rilievi occidentali del Salento, ma che forma il basamento dell'intera sequenza sedimentaria del post-Mesozoico anche nella piana adriatica orientale, rappresenta lo strato acquifero principale, denominato nella letteratura tecnica "Acquifero profondo", su scala regionale.

Il complesso assetto litostratigrafico e tettonico della sequenza sovrapposta di Terziario e Quaternario dà origine ad uno strato acquifero superficiale a più livelli (Cherubini et al., Rif. [23]), costituito principalmente da Pietra Leccese, Calcarenite di Andrano, Calcareniti del Salento e Calcarenite di Gravina.

Nello strato acquifero superficiale, a causa del vario grado di permeabilità delle diverse unità litologiche, la circolazione dell'acqua avviene su più livelli, spesso in modo abbastanza indipendente, supportata da strati marnosi o argillosi o, nelle vicinanze della costa, direttamente da acque di ingressione marina.

9.1.1 Strato acquifero dei carbonati del Mesozoico

Lo strato acquifero dei carbonati del Mesozoico è caratterizzato da una doppia porosità: una porosità secondaria (fratture), che dipende dalla passata attività tettonica e una porosità terziaria (canale) dovuta a processi di dissoluzione carsica. Nel Salento orientale, lo strato acquifero profondo, che si estende in modo più o meno continuo dal Mare Adriatico al Mar Ionio, con una forma lenticolare, è confinato in posizione direttamente sovrapposta ai carbonati del Mesozoico, a causa della bassa permeabilità della formazione di Galatone (depositi di marne e argille) e alle sequenze di base di Pietra Leccese.

Nel settore di S. Foca la parte superiore dello strato acquifero dei carbonati del Mesozoico, a causa dell'elevato dislocamento di faglie normali che sezionano l'area del Salento, è coperta da uno spesso ammasso di sedimenti che datano dal Terziario al Quaternario e raggiunge una profondità di oltre 200 m sotto al livello del suolo (Bruno, Rif. [20], Margiotta, Rif. [31]).

9.1.2 Strato acquifero superficiale a più livelli

Nello strato acquifero superficiale a più livelli, il grado di permeabilità varia in base alla composizione litologica, al grado di cementazione (quando la cementazione è bassa la porosità della matrice rocciosa è significativa), alla porosità di frattura e ai fenomeni carsici. Si possono riconoscere diversi strati acquiferi, soprattutto su base litologica.

La sequenza basale di Pietra Leccese (biomicrite marnosa) e la successione basale di argilla limosa di Calcarenite di Gravina hanno caratteristiche di acquitardo-acquicludo (Del Prete et al. Rif. [26]), contribuendo alla separazione della sequenza idrogeologica in diverse unità. Di conseguenza, la successione nella parte alta di Pietra Leccese e la Calcarenite di Andrano sovrapposta, la formazione delle Calcareniti del Salento, costituite principalmente da calcari biodegradabili teneri e sabbie calcaree, nonché la successione superiore di Calcarenite di Gravina, possono tutte essere considerate come unità acquifere (Del Prete et al. Rif. [26]).

 SAIPEM	PROGETTO TRANS ADRIATIC PIPELINE INGEGNERIA DI DETTAGLIO DELLA CONDOTTA OFFSHORE			 Statoil		
	Commissa originatrice 022720 Doc. 01-LA-E-80018	Titolo Doc.	Approdo italiano Potenziale interferenza del microtunnel sull'assetto idrogeologico locale			 Trans Adriatic Pipeline
		Nr. Doc.	OPL00-SPF-200-G-TRX-0019			
Contratto: 4502485266		CTR H02.05	LCI	<input type="checkbox"/> Sì <input checked="" type="checkbox"/> No	Rev. 00	Sh. 23 of 92

A causa dell'evoluzione sedimentaria e tettonica del Salento, relativamente complessa (struttura a pilastri tettonici (*horst*) e *graben*) alcune di queste unità acquifere (Pietra Leccese, Calcarenite di Andrano) diventano semi-confinare quando coperte da unità acquitarde - acquiclude (Cherubini et al. Rif. [23]). Questa struttura generale è complicata su scala locale dall'effetto di variazioni litologiche presenti anche nelle diverse unità acquifere.

9.2 Assetto idrogeologico del sito

9.2.1 Introduzione

L'area del sito, comprendente la Palude di Cassano, l'impianto di fitodepurazione, ed il pozzo di ingresso del microtunnel appartengono interamente allo strato acquifero superficiale rappresentato, da un punto di vista litologico, dalla formazione nota come Calcareniti del Salento. La formazione è composta principalmente da sabbia di colore variabile dal giallo al biancastro, con strati di minore entità di sabbia limosa e calcareniti e strati più rari di ghiaia - sabbia grossa. La frazione sabbiosa oscilla dal 50% all'85%. Gli strati di calcarenite sono comuni nella parte alta della sequenza o, meno frequentemente, si presentano interstratificati con sedimenti sabbiosi. Le calcareniti hanno di regola uno spessore inferiore al metro e si presentano spesso molto fratturate. A seguito dell'assenza di strati a bassa permeabilità, la sequenza sabbiosa può essere considerata uno strato acquifero di tipo freatico.

Dall'indagine geofisica, non sono emersi dati pertinenti per migliorare il modello idrogeologico del sito.

9.2.2 Limiti dello strato acquifero

I limiti areali dello strato acquifero di tipo freatico vanno ben oltre l'area del sito. I dati stratigrafici raccolti nel corso dell'indagine sul campo indicano che, fino a 30 m di profondità sotto al livello del suolo, lo strato acquifero di tipo freatico è sostanzialmente uniforme, senza strati significativi a bassa permeabilità (Figura 7).

Per quanto riguarda il confine inferiore, i dati bibliografici suggeriscono per il sito questa stratigrafia:

- Sabbie e calcareniti (formazione delle Calcareniti del Salento), strato acquifero di tipo freatico con uno spessore di 45-50 m;
- Calcarenite di Andrano, strato acquifero con uno spessore di 50-60 m;
- Pietra Leccese, con caratteristiche di acquicludo-aquitardo;
- Strato acquifero profondo del Mesozoico.

Bruno (Rif. [20]) indica uno strato a bassa permeabilità nella parte inferiore della formazione delle Calcareniti del Salento, formato da livelli di argilla marnosa, siltiti marnose e arenarie glauconitiche, le ultime sperimentalmente correlate alla formazione di Leuca (Figura 8). Cherubini (Rif. [23]) asserisce che lo strato confinante sovrapposto alla calcarenite di Andrano sia costituito da argille subappenniniche di epoca più recente.

 SAIPEM	PROGETTO TRANS ADRIATIC PIPELINE INGEGNERIA DI DETTAGLIO DELLA CONDOTTA OFFSHORE				 Statoil			
	Commessa originatrice 022720 Doc. 01-LA-E-80018	Titolo Doc.	Approdo italiano Potenziale interferenza del microtunnel sull'assetto idrogeologico locale			 Trans Adriatic Pipeline		
		Nr. Doc.	OPL00-SPF-200-G-TRX-0019					
Contratto: 4502485266		CTR H02.05	LCI	<input type="checkbox"/> Sì <input checked="" type="checkbox"/> No	Rev. 00	Sh. 24 of 92		

Margiotta (Rif. [31]) al contrario non fa cenno ad uno strato di confinamento tra la formazione delle Calcareniti del Salento e la calcarenite di Andrano, confermando comunque i dati di spessore sopra menzionati (Figura 9).

In conclusione, la natura del confine tra il primo strato acquifero (Calcareniti del Salento) e il secondo (calcarenite di Andrano) non è certa, anche se la presenza di uno strato di confinamento tra i due strati acquiferi appare l'ipotesi più probabile. In ogni caso, allo spessore dello strato acquifero di tipo freatico va attribuito un valore minimo di 45 m.

9.2.3 Parametri idrodinamici

Durante le indagini sul campo del 2015 è stata effettuata una valutazione dei parametri idrodinamici dello strato acquifero di tipo freatico superficiale.

Sono stati eseguiti quattro test per determinare la porosità delle sabbie in campioni indisturbati provenienti dai sondaggi geognostici. I risultati sono elencati nella Tabella 3.

Sondaggio	STBH01	STBH02	STBH04	BH04
Profondità	3,0-3,5	2,0-2,6	28,0-28,5	3,5-4,0
n (%)	43.2	49.44	50.18	45.82

Tabella 3: Riepilogo dei valori di porosità

Questi risultati si riferiscono alla porosità totale del sedimento, che oscilla da circa il 43% al 50%. Pertanto si può stimare un valore di porosità efficace (nota in inglese come specific yield - resa specifica) dell'ordine del 35% - 40%.

Sono state eseguite cinque prove di tipo Lefranc in tre sondaggi, a diverse profondità, ottenendo i valori di permeabilità riportati in Tabella 4.

Sondaggio	STBH01	STBH01	STBH02	STBH02	STBH02	BH04	BH04
Profondità	4,0-5,0	9,5-10,0	4,1-5,0	9,5-10,0	18,8-20,0	4,0-5,0	9,5-10,0
K (m/s)	~3 E-04	~1 E-04	~5 E-05	~4 E-04	~2 E-04	~7 E-05	~2 E-04

Tabella 4: Riepilogo dei valori di conducibilità idraulica

Sono stati eseguiti tre test nello strato di sabbia limosa (STBH02 alla profondità di 4.1-5.0 m e 9.5-10.0 m, STBH01 alla profondità di 9.5-10.0 m), gli altri sono stati effettuati nelle sabbie. Da questi dati non si possono desumere significative differenze. Pertanto, per la sequenza di sabbia i test di conducibilità idraulica suggeriscono una sostanziale uniformità, con un valore medio di 2 E-04 m/s.

Una prova di tipo Lugeon eseguita in calcareniti fratturate ha fornito un valore di medio-bassa permeabilità (1 E-05 m/s).

 SAIPEM	PROGETTO TRANS ADRIATIC PIPELINE INGEGNERIA DI DETTAGLIO DELLA CONDOTTA OFFSHORE			 Statoil		
	Commessa originatrice 022720 Doc. 01-LA-E-80018	Titolo Doc.	Approdo italiano Potenziale interferenza del microtunnel sull'assetto idrogeologico locale			 Trans Adriatic Pipeline
		Nr. Doc.	OPL00-SPF-200-G-TRX-0019			
Contratto: 4502485266		CTR H02.05	LCI	<input type="checkbox"/> Sì <input checked="" type="checkbox"/> No	Rev. 00	Sh. 25 of 92

9.2.4 Carta piezometrica

Nel luglio del 2015 URS ha eseguito un'indagine piezometrica nei cinque piezometri installati nell'area dell'approdo. Il risultati sono riportati nella Tabella 5.

Questi risultati sono stati utilizzati per mettere a punto una carta della superficie freatica (anche detta tavola d'acqua, Figura 10), che ricostruisce il flusso delle acque di falda lungo un ristretto tratto, comprendente il percorso della condotta (per una lunghezza di circa un chilometro) e il microtunnel.

La superficie piezometrica conferma l'andamento regionale del flusso, orientato in direzione sudovest - nordest, verso la linea costiera, con un gradiente idraulico compreso in un intervallo dallo 0,2 allo 0,5 %.

Il rilevante aumento del gradiente idraulico tra il Piezo 6 e il Piezo 4 non sembra corrispondere ad alcun confine o variazione delle proprietà dello strato acquifero, che possano desumersi dai dati idrogeologici locali.

ID	X	Y	Elevazione (metri sopra il livello del mare)	Soggiacenza (m)	Superficie freatica (metri sopra il livello del mare)
Piezo 2	277683	4465001	8.88	2.31	6.57
Piezo 3	277639	4465156	8.64	2.55	6.09
Piezo 4 (STBH2)	277912	4465191	7.66	4.43	3.23
Piezo 5	276887	4464756	15.00	6.30	8.70
Piezo 6 (STBH1)	277804	4465092	8.30	2.66	5.64

Tabella 5: Misurazioni piezometriche (Luglio 2015)

9.2.5 Interazione tra acque di superficie e acque di falda

La zona acquitrinosa della Palude di Cassano e il suo canale di drenaggio rappresentano l'unica acqua di superficie dell'area dell'approdo; il corso d'acqua che rasenta S. Foca è stato considerato non pertinente.

La Palude di Cassano è caratterizzata dall'assenza di corsi d'acqua affluenti; l'effluente è rappresentato da un canale artificiale di drenaggio che raggiunge il mare. Queste condizioni suggeriscono che, da un punto di vista idrogeologico, la zona acquitrinosa è dominata dalle acque di falda.

Il bilancio idrico, oltre ad essere controllato dall'afflusso delle acque di falda, è controllato periodicamente e irregolarmente da un afflusso di entità più ridotto proveniente dall'impianto di fitodepurazione. È difficile stabilire se questo afflusso può determinare situazioni nelle quali la palude ricarica localmente lo strato acquifero.

 SAIPEM	PROGETTO TRANS ADRIATIC PIPELINE INGEGNERIA DI DETTAGLIO DELLA CONDOTTA OFFSHORE			 Statoil		
	Commissa originatrice 022720 Doc. 01-LA-E-80018	Titolo Doc.	Approdo italiano Potenziale interferenza del microtunnel sull'assetto idrogeologico locale			 Trans Adriatic Pipeline
		Nr. Doc.	OPL00-SPF-200-G-TRX-0019			
Contratto: 4502485266		CTR H02.05	LCI	<input type="checkbox"/> Sì <input checked="" type="checkbox"/> No	Rev. 00	Sh. 26 of 92

10 SIMULAZIONE DEL FLUSSO COL MODELLO NUMERICO

Al fine di definire il modello concettuale del sito e calibrare lo schema numerico per la simulazione degli scenari *ante-operam* e *post-operam*, sono state eseguite le seguenti attività:

- Analisi dei documenti URS riguardanti gli aspetti geotecnici, geofisici e idrologici dei progetti del microtunnel e della condotta. (documenti IPL00-URS-000-Q-TRG-0001, IPL00-URS-000-Q-TRG-0002, IPL00-URS-000-Q-TRS-0001)
- Ricerca dei dati geografici per la costruzione del modello numerico: Modello Digitale del Terreno (DTM) in formato *raster*, ortofoto in formato *raster*, dati vettoriali in formato shapefile della Carta Tecnica Regionale (CTR), della linea di costa e degli elementi idrografici rilevanti; tutti questi dati sono stati scaricati dal sito web *Regione Puglia* (<http://www.sit.puglia.it/>)

Il Modello Digitale del Terreno (Digital Terrain Model - DTM, con risoluzione al suolo di 8 m e con accuratezza di ± 1 m) per l'area di studio è riportato in Figura 12.

Tutti i dati raccolti sono stati sistematizzati con i dati di progetto relativi alla dimensione e alla posizione del pozzo del microtunnel.

Successivamente alla definizione del modello concettuale del sito, sono state eseguite diverse simulazioni numeriche di flusso nell'acquifero utilizzando il codice di modellazione agli elementi finiti FEFLOW 6.2 FM3 del DHI Group (DHI-WASY GmbH, 2014; Diersch 2006)¹, nel rispetto delle seguenti assunzioni:

- Simulazione del solo acquifero freatico superficiale
- Acquifero omogeneo ed isotropo, con una profondità di 30 m
- Orientamento della superficie piezometrica in direzione della linea di costa, sulla base dell'unica indagine piezometrica disponibile
- Valore di porosità efficace imposto pari a 0.35
- Valori di conducibilità idraulica nel *range* da $2E-4$ a $1E-5$ m/s come emerso dalle prove di tipo Lugeon/Lefranc, con un valore medio di $1E-4$ m/s;
- Simulazioni numeriche di *sensitivity analysis* eseguite estendendo la conducibilità tra un ordine di grandezza inferiore ($1E-5$ m/s) e uno maggiore ($1E-3$ m/s) rispetto al valore medio ($1E-4$ m/s).

Il dominio del modello numerico di calcolo è un box rettangolare i cui confini sono stati imposti a 2 km dal sito sul lato nord, lungo la linea di costa, ad 1 km dal sito sul lato sud, e a 2 km di distanza a monte (Figura 11).

¹ DHI-WASY GmbH, 2014. Institute for Water Resources Planning and Systems Research Ltd. Sito web dell'azienda: <http://www.wasy.de> rif 14

 SAIPEM	PROGETTO TRANS ADRIATIC PIPELINE INGEGNERIA DI DETTAGLIO DELLA CONDOTTA OFFSHORE			 Statoil		
	Commissa originatrice 022720 Doc. 01-LA-E-80018	Titolo Doc.	Approdo italiano Potenziale interferenza del microtunnel sull'assetto idrogeologico locale			 Trans Adriatic Pipeline
		Nr. Doc.	OPL00-SPF-200-G-TRX-0019			
Contratto: 4502485266		CTR H02.05	LCI	<input type="checkbox"/> Sì <input checked="" type="checkbox"/> No	Rev. 00	Sh. 27 of 92

Il modello è costituito da 6 layers di spessore pari a 5 m, per un totale di 652092 elementi e 390257 nodi; la Figura 13 e la Figura 14 riportano rispettivamente la vista in pianta e la vista tridimensionale della mesh di calcolo a base triangolare.

Gli scenari 1, 2, 3 simulano esplicitamente un'interazione tra la palude di Cassano e le acque di falda, imponendo condizioni che prevedono una superficie di exfiltrazione (*seepage face*). La *seepage face* è una condizione al contorno ottenuta combinando un carico imposto corrispondente al fondo della palude o del canale di drenaggio (elevazione desunta dal Modello Digitale del Terreno) e contemporaneamente un vincolo sul flusso del tipo di sola uscita dal sistema, al fine di prevenire apporti di alimentazione esterna; con la condizione al contorno di *seepage face* (ovvero di exfiltrazione) è possibile descrivere una condizione tra il campo di flusso saturo e il piano campagna lungo la quale le acque di falda possono solo uscire dall'acquifero.

Gli scenari 4, 5, 6 simulano l'assenza di interazioni dirette tra la palude di Cassano e le acque di falda, rimuovendo la condizione di *seepage face*.

In questo caso la superficie piezometrica risulta libera di evolvere, senza il vincolo imposto dalla presenza della Palude, ed al contempo fornisce valori piezometrici più elevati nell'area dello scavo.

Gli elementi di rilevanza idrogeologica considerati attualmente per le simulazioni sono la Palude di Cassano e il relativo canale di drenaggio (per gli scenari 1, 2 e 3).

Il carico piezometrico imposto sul confine di monte (17.55 m slm) va inteso esclusivamente come valore di calibrazione, ottimizzato per la migliore riproduzione dei valori piezometrici registrati nell'area di interesse, e non strettamente correlati ai (non certi) livelli piezometrici locali. Le condizioni al contorno, pertanto, sono state convenientemente posizionate ad una distanza adeguata dall'area di studio.

10.1 Scenario 1

Le condizioni imposte al modello per questo scenario sono:

- Condizioni al contorno: carico piezometrico imposto lungo la linea di costa (0 m slm) e lungo il confine di monte (17.55 m slm, valore ottimizzato durante la fase di calibrazione).
- Condizione di *seepage face* imposta per la palude di Cassano e per i nodi del canale di drenaggio
- Conducibilità idraulica pari a 1E-4 m/s
- Porosità efficace pari a 0.35

La Figura 15 illustra la piezometria risultante in questo scenario. La piezometria derivante dall'interpolazione delle misure effettuate in loco mostra un brusco aumento locale del gradiente (cfr. IPL00-URS-000-Q-TRG-0002), che non è legato a evidenti discontinuità o disomogeneità di tipo geologico. Il gradiente piezometrico simulato in questo scenario risulta invece più regolare; questo risultato di fatto risulta a favore di

 SAIPEM	PROGETTO TRANS ADRIATIC PIPELINE INGEGNERIA DI DETTAGLIO DELLA CONDOTTA OFFSHORE			 Statoil		
	Commessa originatrice 022720 Doc. 01-LA-E-80018	Titolo Doc.	Approdo italiano Potenziale interferenza del microtunnel sull'assetto idrogeologico locale			 Trans Adriatic Pipeline
		Nr. Doc.	OPL00-SPF-200-G-TRX-0019			
Contratto: 4502485266		CTR H02.05	LCI	<input type="checkbox"/> Sì <input checked="" type="checkbox"/> No	Rev. 00	Sh. 28 of 92

sicurezza, in quanto tende a sovrastimare localmente i livelli piezometrici nell'intorno dell'area di scavo.

La Figura 16 riporta sotto forma di *scatter plot* il confronto fra i valori piezometrici misurati e calcolati nella simulazione per lo scenario 1.

10.1.1 Scenario 1a: effetto di un pozzo impermeabile (caso base del progetto)

A partire dalla piezometria simulata nello scenario 1, lo scenario 1a indaga gli effetti a lungo termine sulla piezometria dell'area, conseguenti alla presenza del pozzo impermeabile (condizioni *post-operam*).

Partendo dal modello calibrato dello scenario 1, è stata eseguita una simulazione in condizioni stazionarie, considerando l'intero volume del pozzo come impermeabile; la piezometria risultante è stata confrontata con la piezometria dello scenario 1 (condizioni *ante-operam*, Figura 15). Calcolando le differenze tra le condizioni *post-operam* e *ante-operam*, le variazioni risultano confinate all'area circostante il pozzo, con valori dell'ordine di ± 10 cm (come illustrato in Figura 17). Una lieve perturbazione delle linee di flusso si rileva solamente nelle immediate vicinanze del pozzo, come riportato in Figura 18.

10.1.2 Scenario 1b: effetto del pompaggio durante la fase di scavo (caso contingente)

Lo scenario 1b simula l'abbassamento della superficie piezometrica (tavola d'acqua) durante l'intera fase di scavo del pozzo per effetto dell'aggottamento della falda; questa condizione corrisponde dal punto di vista modellistico ad imporre un carico idraulico costante pari alla quota di fondo dello scavo (-3.2 m slm, pari alla quota di fondo pozzo meno lo spessore della soletta di base), simulando questo scenario senza la presenza di alcuna soletta in calcestruzzo (Figura 2), per un tempo di simulazione pari a 30 giorni.

L'effetto del pompaggio risulta limitato: dopo 30 giorni le linee di flusso sono confinate nei primi 51 metri a partire dal perimetro dello scavo (Figura 19) e non raggiungono il fondo del modello (Figura 20). Questi risultati suggeriscono che gli effetti dovuti all'abbassamento della falda durante la fase di scavo presumibilmente non interessano né la palude di Cassano né la porzione più profonda dello strato acquifero.

Simulando il pompaggio in condizioni di flusso stazionario, è possibile stimare gli effetti massimi a lungo termine, puramente teorici, dovuti ad un emungimento continuo; in queste condizioni, come atteso, le linee di flusso raggiungono le vicinanze della palude di Cassano (Figura 21).

10.2 Scenario 2

Le condizioni imposte al modello per questo scenario sono:

- Condizioni al contorno: carico piezometrico imposto lungo la linea di costa (0 m slm) e lungo il confine di monte (17.55 m slm, valore ottimizzato durante la fase di calibrazione).
- Condizione di seepage face imposta per la palude di Cassano e per i nodi del canale di drenaggio
- Conducibilità idraulica pari a $1E-3$ m/s

 SAIPEM	PROGETTO TRANS ADRIATIC PIPELINE INGEGNERIA DI DETTAGLIO DELLA CONDOTTA OFFSHORE			 Statoil		
	Commessa originatrice 022720 Doc. 01-LA-E-80018	Titolo Doc.	Approdo italiano Potenziale interferenza del microtunnel sull'assetto idrogeologico locale			 Trans Adriatic Pipeline
		Nr. Doc.	OPL00-SPF-200-G-TRX-0019			
Contratto: 4502485266		CTR H02.05	LCI	<input type="checkbox"/> Sì <input checked="" type="checkbox"/> No	Rev. 00	Sh. 29 of 92

- Porosità efficace pari 0.35

La Figura 22 illustra la piezometria risultante in questo scenario. La piezometria derivante dall'interpolazione delle misure effettuate in loco mostra un brusco aumento locale del gradiente (cfr. IPL00-URS-000-Q-TRG-0002), che non è legato a evidenti discontinuità o disomogeneità di tipo geologico. Il gradiente piezometrico simulato in questo scenario risulta invece più regolare; questo risultato di fatto risulta a favore di sicurezza, in quanto tende a sovrastimare localmente i livelli piezometrici nell'intorno dell'area di scavo. La Figura 23 riporta sotto forma di *scatter plot* il confronto fra i valori piezometrici misurati e calcolati nella simulazione per lo scenario 2.

10.2.1 Scenario 2a: effetto di un pozzo impermeabile (caso base del progetto)

A partire dalla piezometria simulata nello scenario 2, lo scenario 2a indaga gli effetti a lungo termine sulla piezometria dell'area, conseguenti alla presenza del pozzo impermeabile (condizioni *post-operam*).

Partendo dal modello calibrato dello scenario 2, è stata eseguita una simulazione in condizioni stazionarie, considerando l'intero volume del pozzo come impermeabile; la piezometria risultante è stata confrontata con la piezometria dello scenario 2 (condizioni *ante-operam*, Figura 22). Calcolando le differenze tra le condizioni *post-operam* e *ante-operam*, le variazioni risultano confinate all'area circostante il pozzo, con valori dell'ordine di ± 10 cm (come illustrato in Figura 24). Una lieve perturbazione delle linee di flusso si rileva solamente nelle immediate vicinanze del pozzo, come illustrato in Figura 25.

10.2.2 Scenario 2b: effetto del ritiro durante la fase di scavo (caso contingente)

Lo scenario 2b simula l'abbassamento della superficie piezometrica (tavola d'acqua) durante l'intera fase di scavo del pozzo per effetto dell'aggottamento della falda; questa condizione corrisponde dal punto di vista modellistico ad imporre un carico idraulico costante pari alla quota di fondo dello scavo (-3.2 m slm, pari alla quota di fondo pozzo meno lo spessore della soletta di base), simulando questo scenario senza la presenza di alcuna soletta in calcestruzzo (Figura 2), per un tempo di simulazione pari a 30 giorni.

L'effetto del pompaggio risulta limitato: dopo 30 giorni le linee di flusso sono confinate nei primi 160 metri a partire dal perimetro dello scavo (Figura 26) e non raggiungono il fondo del modello (Figura 27).

Questi risultati suggeriscono che gli effetti dovuti all'abbassamento della falda durante la fase di scavo presumibilmente non interessano né la palude di Cassano né la porzione più profonda dello strato acquifero.

Simulando il pompaggio in condizioni di flusso stazionario, è possibile stimare gli effetti massimi a lungo termine, puramente teorici, dovuti ad un emungimento continuo; in queste condizioni, come atteso, le linee di flusso raggiungono le vicinanze della palude di Cassano (Figura 28).

 SAIPEM	PROGETTO TRANS ADRIATIC PIPELINE INGEGNERIA DI DETTAGLIO DELLA CONDOTTA OFFSHORE			 Statoil		
	Commissa originatrice 022720 Doc. 01-LA-E-80018	Titolo Doc.	Approdo italiano Potenziale interferenza del microtunnel sull'assetto idrogeologico locale			 Trans Adriatic Pipeline
		Nr. Doc.	OPL00-SPF-200-G-TRX-0019			
Contratto: 4502485266		CTR H02.05	LCI	<input type="checkbox"/> Sì <input checked="" type="checkbox"/> No	Rev. 00	Sh. 30 of 92

10.3 Scenario 3

Le condizioni imposte al modello per questo scenario sono:

- Condizioni al contorno: carico piezometrico imposto lungo la linea di costa (0 m slm) e lungo il confine di monte (17.55 m slm, valore ottimizzato durante la fase di calibrazione).
- Condizione di seepage face imposta per la palude di Cassano e per i nodi del canale di drenaggio
- Conducibilità idraulica pari a 1E-5 m/s
- Porosità efficace pari a 0.35

La Figura 29 illustra la piezometria risultante in questo scenario. La piezometria derivante dall'interpolazione delle misure effettuate in loco mostra un brusco aumento locale del gradiente (cfr. IPL00-URS-000-Q-TRG-0002), che non è legato a evidenti discontinuità o disomogeneità di tipo geologico. Il gradiente piezometrico simulato in questo scenario risulta invece più regolare; questo risultato di fatto risulta a favore di sicurezza, in quanto tende a sovrastimare localmente i livelli piezometrici nell'intorno dell'area di scavo. La Figura 30 riporta sotto forma di *scatter plot* il confronto fra i valori piezometrici misurati e calcolati nella simulazione per lo scenario 3.

10.3.1 Scenario 3a: effetto di un pozzo impermeabile (caso base del progetto)

A partire dalla piezometria simulata nello scenario 3, lo scenario 3a indaga gli effetti a lungo termine sulla piezometria dell'area, conseguenti alla presenza del pozzo impermeabile (condizioni *post-operam*). Partendo dal modello calibrato dello scenario 3, è stata eseguita una simulazione in condizioni stazionarie, considerando l'intero volume del pozzo come impermeabile; la piezometria risultante è stata confrontata con la piezometria dello scenario 3 (condizioni *ante-operam*, Figura 29).

Calcolando le differenze tra le condizioni *post-operam* e *ante-operam*, le variazioni risultano confinate all'area circostante il pozzo, con valori dell'ordine di ± 10 cm (come illustrato in Figura 31). Una lieve perturbazione delle linee di flusso si rileva solamente nelle immediate vicinanze del pozzo, come illustrato in Figura 32.

10.3.2 Scenario 3b: effetto del ritiro durante la fase di scavo (caso contingente)

Lo scenario 3b simula l'abbassamento della superficie piezometrica (tavola d'acqua) durante l'intera fase di scavo del pozzo per effetto dell'aggettamento della falda; questa condizione corrisponde dal punto di vista modellistico ad imporre un carico idraulico costante pari alla quota di fondo dello scavo (-3.2 m slm, pari alla quota di fondo pozzo meno lo spessore della soletta di base), simulando questo scenario senza la presenza di alcuna soletta in calcestruzzo (Figura 2), per un tempo di simulazione pari a 30 giorni.

L'effetto del pompaggio risulta limitato: dopo 30 giorni le linee di flusso sono confinate nei primi 17 metri a partire dal perimetro dello scavo (Figura 33) e non raggiungono il fondo del modello (Figura 34). Questi risultati suggeriscono che gli effetti dovuti all'abbassamento della falda durante la fase di scavo presumibilmente non interessano né la palude di Cassano né la porzione più profonda dello strato acquifero.

 SAIPEM	PROGETTO TRANS ADRIATIC PIPELINE INGEGNERIA DI DETTAGLIO DELLA CONDOTTA OFFSHORE			 Statoil		
	Commessa originatrice 022720 Doc. 01-LA-E-80018	Titolo Doc.	Approdo italiano Potenziale interferenza del microtunnel sull'assetto idrogeologico locale			 Trans Adriatic Pipeline
		Nr. Doc.	OPL00-SPF-200-G-TRX-0019			
Contratto: 4502485266		CTR H02.05	LCI	<input type="checkbox"/> Sì <input checked="" type="checkbox"/> No	Rev. 00	Sh. 31 of 92

Simulando il pompaggio in condizioni di flusso stazionario, è possibile stimare gli effetti massimi a lungo termine, puramente teorici, dovuti ad un emungimento continuo; in queste condizioni, come atteso, le linee di flusso raggiungono le vicinanze della palude di Cassano (Figura 35).

10.4 Scenario 4

Le condizioni imposte al modello per questo scenario sono:

- Condizioni al contorno: carico piezometrico imposto lungo la linea di costa (0 m slm) e lungo il confine di monte (17.55 m slm, valore ottimizzato durante la fase di calibrazione).
- Nessuna condizione al contorno imposta per la palude di Cassano o per i nodi del canale di drenaggio
- Conducibilità idraulica pari a 1E-4 m/s
- Porosità efficace pari a 0.35

La Figura 36 illustra la piezometria risultante in questo scenario. La piezometria derivante dall'interpolazione delle misure effettuate in loco mostra un brusco aumento locale del gradiente (cfr. IPL00-URS-000-Q-TRG-0002), che non è legato a evidenti discontinuità o disomogeneità di tipo geologico. Il gradiente piezometrico simulato differisce solo marginalmente da quello degli scenari 1÷3, mentre i valori assoluti di piezometria risultano maggiori, riproducendo meglio le misure piezometriche a monte (punti 2, 3, 6) e fornendo anche in questo caso una sovrastima (a favore di sicurezza) dei livelli idraulici nell'area del pozzo (Figura 37).

La Figura 37 riporta sotto forma di *scatter plot* il confronto fra i valori piezometrici misurati e calcolati nella simulazione dello scenario 4.

10.4.1 Scenario 4a: effetto di un pozzo impermeabile (caso base del progetto)

A partire dalla piezometria simulata nello scenario 4, lo scenario 4a indaga gli effetti a lungo termine sulla piezometria dell'area, conseguenti alla presenza del pozzo impermeabile (condizioni *post-operam*). Partendo dal modello calibrato dello scenario 4, è stata eseguita una simulazione in condizioni stazionarie, considerando l'intero volume del pozzo come impermeabile; la piezometria risultante è stata confrontata con la piezometria dello scenario 4 (condizioni *ante-operam*, Figura 36). Calcolando le differenze tra le condizioni *post-operam* e *ante-operam*, le variazioni risultano confinate all'area circostante il pozzo, con valori dell'ordine di ± 10 cm (come illustrato in Figura 38). Una lieve perturbazione delle linee di flusso si rileva solamente nelle immediate vicinanze del pozzo, come illustrato in Figura 39.

10.4.2 Scenario 4b: effetto del ritiro durante la fase di scavo (caso contingente)

Lo scenario 4b simula l'abbassamento della superficie piezometrica (tavola d'acqua) durante l'intera fase di scavo del pozzo per effetto dell'aggottamento della falda; questa condizione corrisponde dal punto di vista modellistico ad imporre un carico idraulico costante pari alla quota di fondo dello scavo (-3.2 m slm, pari alla quota di fondo pozzo

 SAIPEM	PROGETTO TRANS ADRIATIC PIPELINE INGEGNERIA DI DETTAGLIO DELLA CONDOTTA OFFSHORE			 Statoil		
	Commissa originatrice 022720 Doc. 01-LA-E-80018	Titolo Doc.	Approdo italiano Potenziale interferenza del microtunnel sull'assetto idrogeologico locale			 Trans Adriatic Pipeline
		Nr. Doc.	OPL00-SPF-200-G-TRX-0019			
Contratto: 4502485266		CTR H02.05	LCI	<input type="checkbox"/> Sì <input checked="" type="checkbox"/> No	Rev. 00	Sh. 32 of 92

meno lo spessore della soletta di base), simulando questo scenario senza la presenza di alcuna soletta in calcestruzzo (Figura 2), per un tempo di simulazione pari a 30 giorni. L'effetto del pompaggio risulta limitato: dopo 30 giorni le linee di flusso sono confinate nei primi 51 metri a partire dal perimetro dello scavo (Figura 40) e non raggiungono il fondo del modello (Figura 41). Questi risultati suggeriscono che gli effetti dovuti all'abbassamento della falda durante la fase di scavo presumibilmente non interessano né la palude di Cassano né la porzione più profonda dello strato acquifero. Simulando il pompaggio in condizioni di flusso stazionario, è possibile stimare gli effetti massimi a lungo termine, puramente teorici, dovuti ad un emungimento continuo; in queste condizioni, come atteso, le linee di flusso raggiungono la parte orientale della palude di Cassano (Figura 42).

10.5 Scenario 5

Le condizioni imposte al modello per questo scenario sono:

- Condizioni al contorno: carico piezometrico imposto lungo la linea di costa (0 m slm) e lungo il confine di monte (17.55 m slm, valore ottimizzato durante la fase di calibrazione).
- Nessuna condizione al contorno imposta per la palude di Cassano o per il canale di drenaggio
- Conducibilità idraulica pari a 1E-3 m/s
- Porosità efficace pari a 0.35

La Figura 43 illustra la piezometria risultante in questo scenario. La piezometria derivante dall'interpolazione delle misure effettuate in loco mostra un brusco aumento locale del gradiente (cfr. IPL00-URS-000-Q-TRG-0002), che non è legato a evidenti discontinuità o disomogeneità di tipo geologico. Il gradiente piezometrico simulato differisce solo marginalmente da quello degli scenari 1÷3, mentre i valori assoluti di piezometria risultano maggiori, riproducendo meglio le misure piezometriche a monte (punti 2, 3, 6) e fornendo anche in questo caso una sovrastima (a favore di sicurezza) dei livelli idraulici nell'area del pozzo (Figura 44).

La Figura 44 riporta sotto forma di *scatter plot* il confronto fra i valori piezometrici misurati e calcolati nella simulazione dello scenario 5.

10.5.1 Scenario 5a: effetto di un pozzo impermeabile (caso base del progetto)

A partire dalla piezometria simulata nello scenario 5, lo scenario 5a indaga gli effetti a lungo termine sulla piezometria dell'area, conseguenti alla presenza del pozzo impermeabile (condizioni *post-operam*). Partendo dal modello calibrato dello scenario 5, è stata eseguita una simulazione in condizioni stazionarie, considerando l'intero volume del pozzo come impermeabile; la piezometria risultante è stata confrontata con la piezometria dello scenario 5 (condizioni *ante-operam*, Figura 43). Calcolando le differenze tra le condizioni *post-operam* e *ante-operam*, le variazioni risultano confinate all'area circostante il pozzo, con valori dell'ordine di ± 10 cm (come illustrato in Figura 45). Una lieve perturbazione delle linee di flusso si rileva solamente nelle immediate vicinanze del pozzo, come illustrato in Figura 46.

 SAIPEM	PROGETTO TRANS ADRIATIC PIPELINE INGEGNERIA DI DETTAGLIO DELLA CONDOTTA OFFSHORE			 Statoil		
	Commessa originatrice 022720 Doc. 01-LA-E-80018	Titolo Doc.	Approdo italiano Potenziale interferenza del microtunnel sull'assetto idrogeologico locale			 Trans Adriatic Pipeline
		Nr. Doc.	OPL00-SPF-200-G-TRX-0019			
Contratto: 4502485266		CTR H02.05	LCI	<input type="checkbox"/> Sì <input checked="" type="checkbox"/> No	Rev. 00	Sh. 33 of 92

10.5.2 Scenario 5b: effetto del ritiro durante la fase di scavo (caso contingente)

Lo scenario 5b simula l'abbassamento della superficie piezometrica (tavola d'acqua) durante l'intera fase di scavo del pozzo per effetto dell'aggottamento della falda; questa condizione corrisponde dal punto di vista modellistico ad imporre un carico idraulico costante pari alla quota di fondo dello scavo (-3.2 m slm, pari alla quota di fondo pozzo meno lo spessore della soletta di base), simulando questo scenario senza la presenza di alcuna soletta in calcestruzzo (Figura 2), per un tempo di simulazione pari a 30 giorni.

L'effetto del pompaggio risulta limitato: dopo 30 giorni le traiettorie sono confinate nei primi 161 metri a partire dal perimetro dello scavo (Figura 47) e non raggiungono il fondo del modello (Figura 48).

Questi risultati suggeriscono che gli effetti dovuti all'abbassamento della falda durante la fase di scavo presumibilmente non interessano né la palude di Cassano né gli strati più profondi dell'acquifero.

Simulando il pompaggio in condizioni di flusso stazionario, è possibile stimare gli effetti massimi a lungo termine, puramente teorici, dovuti ad un emungimento continuo; in queste condizioni, come atteso, le linee di flusso raggiungono la parte orientale della palude di Cassano (Figura 49).

10.6 Scenario 6

Le condizioni imposte al modello per questo scenario sono:

- Condizioni al contorno: carico piezometrico imposto lungo la linea di costa (0 m slm) e lungo il confine di monte (17.55 m slm, valore ottimizzato durante la fase di calibrazione).
- Nessuna condizione al contorno imposta per la palude di Cassano o per il canale di drenaggio
- Conducibilità idraulica pari a 1E-5 m/s
- Porosità efficace pari a 0.35

La Figura 50 illustra la piezometria risultante in questo scenario. La piezometria derivante dall'interpolazione delle misure effettuate in loco mostra un brusco aumento locale del gradiente (cfr. IPL00-URS-000-Q-TRG-0002), che non è legato a evidenti discontinuità o disomogeneità di tipo geologico. Il gradiente piezometrico simulato differisce solo marginalmente da quello degli scenari 1÷3, mentre i valori assoluti di piezometria risultano maggiori, riproducendo meglio le misure piezometriche a monte (punti 2, 3, 6) e fornendo anche in questo caso una sovrastima (a favore di sicurezza) dei livelli idraulici nell'area del pozzo (Figura 51).

La Figura 51 riporta sotto forma di *scatter plot* il confronto fra i valori piezometrici misurati e calcolati nella simulazione dello scenario 6.

10.6.1 Scenario 6a: effetto di un pozzo impermeabile (caso base del progetto)

A partire dalla piezometria simulata nello scenario 6, lo scenario 6a indaga gli effetti a lungo termine sulla piezometria dell'area, conseguenti alla presenza del pozzo

 SAIPEM	PROGETTO TRANS ADRIATIC PIPELINE INGEGNERIA DI DETTAGLIO DELLA CONDOTTA OFFSHORE			 Statoil		
	Commessa originatrice 022720 Doc. 01-LA-E-80018	Titolo Doc.	Approdo italiano Potenziale interferenza del microtunnel sull'assetto idrogeologico locale			 Trans Adriatic Pipeline
		Nr. Doc.	OPL00-SPF-200-G-TRX-0019			
Contratto: 4502485266		CTR H02.05	LCI	<input type="checkbox"/> Sì <input checked="" type="checkbox"/> No	Rev. 00	Sh. 34 of 92

impermeabile (condizioni *post-operam*). Partendo dal modello calibrato dello scenario 6, è stata eseguita una simulazione in condizioni stazionarie, considerando l'intero volume del pozzo come impermeabile; la piezometria risultante è stata confrontata con la piezometria dello scenario 6 (condizioni *ante-operam*, Figura 50). Calcolando le differenze tra le condizioni *post-operam* e *ante-operam*, le variazioni risultano confinate all'area circostante il pozzo, con valori dell'ordine di ± 10 cm (come illustrato in Figura 52). Una lieve perturbazione delle linee di flusso si rileva solamente nelle immediate vicinanze del pozzo, come illustrato in Figura 53.

10.6.2 Scenario 6b: effetto del ritiro durante la fase di scavo (caso contingente)

Lo scenario 6b simula l'abbassamento della superficie piezometrica (tavola d'acqua) durante l'intera fase di scavo del pozzo per effetto dell'aggottamento della falda; questa condizione corrisponde dal punto di vista modellistico ad imporre un carico idraulico costante pari alla quota di fondo dello scavo (-3.2 m slm, pari alla quota di fondo pozzo meno lo spessore della soletta di base), simulando questo scenario senza la presenza di alcuna soletta in calcestruzzo (Figura 2), per un tempo di simulazione pari a 30 giorni.

L'effetto del pompaggio risulta limitato: dopo 30 giorni le traiettorie sono confinate nei primi 17 metri a partire dal perimetro dello scavo (Figura 54) e non raggiungono il fondo del modello (Figura 55).

Questi risultati suggeriscono che gli effetti dovuti all'abbassamento della falda durante la fase di scavo presumibilmente non interessano né la palude di Cassano né gli strati più profondi dell'acquifero.

Simulando il pompaggio in condizioni di flusso stazionario, è possibile stimare gli effetti massimi a lungo termine, teorici, dovuti ad un emungimento continuo; in queste condizioni, come atteso, le linee di flusso raggiungono la parte orientale della palude di Cassano (Figura 56).

10.7 Riepilogo degli scenari

Un controllo sull'ordine di grandezza del valore atteso della distanza di influenza si può effettuare calcolando la lunghezza delle linee di flusso con la legge di Darcy. Considerando un gradiente medio a monte fra il fondo dello scavo e l'altezza piezometrica a monte non perturbata, la lunghezza del percorso delle particelle fluide in un dato periodo di tempo risulterà essere:

$$L = V \cdot t = k \cdot i \cdot t$$

Con:

- L = lunghezza del percorso delle linee di flusso [m]
- V = velocità [m/s]
- k = conducibilità idraulica [m/s]
- i = gradiente idraulico [-]
- t = tempo

	PROGETTO TRANS ADRIATIC PIPELINE INGEGNERIA DI DETTAGLIO DELLA CONDOTTA OFFSHORE					
Commessa originatrice 022720 Doc. 01-LA-E-80018	Titolo Doc.	Approdo italiano Potenziale interferenza del microtunnel sull'assetto idrogeologico locale			 Trans Adriatic Pipeline	
	Nr. Doc.	OPL00-SPF-200-G-TRX-0019				
	Contratto: 4502485266	CTR H02.05	LCI <input type="checkbox"/> Sì <input checked="" type="checkbox"/> No	Rev. 00	Sh. 35 of 92	

Facendo riferimento allo scenario 5b, la conducibilità idraulica è di 1E-3 m/s, il gradiente idraulico medio è pari a circa il 5%, il tempo di scavo è di 30 giorni; la lunghezza del percorso L che ne deriva in questo caso è di circa 130 metri, in sostanziale accordo con la stima fornita dal modello.

Simulando l'abbassamento della falda in condizioni di flusso stazionario, è stato possibile stimare gli effetti massimi a lungo termine, puramente teorici, dovuti ad un pompaggio continuo:

- Nella prima configurazione (condizione di seepage face per la Palude di Cassano e per i nodi del canale di drenaggio, come negli scenari 1÷3), l'effetto di pompaggio si propaga a monte lungo le linee di flusso, ma non interessa il perimetro della Palude di Cassano.
- Nella seconda configurazione (nessuna condizione al contorno imposta per la palude di Cassano e per i nodi del canale di drenaggio, come negli scenari 4÷6), l'effetto di pompaggio si propaga a monte, interessando solo marginalmente il perimetro della palude di Cassano. Tuttavia questa seconda ipotesi rappresenta condizioni idrogeologiche molto improbabili con abbassamenti trascurabili della superficie piezometrica che, in ogni caso, non producono effetti di richiamo tra il pozzo del microtunnel e le acque della palude.

	PROGETTO TRANS ADRIATIC PIPELINE INGEGNERIA DI DETTAGLIO DELLA CONDOTTA OFFSHORE					
	Commessa originatrice 022720 Doc. 01-LA-E-80018	Titolo Doc. Potenziale interferenza del microtunnel sull'assetto idrogeologico locale	Approdo italiano Potenziale interferenza del microtunnel sull'assetto idrogeologico locale		 Trans Adriatic Pipeline	
	Nr. Doc. OPL00-SPF-200-G-TRX-0019	Contratto: 4502485266	CTR H02.05	LCI <input type="checkbox"/> Sì <input checked="" type="checkbox"/> No		Rev. 00

11 MAPPE E FIGURE



Figura 1 - Trans Adriatic Pipeline – Visione d'insieme

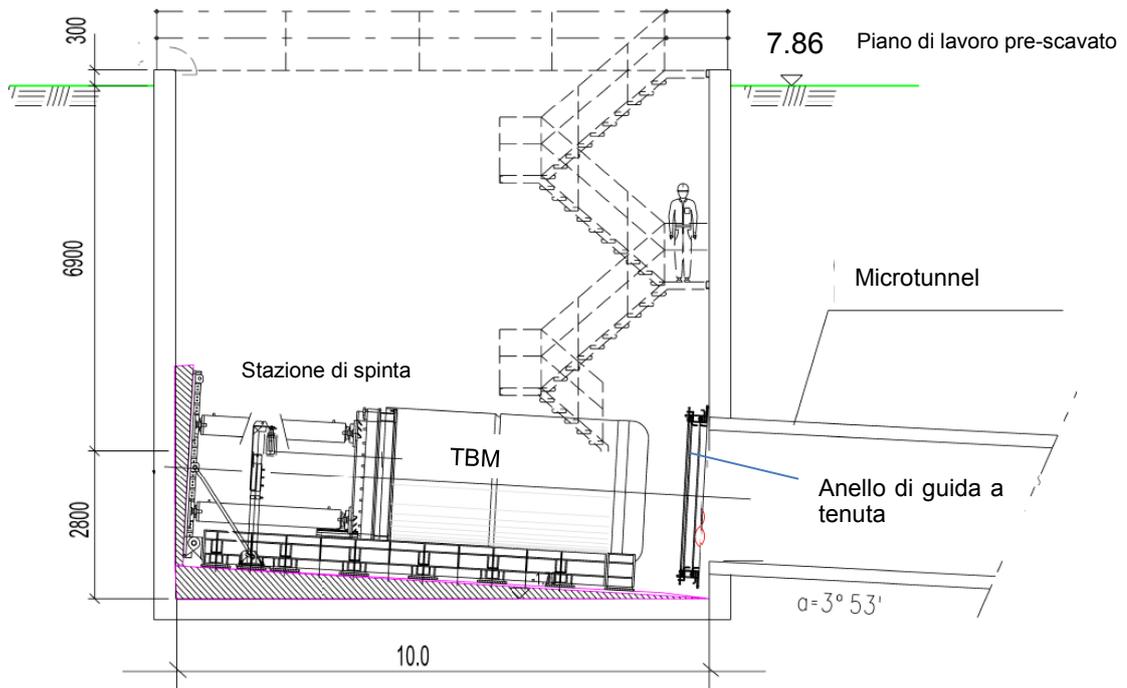


Figura 2 - Pozzo di spinta per costruzione microtunnel

	PROGETTO TRANS ADRIATIC PIPELINE INGEGNERIA DI DETTAGLIO DELLA CONDOTTA OFFSHORE					
	Commessa originatrice 022720 Doc. 01-LA-E-80018	Titolo Doc.	Approdo italiano Potenziale interferenza del microtunnel sull'assetto idrogeologico locale			 Trans Adriatic Pipeline
Nr. Doc.		OPL00-SPF-200-G-TRX-0019				
Contratto: 4502485266		CTR H02.05	LCI	<input type="checkbox"/> Sì <input checked="" type="checkbox"/> No	Rev. 00	Sh. 37 of 92



Figura 3 - Vista generale dell'area in esame

	PROGETTO TRANS ADRIATIC PIPELINE INGEGNERIA DI DETTAGLIO DELLA CONDOTTA OFFSHORE				
Commessa originatrice 022720 Doc. 01-LA-E-80018	Titolo Doc.	Approdo italiano Potenziale interferenza del microtunnel sull'assetto idrogeologico locale		 Trans Adriatic Pipeline	
	Nr. Doc.	OPL00-SPF-200-G-TRX-0019			
Contratto: 4502485266		CTR H02.05	LCI <input type="checkbox"/> Si <input checked="" type="checkbox"/> No	Rev. 00	Sh. 38 of 92



Figura 4 – Ubicazione indagini geofisiche nell'area dell'approdo.

	PROGETTO TRANS ADRIATIC PIPELINE INGEGNERIA DI DETTAGLIO DELLA CONDOTTA OFFSHORE					
	Commessa originatrice 022720 Doc. 01-LA-E-80018	Titolo Doc.	Approdo italiano Potenziale interferenza del microtunnel sull'assetto idrogeologico locale			 Trans Adriatic Pipeline
Nr. Doc.		OPL00-SPF-200-G-TRX-0019				
Contratto: 4502485266		CTR H02.05	LCI	<input type="checkbox"/> Sì <input checked="" type="checkbox"/> No	Rev. 00	Sh. 39 of 92

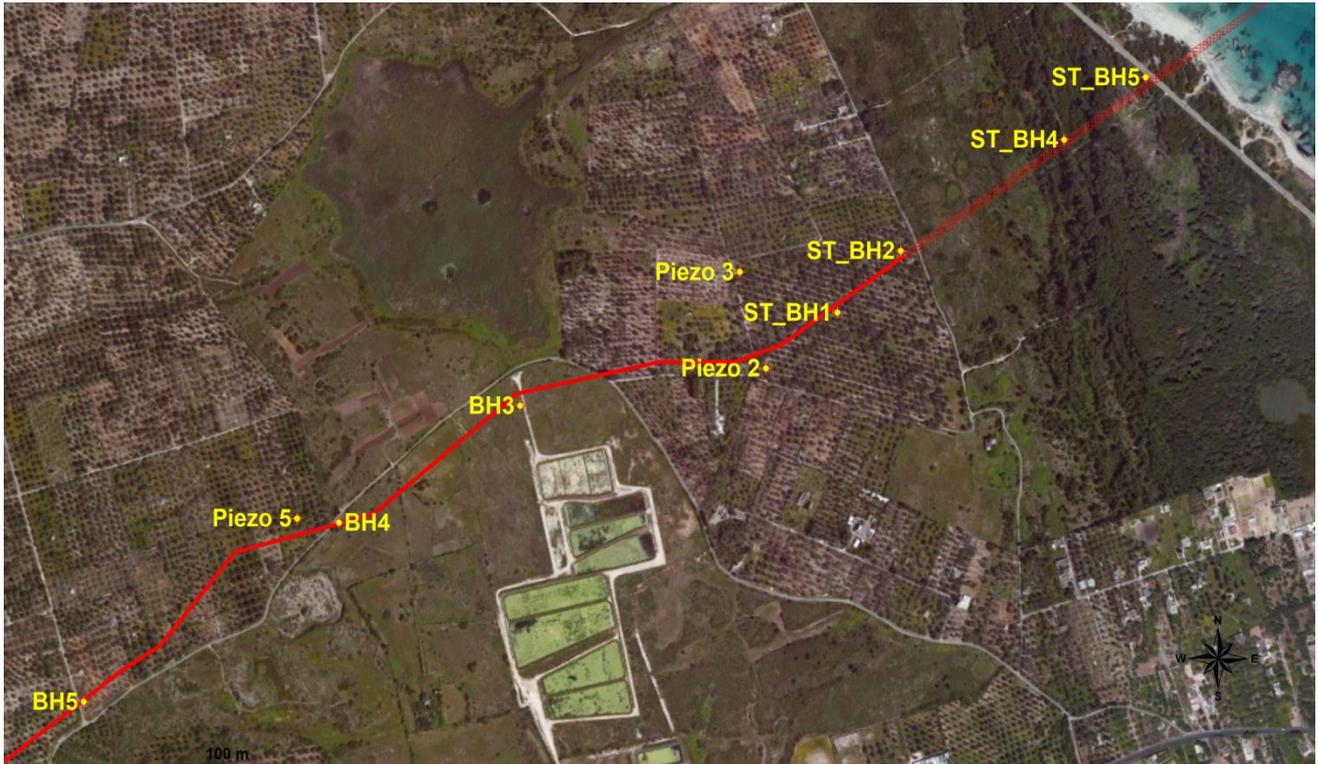


Figura 5 – Ubicazione sondaggi geognostici e piezometri nell'area dell'approdo.

	PROGETTO TRANS ADRIATIC PIPELINE INGEGNERIA DI DETTAGLIO DELLA CONDOTTA OFFSHORE				
	Commessa originatrice 022720 Doc. 01-LA-E-80018	Titolo Doc. Approdo italiano Potenziale interferenza del microtunnel sull'assetto idrogeologico locale	Nr. Doc. OPL00-SPF-200-G-TRX-0019		 Trans Adriatic Pipeline
Contratto: 4502485266		CTR H02.05	LCI <input type="checkbox"/> Sì <input checked="" type="checkbox"/> No	Rev. 00	

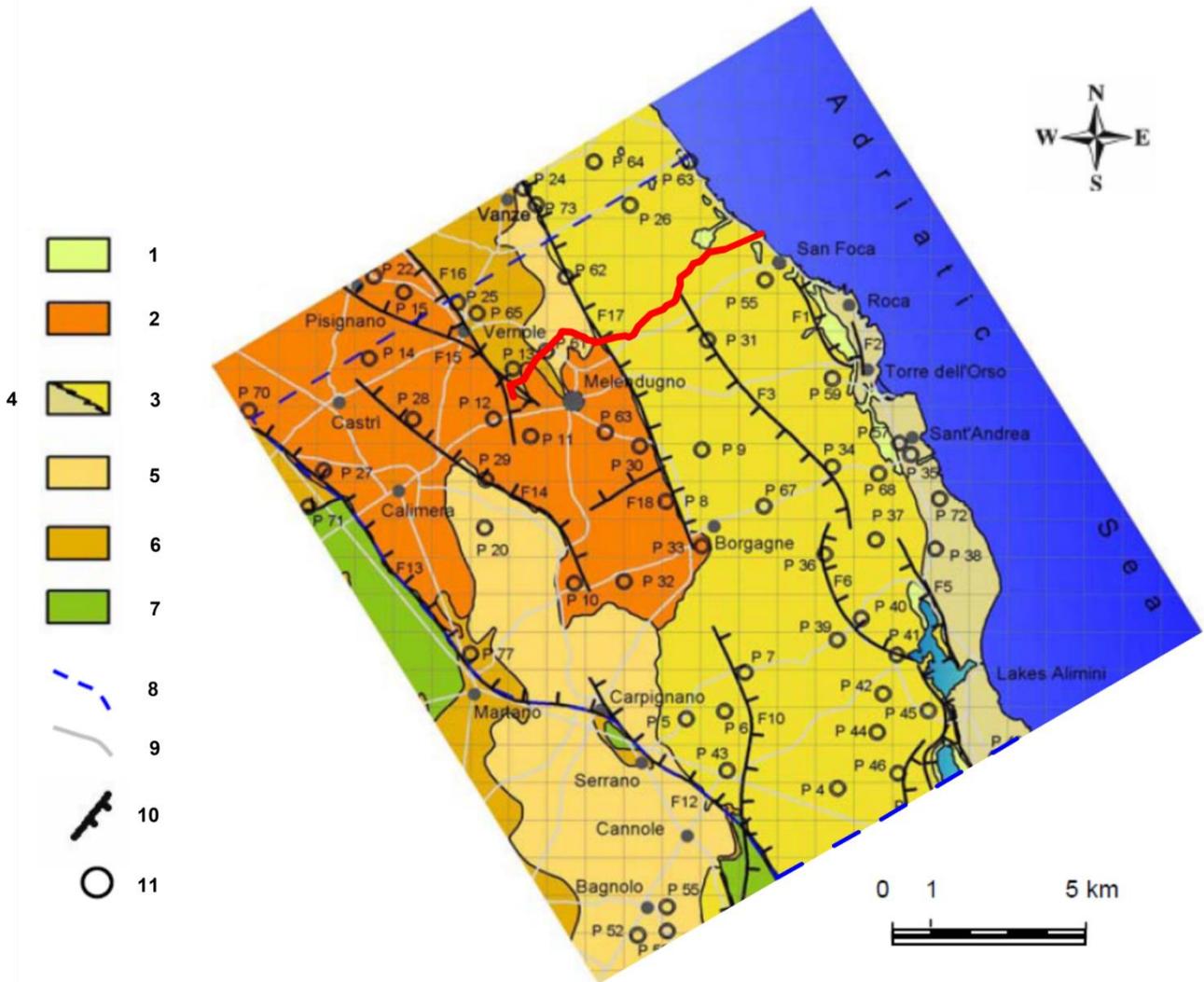


Figura 6 - *Mappa geologica. Bruno 2008, modificata.*

LEGENDA: (1) Sabbia alluvionale e argilla mista a sabbia (loam) (recenti); (2) Arenaria a grana grossa "Calcareniti di Gravina" (Plio-Pleistocene); (3) Sabbia detritica con strati di calcarenite interstratificati, "Calcareniti del Salento" (Pliocene inferiore); (4) Calcilutite glauconitica "Sabbie di Uggiano" (Pliocene); (5) Calcarenite a grana media con strati di calcare marnoso interstratificati "Calcarenite di Andrano" (Miocene superiore); (6) Calcarenite marnosa a grana fine "Pietra Leccese" (Miocene superiore); (7) Calcare e calcare dolomitico "Calcari di Altamura" (Cretaceo superiore); (8) contorno dell'area investigata; (9) strade principali; (10) faglie; (11) registrazioni (log) di trivellazione.

	PROGETTO TRANS ADRIATIC PIPELINE INGEGNERIA DI DETTAGLIO DEL CONDOTTO OFFSHORE				
	Commissa originatrice 022720 Doc. 01-LA-E-80018	Titolo Doc. Potenziale interferenza del microtunnel sull'assetto idrogeologico locale Nr. Doc. OPL00-SPF-200-G-TRX-0019			
	Contratto: 4502485266	CTR H02.05			

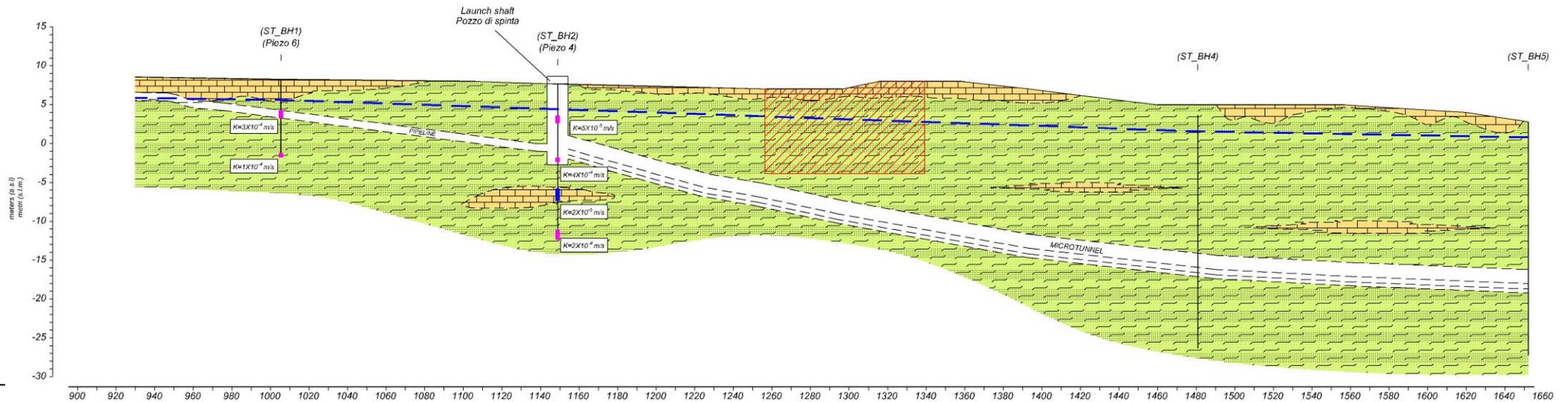


Figura 7 - Sezione idrogeologica del microtunnel, che attraversa ST BH1, ST BH2, ST BH4, ST BH5 (URS, 2015, modificata).

LEGENDA: calcareniti (giallo), sabbie (verde), superficie freatica (linea tratteggiata blu). Lungo le tracce dei fori di trivellazione sono segnati i risultati dei test idrogeologici. L'area tratteggiata in rosso è un'anomalia geofisica (alta resistività, bassa velocità sismica) .

	PROGETTO TRANS ADRIATIC PIPELINE INGEGNERIA DI DETTAGLIO DEL CONDOTTO OFFSHORE				
	Commissa originatrice 022720 Doc. 01-LA-E-80018	Titolo Doc. Approdo italiano Potenziale interferenza del microtunnel sull'assetto idrogeologico locale			
		Nr. Doc. OPL00-SPF-200-G-TRX-0019			
Contratto: 4502485266	CTR H02.05	LCI <input type="checkbox"/> Si <input checked="" type="checkbox"/> No	Rev. 00	Sh. 42 of 92	

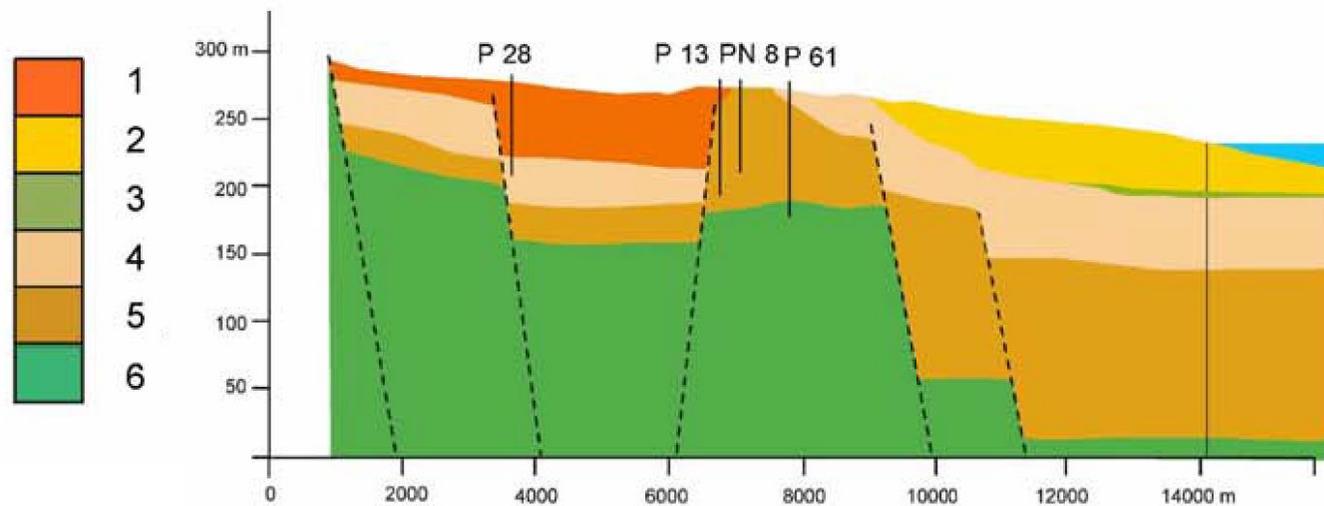
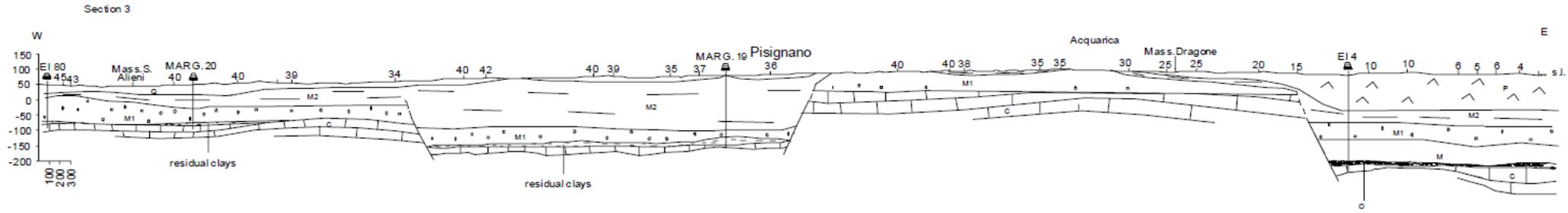


Figura 8 - Sezione trasversale est-ovest idrogeologica (situata a meno di 1 km a nord di S. Foca). Bruno 2008, modificata.

LEGENDA: (1) arenaria a grana grossa, (2) sabbia con strati di arenaria interstratificati, (3) argilla sabbiosa e marna argillosa, (4) calcarenite a grana media con strati di calcare marnoso interstratificati, (5) arenaria marnosa a grana fine, (6) calcare fratturato e calcare dolomitico.

	PROGETTO TRANS ADRIATIC PIPELINE INGEGNERIA DI DETTAGLIO DEL CONDOTTO OFFSHORE					
	Commessa originatrice 022720 Doc. 01-LA-E-80018	Titolo Doc.	Approdo italiano Potenziale interferenza del microtunnel sull'assetto idrogeologico locale			
		Nr. Doc.	OPL00-SPF-200-G-TRX-0019			
Contratto: 4502485266	CTR H02.05	LCI	<input type="checkbox"/> Si <input checked="" type="checkbox"/> No	Rev. 00	Sh. 43 of 92	



	well
	fault
	Q: Gravina Calcarente (Pleistocene)
	P: Leuca Formation and Uggiano La Chlesa Formation (Lower-Upper Pliocene)
	M2: Andrano Calcarente (Upper Miocene)
	M1: Pietra Iccese (Lower-Upper Miocene)
	M: Lecce Formation (Upper Oligocene-Lower Miocene)
	O: Galatone Formation (Upper Oligocene)
	C: Altamura Limestone (Cretaceous)

Figura 9 - Sezione trasversale idrogeologica (situata circa 2 km a nord di S. Foca). Margiotta 2005, modificato.

	PROGETTO TRANS ADRIATIC PIPELINE INGEGNERIA DI DETTAGLIO DEL CONDOTTO OFFSHORE					
	Commessa originatrice 022720 Doc. 01-LA-E-80018	Titolo Doc.	Approdo italiano Potenziale interferenza del microtunnel sull'assetto idrogeologico locale			
		Nr. Doc.	OPL00-SPF-200-G-TRX-0019			
Contratto: 4502485266	CTR H02.05	LCI	<input type="checkbox"/> SI <input checked="" type="checkbox"/> NO	Rev. 00	Sh. 44 of 92	

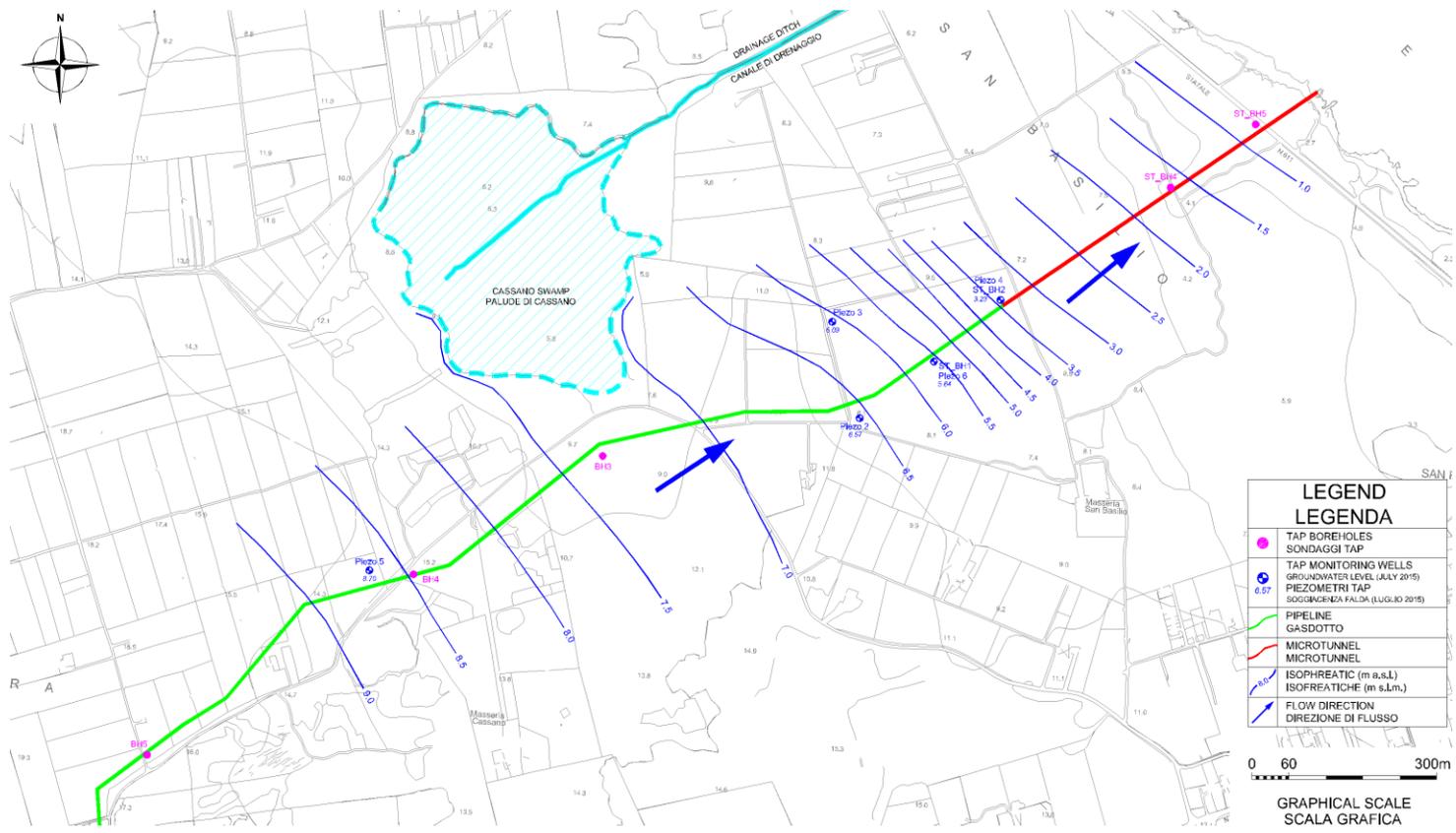


Figura 10 – Carta piezometrica (URS, 2015).

	PROGETTO TRANS ADRIATIC PIPELINE INGEGNERIA DI DETTAGLIO DEL CONDOTTO OFFSHORE					
	Commessa originatrice 022720 Doc. 01-LA-E-80018	Titolo Doc.	Approdo italiano Potenziale interferenza del microtunnel sull'assetto idrogeologico locale			 Trans Adriatic Pipeline
Nr. Doc.		OPL00-SPF-200-G-TRX-0019				
Contratto: 4502485266		CTR H02.05	LCI	<input type="checkbox"/> Si <input checked="" type="checkbox"/> No	Rev. 00	Sh. 45 of 92

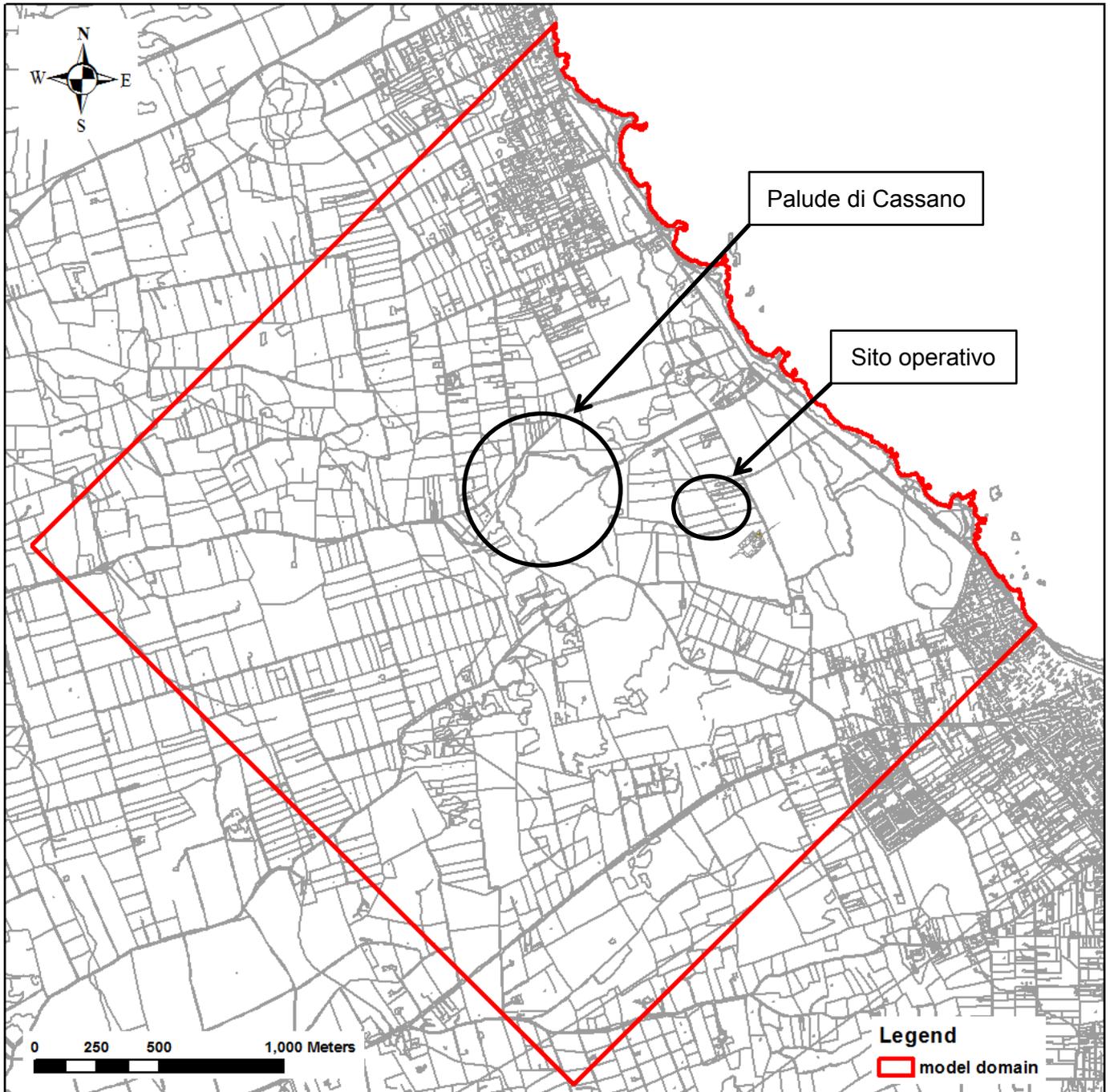


Figura 11 - Dominio di calcolo del modello numerico

	PROGETTO TRANS ADRIATIC PIPELINE INGEGNERIA DI DETTAGLIO DEL CONDOTTO OFFSHORE				
Commessa originatrice 022720 Doc. 01-LA-E-80018	Titolo Doc.	Approdo italiano Potenziale interferenza del microtunnel sull'assetto idrogeologico locale		 Trans Adriatic Pipeline	
	Nr. Doc.	OPL00-SPF-200-G-TRX-0019			
Contratto: 4502485266		CTR H02.05	LCI <input type="checkbox"/> Si <input checked="" type="checkbox"/> No	Rev. 00	Sh. 46 of 92

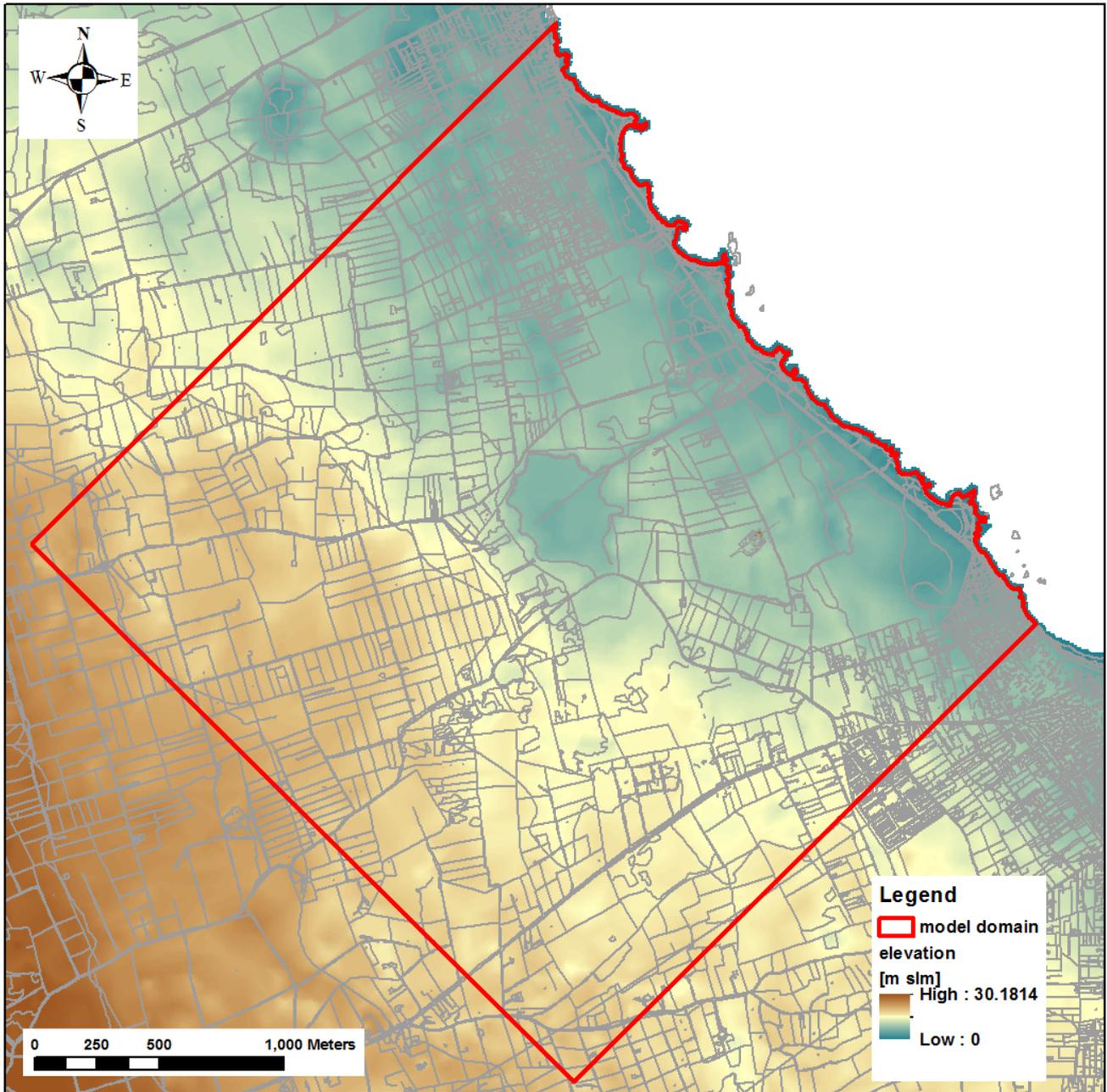


Figura 12 - Modello Digitale del Terreno

	PROGETTO TRANS ADRIATIC PIPELINE INGEGNERIA DI DETTAGLIO DEL CONDOTTO OFFSHORE			
Commessa originatrice 022720 Doc. 01-LA-E-80018	Titolo Doc.	Approdo italiano Potenziale interferenza del microtunnel sull'assetto idrogeologico locale		 Trans Adriatic Pipeline
	Nr. Doc.	OPL00-SPF-200-G-TRX-0019		
Contratto: 4502485266		CTR H02.05	LCI <input type="checkbox"/> Si <input checked="" type="checkbox"/> No	Rev. 00 Sh. 47 of 92

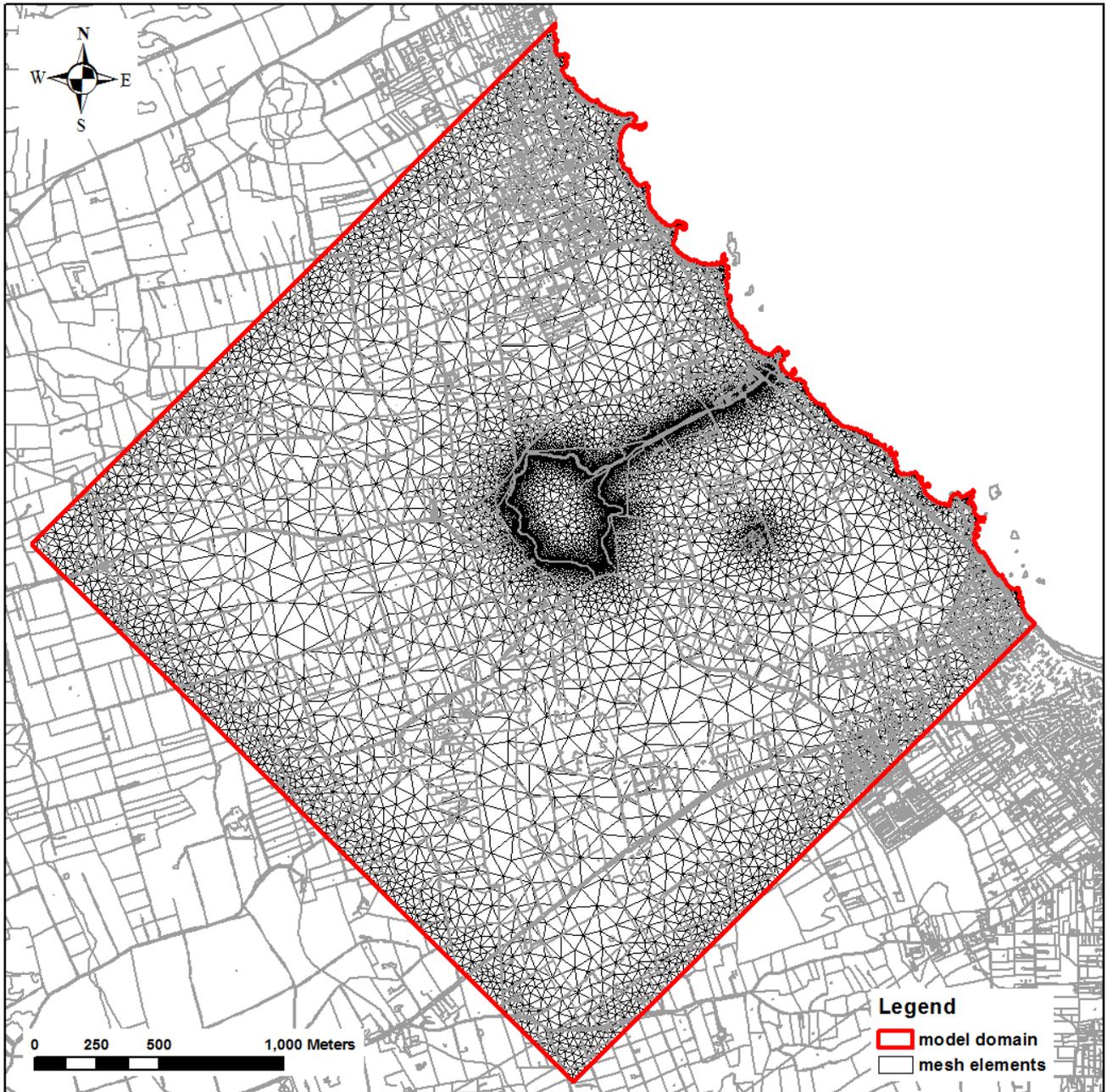


Figura 13 - Mesh triangolare

	PROGETTO TRANS ADRIATIC PIPELINE INGEGNERIA DI DETTAGLIO DEL CONDOTTO OFFSHORE					
	Commessa originatrice 022720 Doc. 01-LA-E-80018	Titolo Doc.	Approdo italiano Potenziale interferenza del microtunnel sull'assetto idrogeologico locale			 Trans Adriatic Pipeline
		Nr. Doc.	OPL00-SPF-200-G-TRX-0019			
Contratto: 4502485266		CTR H02.05	LCI	<input type="checkbox"/> Si <input checked="" type="checkbox"/> No	Rev. 00	Sh. 48 of 92

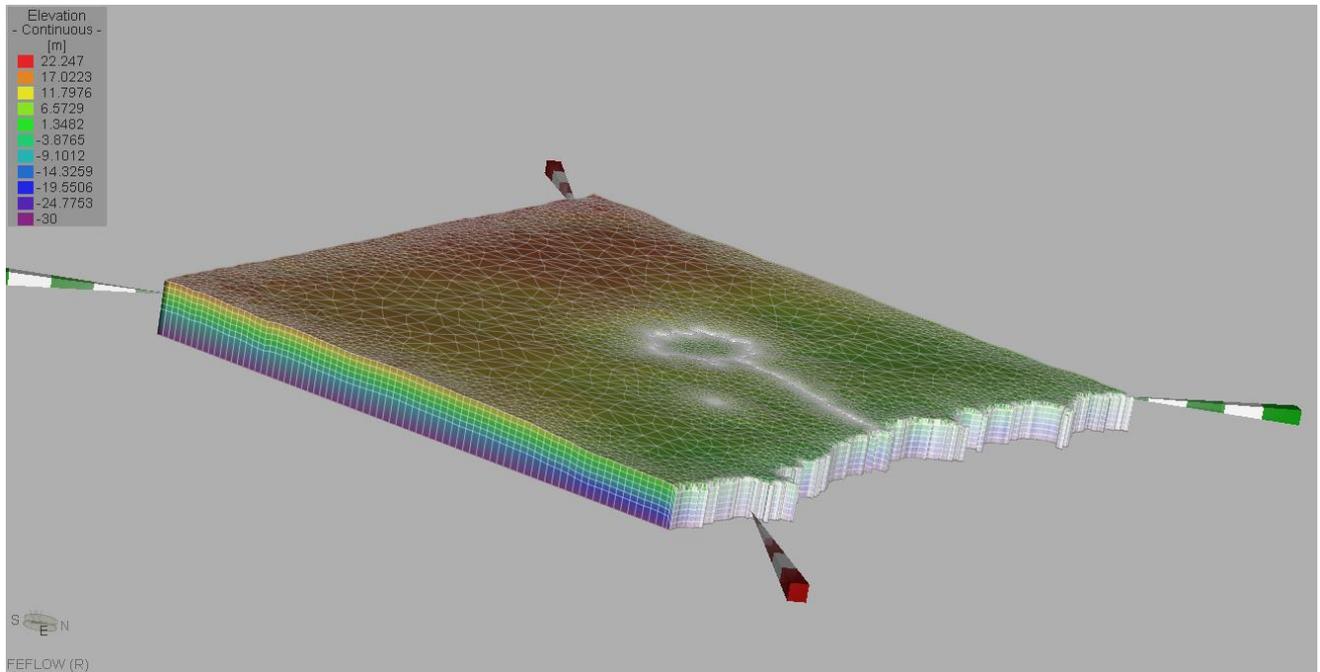


Figura 14 - Vista 3D della mesh triangolare (esagerazione verticale 5:1)

	PROGETTO TRANS ADRIATIC PIPELINE INGEGNERIA DI DETTAGLIO DEL CONDOTTO OFFSHORE			
Commessa originatrice 022720 Doc. 01-LA-E-80018	Titolo Doc.	Approdo italiano Potenziale interferenza del microtunnel sull'assetto idrogeologico locale		 Trans Adriatic Pipeline
	Nr. Doc.	OPL00-SPF-200-G-TRX-0019		
Contratto: 4502485266		CTR H02.05	LCI <input type="checkbox"/> Si <input checked="" type="checkbox"/> No	Rev. 00 Sh. 49 of 92

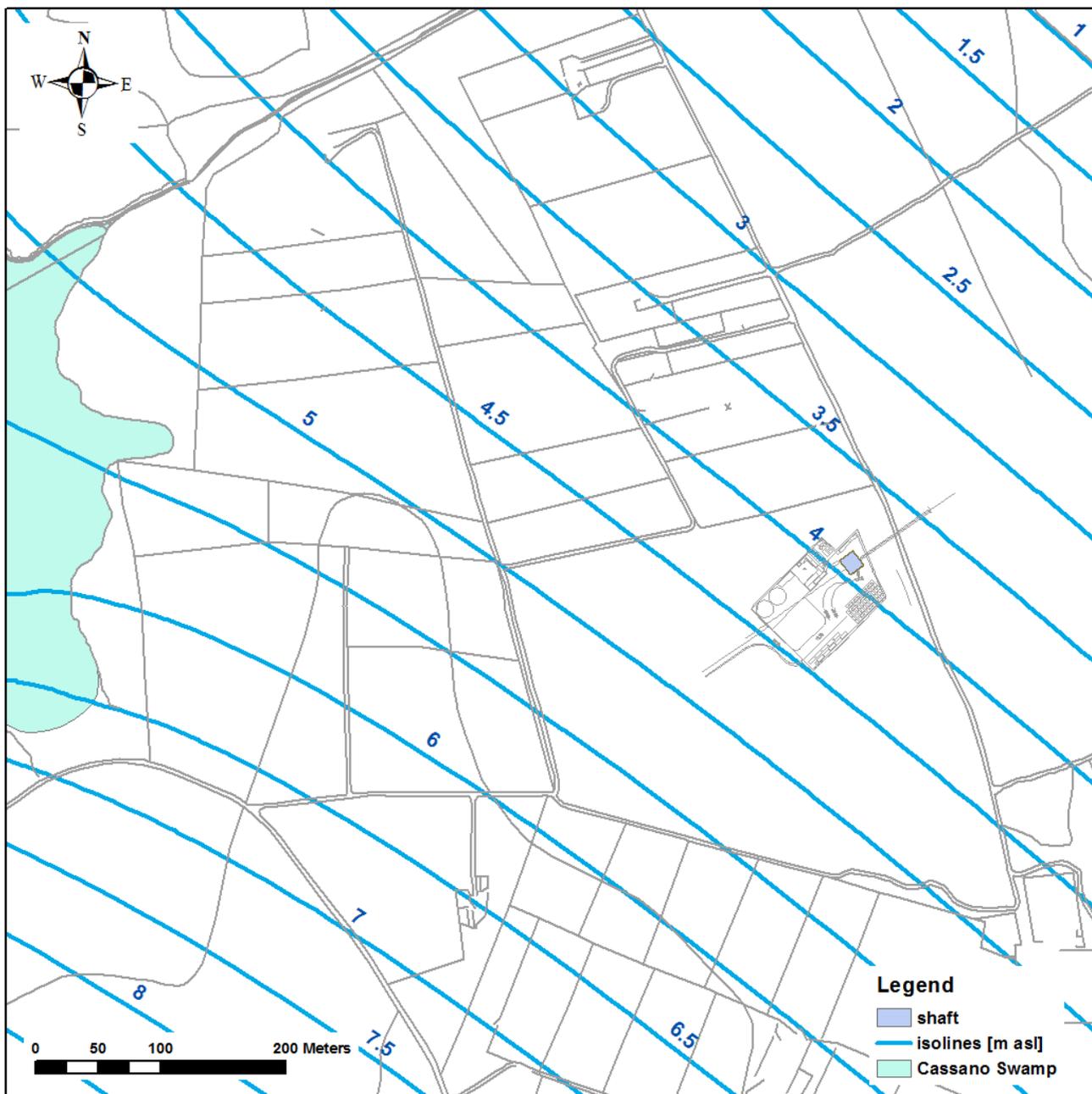


Figura 15 - Piezometria dello scenario 1



**PROGETTO TRANS ADRIATIC PIPELINE
INGEGNERIA DI DETTAGLIO DEL CONDOTTO
OFFSHORE**



Commessa
originatrice 022720
Doc. **01-LA-E-80018**

Titolo Doc. **Approdo italiano
Potenziale interferenza del microtunnel
sull'assetto idrogeologico locale**

Nr. Doc. **OPL00-SPF-200-G-TRX-0019**



Contratto: 4502485266

CTR H02.05

LCI SI
 NO

Rev. 00

Sh. 50 of 92

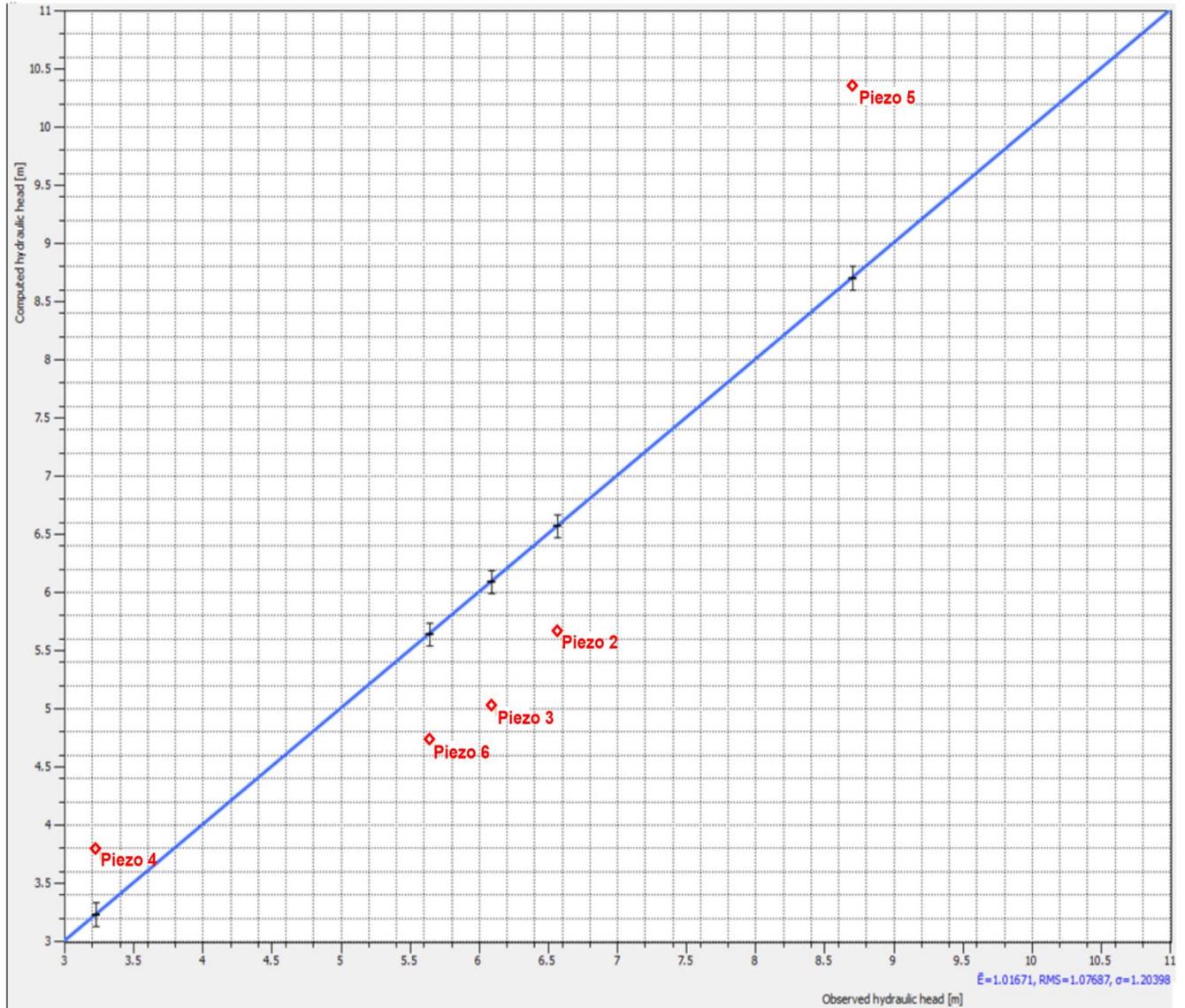


Figura 16 - Scatter plot relativo alla simulazione dello scenario 1 (valori in m slm)

	PROGETTO TRANS ADRIATIC PIPELINE INGEGNERIA DI DETTAGLIO DEL CONDOTTO OFFSHORE				
	Commessa originatrice 022720 Doc. 01-LA-E-80018	Titolo Doc. Approdo italiano Potenziale interferenza del microtunnel sull'assetto idrogeologico locale	Nr. Doc. OPL00-SPF-200-G-TRX-0019		 Trans Adriatic Pipeline
Contratto: 4502485266		CTR H02.05	LCI <input type="checkbox"/> Si <input checked="" type="checkbox"/> No	Rev. 00	

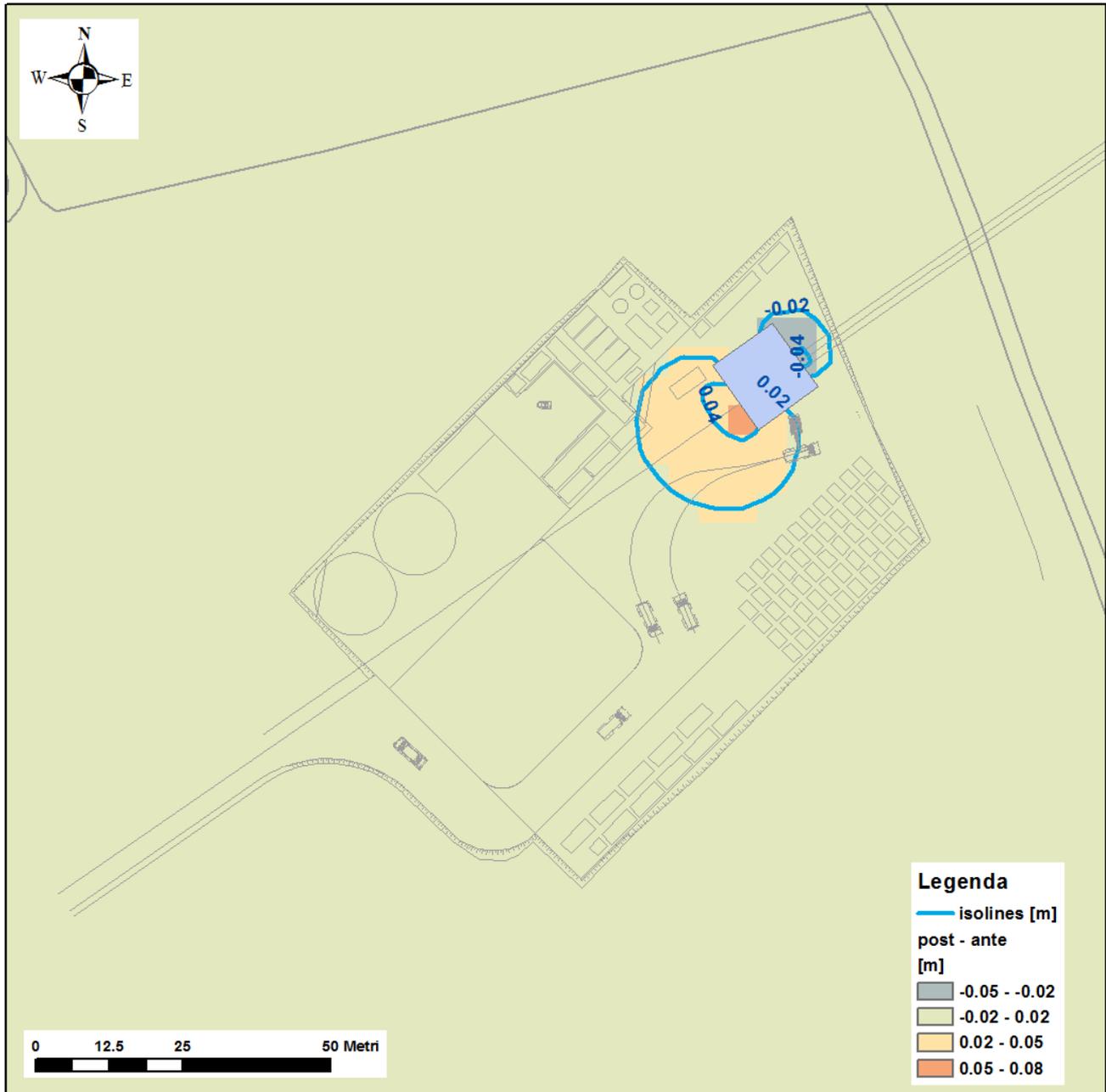


Figura 17 - Post-operam vs. ante-operam (valori in metri) per scenario 1a

	PROGETTO TRANS ADRIATIC PIPELINE INGEGNERIA DI DETTAGLIO DEL CONDOTTO OFFSHORE				
Commessa originatrice 022720 Doc. 01-LA-E-80018	Titolo Doc.	Approdo italiano Potenziale interferenza del microtunnel sull'assetto idrogeologico locale		 Trans Adriatic Pipeline	
	Nr. Doc.	OPL00-SPF-200-G-TRX-0019			
Contratto: 4502485266		CTR H02.05	LCI <input type="checkbox"/> Si <input checked="" type="checkbox"/> No	Rev. 00	Sh. 52 of 92

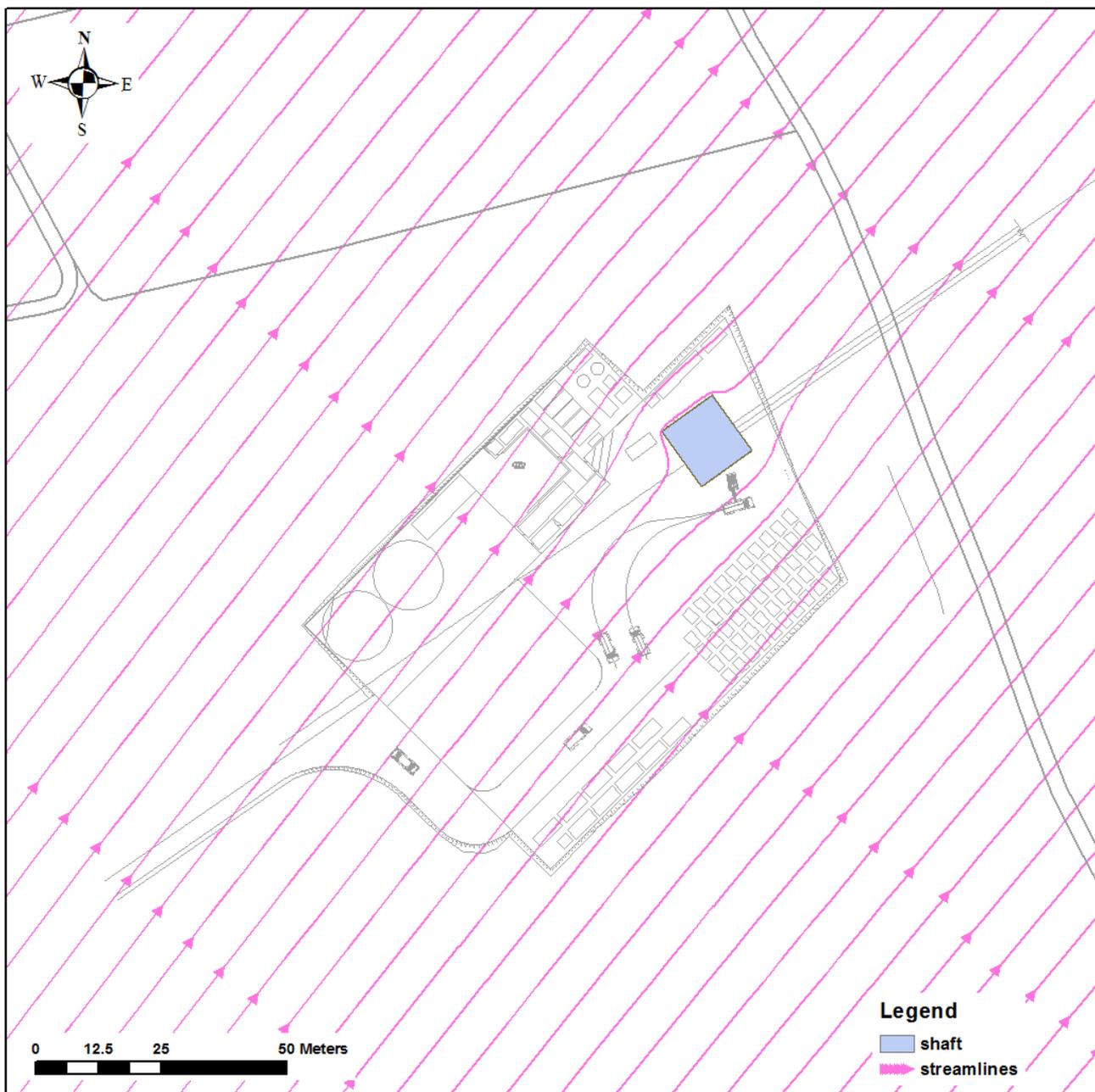


Figura 18 - Linee di flusso in prossimità dello scavo nello scenario 1a

	PROGETTO TRANS ADRIATIC PIPELINE INGEGNERIA DI DETTAGLIO DEL CONDOTTO OFFSHORE				
Commessa originatrice 022720 Doc. 01-LA-E-80018	Titolo Doc.	Approdo italiano Potenziale interferenza del microtunnel sull'assetto idrogeologico locale		 Trans Adriatic Pipeline	
	Nr. Doc.	OPL00-SPF-200-G-TRX-0019			
Contratto: 4502485266		CTR H02.05	LCI <input type="checkbox"/> Si <input checked="" type="checkbox"/> No	Rev. 00	Sh. 53 of 92

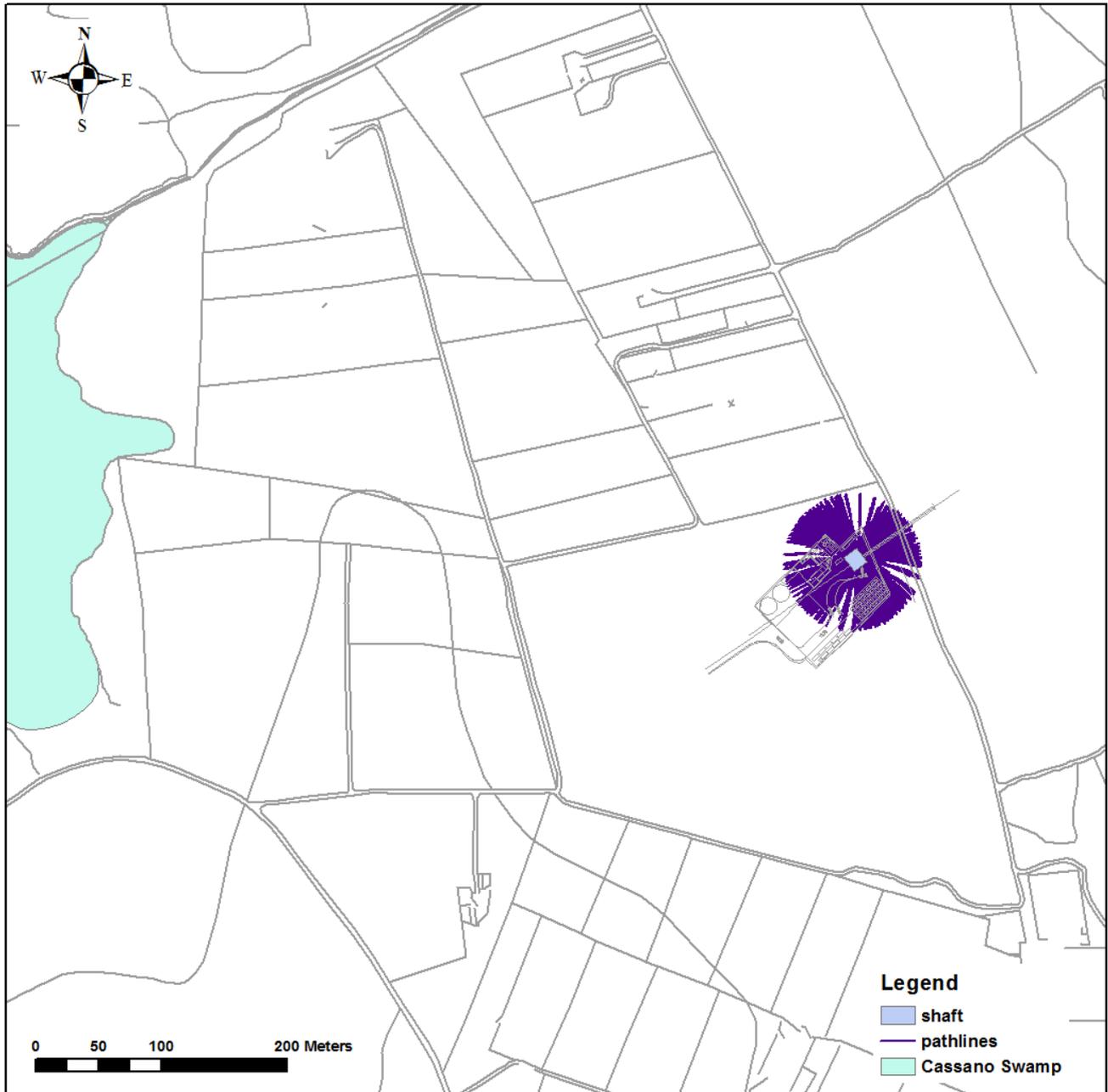


Figura 19 - Vista in pianta delle linee di flusso verso il pozzo durante il periodo di pompaggio (30 gg) per lo scenario 1b

	PROGETTO TRANS ADRIATIC PIPELINE INGEGNERIA DI DETTAGLIO DEL CONDOTTO OFFSHORE				 Statoil	
Commessa originatrice 022720 Doc. 01-LA-E-80018	Titolo Doc.	Approdo italiano Potenziale interferenza del microtunnel sull'assetto idrogeologico locale				 Trans Adriatic Pipeline
	Nr. Doc.	OPL00-SPF-200-G-TRX-0019				
Contratto: 4502485266		CTR H02.05	LCI <input type="checkbox"/> Si <input checked="" type="checkbox"/> No	Rev. 00	Sh. 54 of 92	

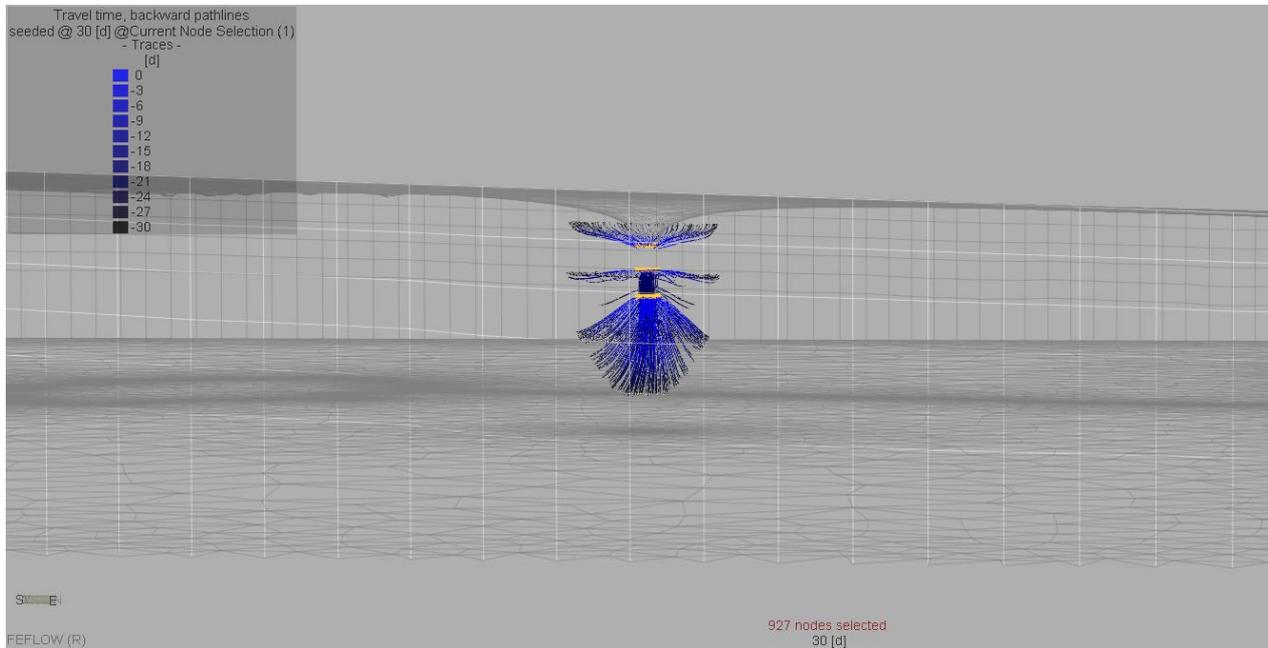


Figura 20 - Vista 3D delle linee di flusso verso il pozzo durante il periodo di pompaggio (30 gg) per lo scenario 1b (esagerazione verticale 5:1)

	PROGETTO TRANS ADRIATIC PIPELINE INGEGNERIA DI DETTAGLIO DEL CONDOTTO OFFSHORE			
Commessa originatrice 022720 Doc. 01-LA-E-80018	Titolo Doc.	Approdo italiano Potenziale interferenza del microtunnel sull'assetto idrogeologico locale		 Trans Adriatic Pipeline
	Nr. Doc.	OPL00-SPF-200-G-TRX-0019		
Contratto: 4502485266		CTR H02.05	LCI <input type="checkbox"/> Si <input checked="" type="checkbox"/> No	Rev. 00 Sh. 55 of 92

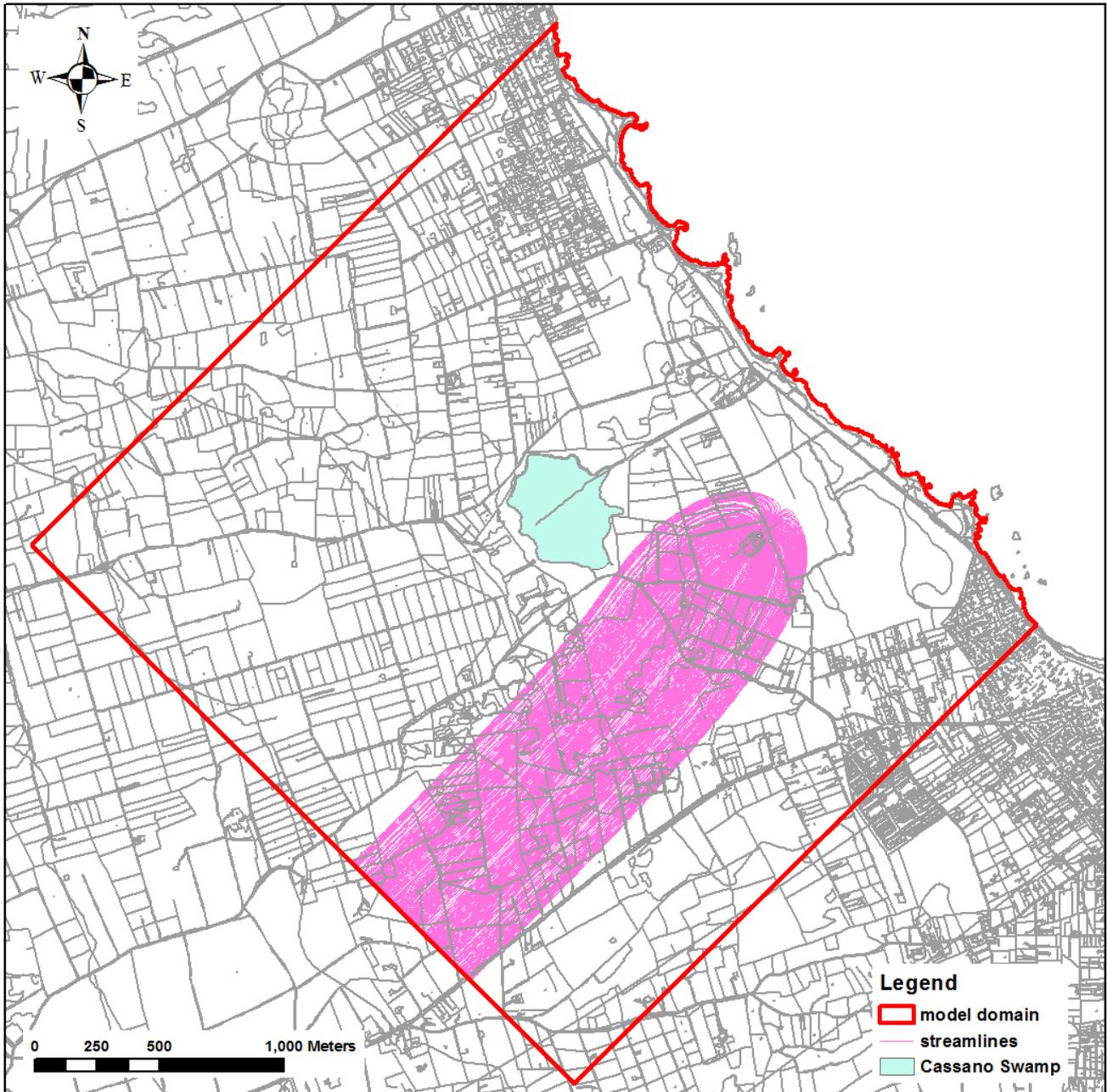


Figura 21 - Vista in pianta delle linee di flusso verso il pozzo nella simulazione in condizioni stazionarie per lo scenario 1b

	PROGETTO TRANS ADRIATIC PIPELINE INGEGNERIA DI DETTAGLIO DEL CONDOTTO OFFSHORE				
	Commessa originatrice 022720 Doc. 01-LA-E-80018	Titolo Doc. Approdo italiano Potenziale interferenza del microtunnel sull'assetto idrogeologico locale	 Trans Adriatic Pipeline		
Nr. Doc. OPL00-SPF-200-G-TRX-0019		Contratto: 4502485266	CTR H02.05	LCI <input type="checkbox"/> Si <input checked="" type="checkbox"/> No	Rev. 00 Sh. 56 of 92

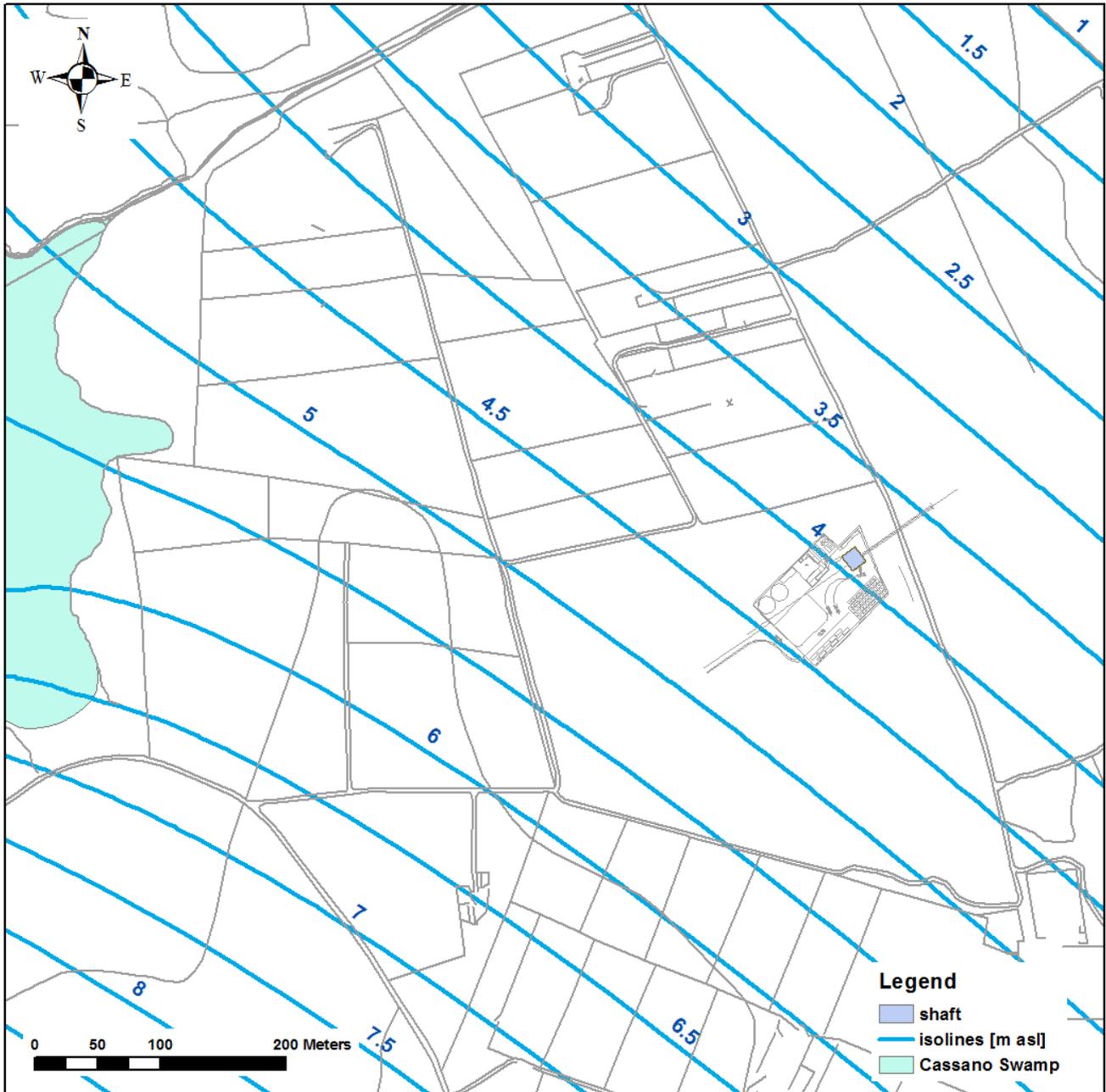


Figura 22 - Piezometria dello scenario 2

 SAIPEM	PROGETTO TRANS ADRIATIC PIPELINE INGEGNERIA DI DETTAGLIO DEL CONDOTTO OFFSHORE			 Statoil		
	Commissa originatrice 022720 Doc. 01-LA-E-80018	Titolo Doc.	Approdo italiano Potenziale interferenza del microtunnel sull'assetto idrogeologico locale			 Trans Adriatic Pipeline
		Nr. Doc.	OPL00-SPF-200-G-TRX-0019			
Contratto: 4502485266		CTR H02.05	LCI	<input type="checkbox"/> Si <input checked="" type="checkbox"/> No	Rev. 00 Sh. 57 of 92	

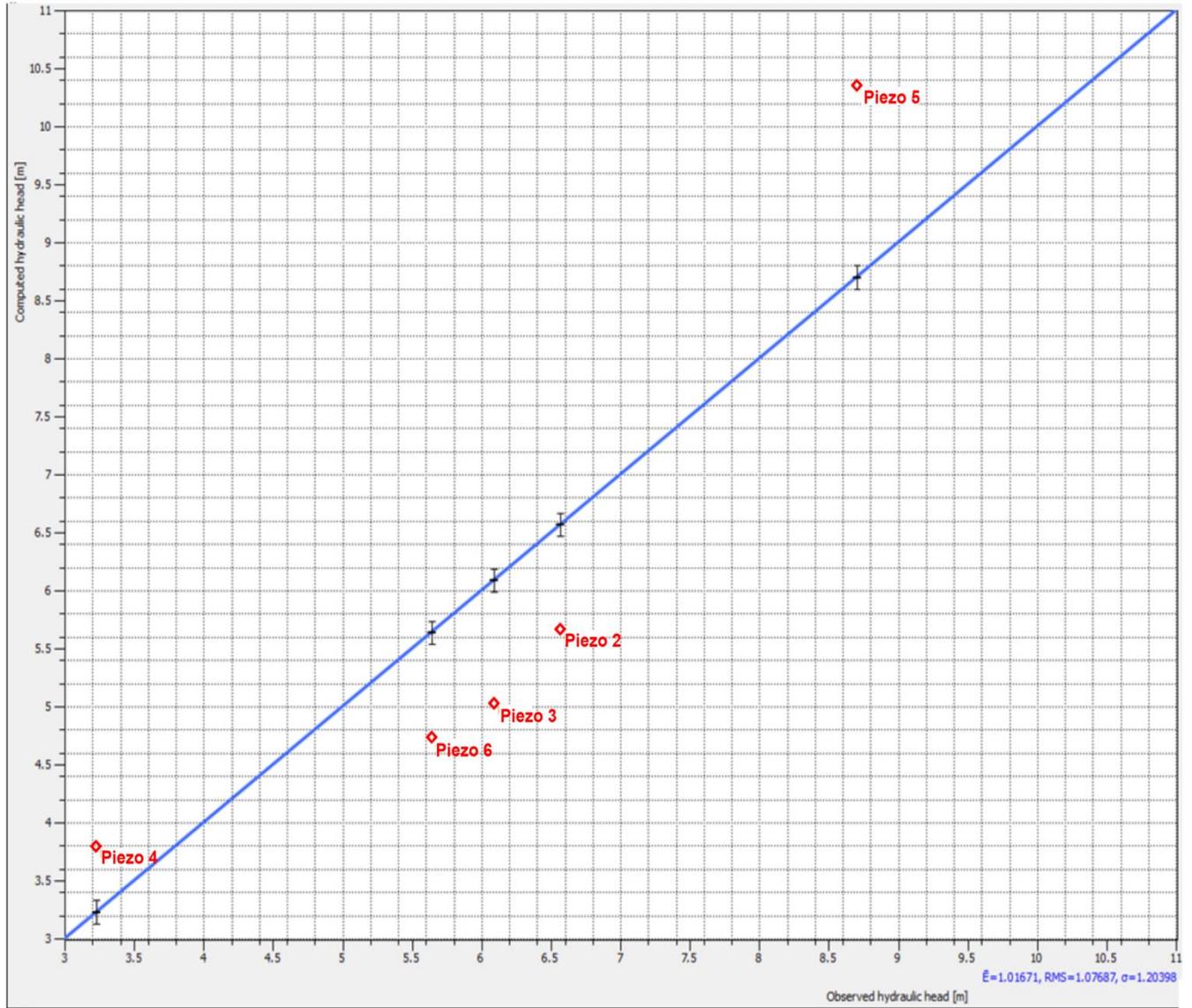


Figura 23 - Scatter plot relativo alla simulazione dello scenario 2 (valori in m slm)

	PROGETTO TRANS ADRIATIC PIPELINE INGEGNERIA DI DETTAGLIO DEL CONDOTTO OFFSHORE				
	Commessa originatrice 022720 Doc. 01-LA-E-80018	Titolo Doc. Approdo italiano Potenziale interferenza del microtunnel sull'assetto idrogeologico locale			
	Nr. Doc. OPL00-SPF-200-G-TRX-0019	Contratto: 4502485266	CTR H02.05	LCI <input type="checkbox"/> Si <input checked="" type="checkbox"/> No	Rev. 00 Sh. 58 of 92

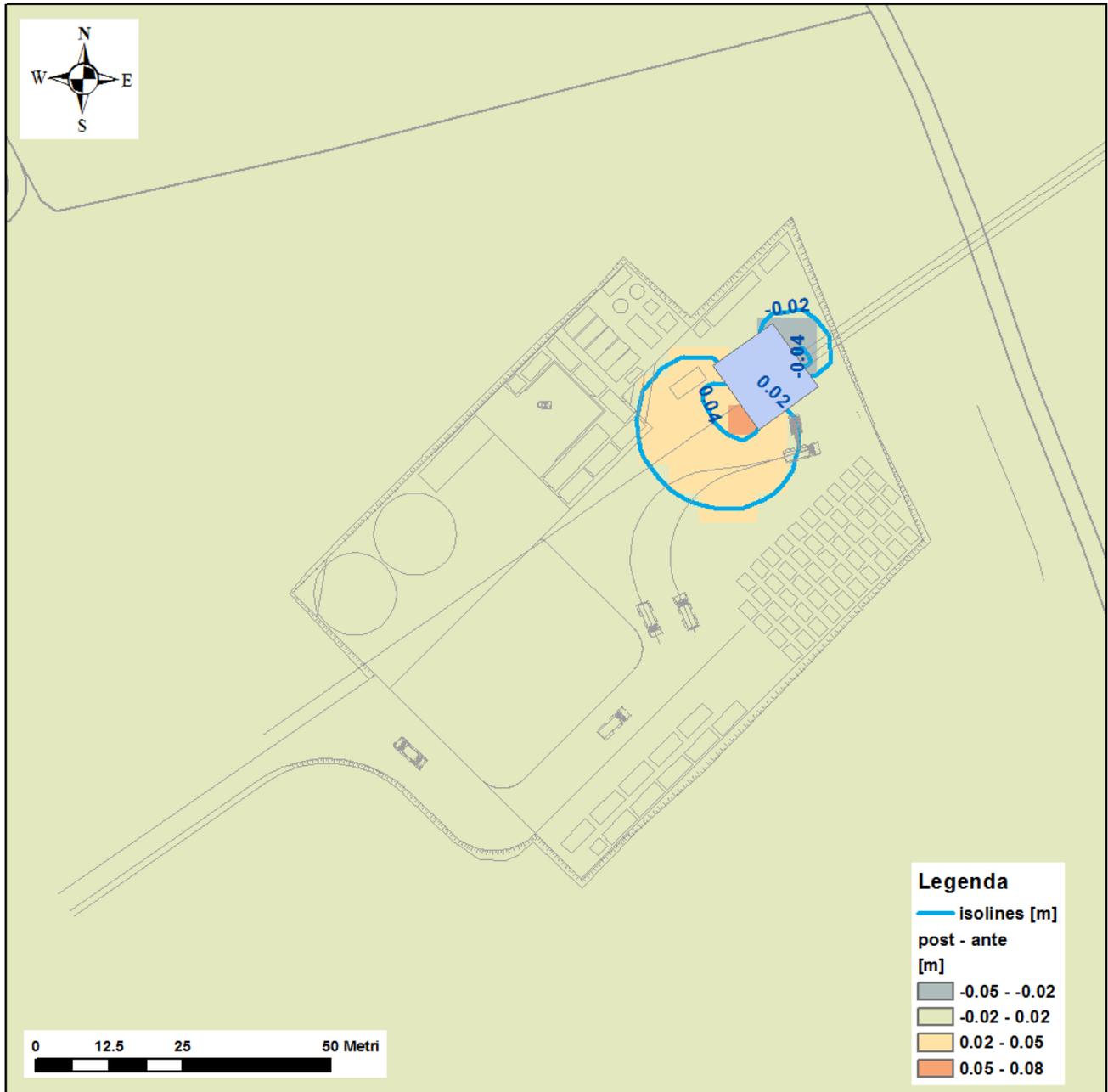


Figura 24 - Post-operam vs. ante-operam (valori in metri) per scenario 2a

	PROGETTO TRANS ADRIATIC PIPELINE INGEGNERIA DI DETTAGLIO DEL CONDOTTO OFFSHORE				
	Commessa originatrice 022720 Doc. 01-LA-E-80018	Titolo Doc. Approdo italiano Potenziale interferenza del microtunnel sull'assetto idrogeologico locale	Nr. Doc. OPL00-SPF-200-G-TRX-0019		 Trans Adriatic Pipeline
Contratto: 4502485266		CTR H02.05	LCI <input type="checkbox"/> Si <input checked="" type="checkbox"/> No	Rev. 00	

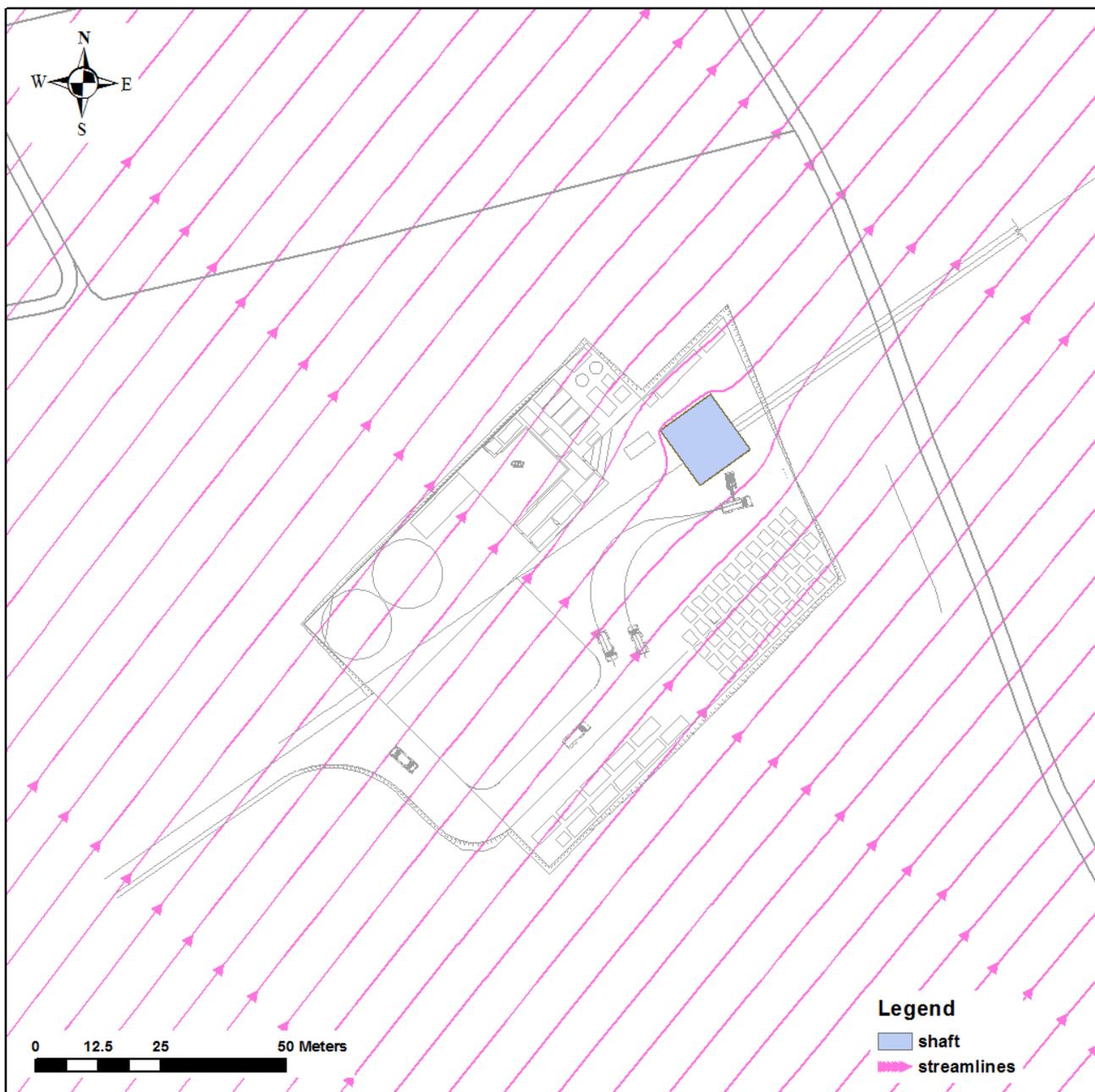


Figura 25 - Linee di flusso in prossimità dello scavo nello scenario 2a

	PROGETTO TRANS ADRIATIC PIPELINE INGEGNERIA DI DETTAGLIO DEL CONDOTTO OFFSHORE			
Commessa originatrice 022720 Doc. 01-LA-E-80018	Titolo Doc.	Approdo italiano Potenziale interferenza del microtunnel sull'assetto idrogeologico locale		 Trans Adriatic Pipeline
	Nr. Doc.	OPL00-SPF-200-G-TRX-0019		
Contratto: 4502485266		CTR H02.05	LCI <input type="checkbox"/> Si <input checked="" type="checkbox"/> No	Rev. 00 Sh. 60 of 92

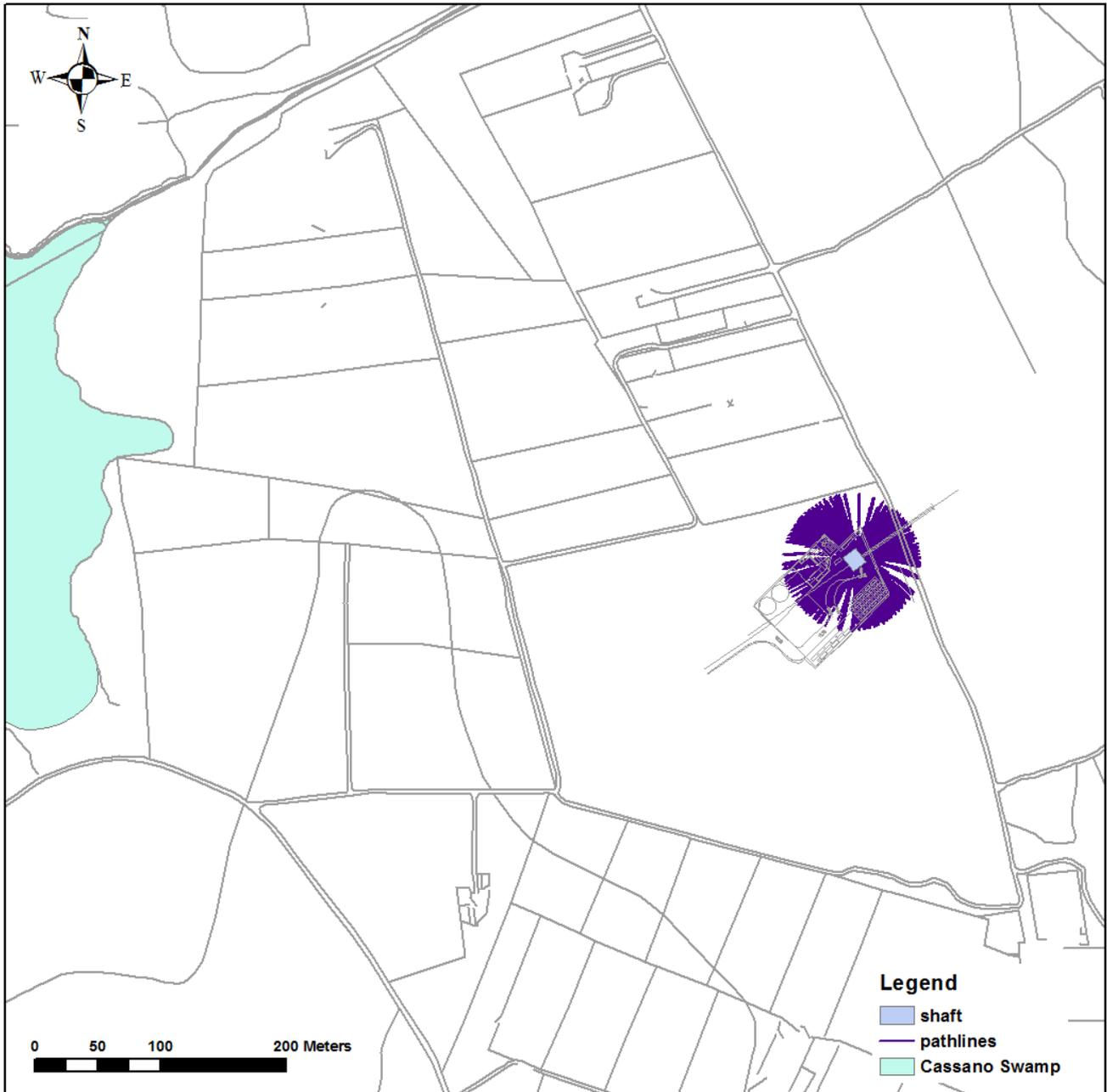


Figura 26 - Vista in pianta delle linee di flusso verso il pozzo durante il periodo di pompaggio (30 gg) per lo scenario 2b

	PROGETTO TRANS ADRIATIC PIPELINE INGEGNERIA DI DETTAGLIO DEL CONDOTTO OFFSHORE				 Statoil	
Commessa originatrice 022720 Doc. 01-LA-E-80018	Titolo Doc.	Approdo italiano Potenziale interferenza del microtunnel sull'assetto idrogeologico locale				 Trans Adriatic Pipeline
	Nr. Doc.	OPL00-SPF-200-G-TRX-0019				
Contratto: 4502485266		CTR H02.05	LCI <input type="checkbox"/> Si <input checked="" type="checkbox"/> No	Rev. 00	Sh. 61 of 92	

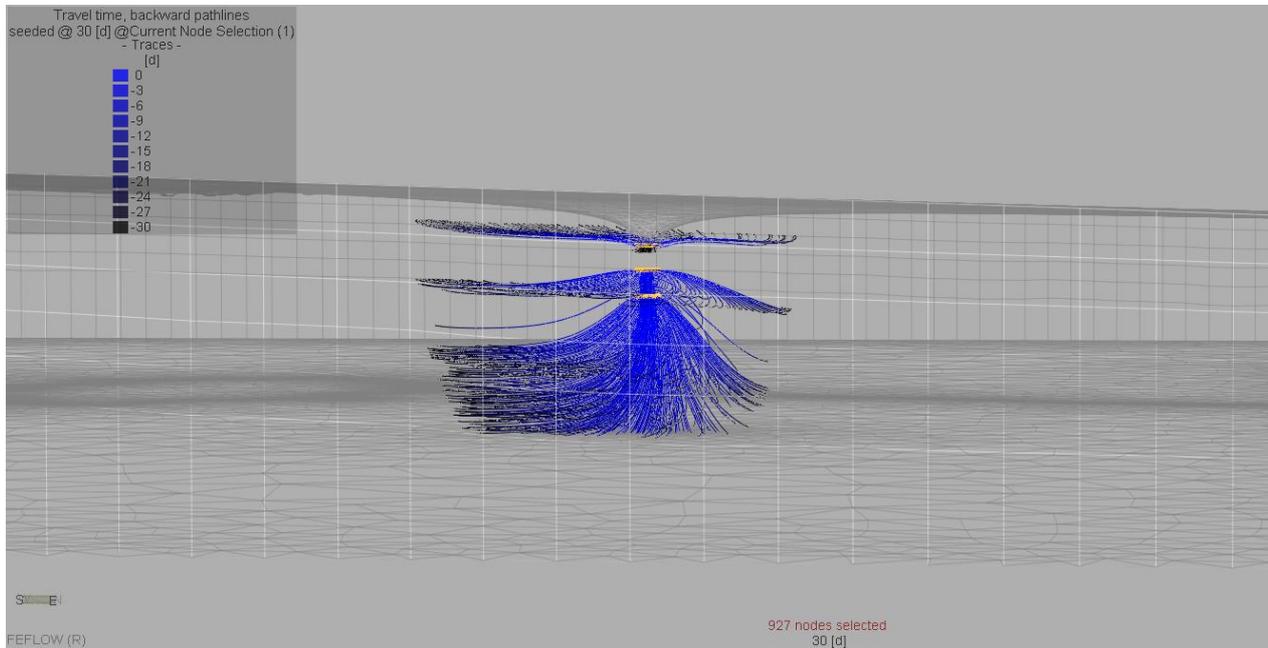


Figura 27 - Vista 3D delle linee di flusso verso il pozzo durante il periodo di pompaggio (30 gg) per lo scenario 2b (esagerazione verticale 5:1)

	PROGETTO TRANS ADRIATIC PIPELINE INGEGNERIA DI DETTAGLIO DEL CONDOTTO OFFSHORE			
Commessa originatrice 022720 Doc. 01-LA-E-80018	Titolo Doc.	Approdo italiano Potenziale interferenza del microtunnel sull'assetto idrogeologico locale		 Trans Adriatic Pipeline
	Nr. Doc.	OPL00-SPF-200-G-TRX-0019		
Contratto: 4502485266		CTR H02.05	LCI <input type="checkbox"/> Si <input checked="" type="checkbox"/> No	Rev. 00 Sh. 62 of 92

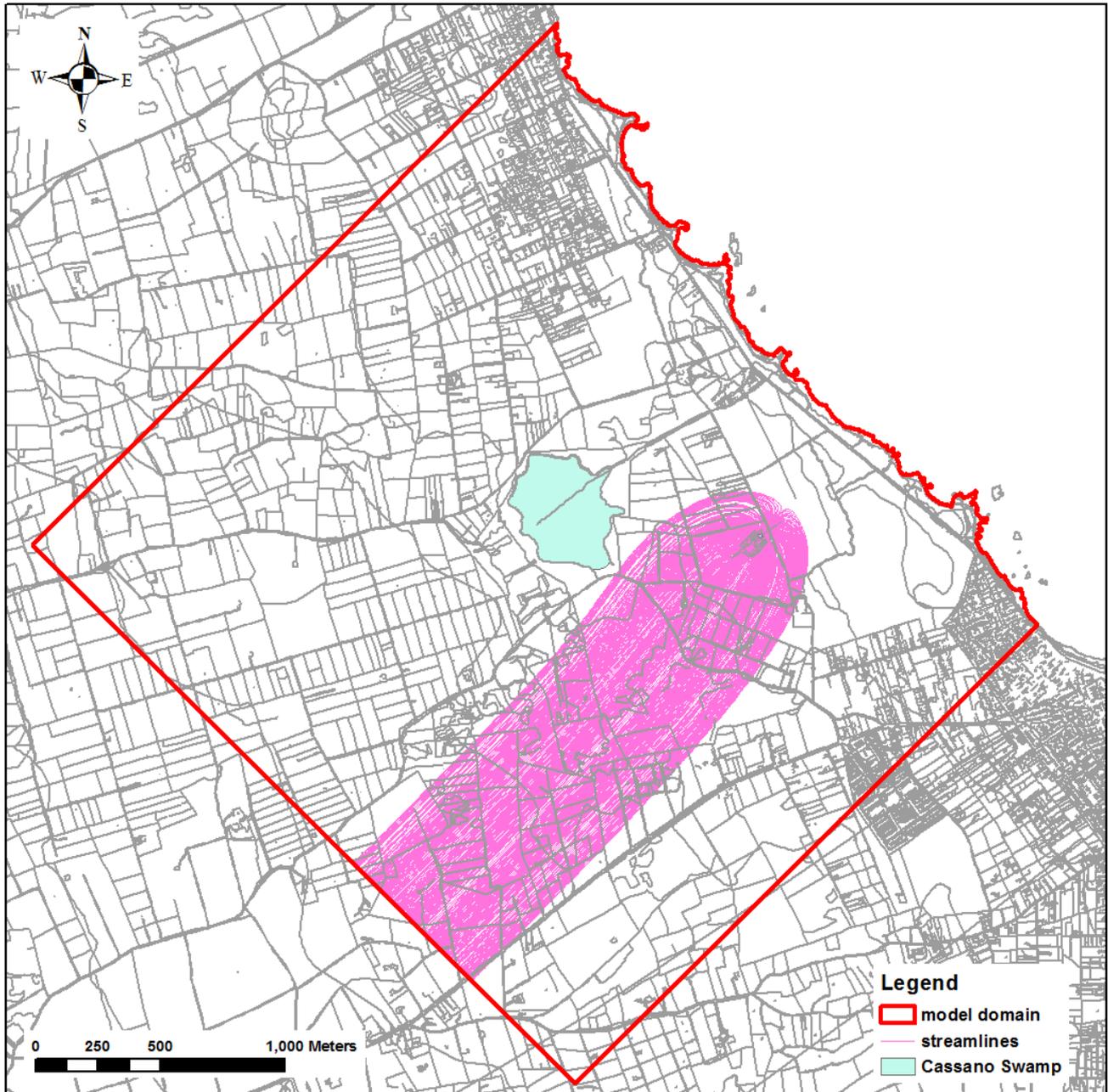


Figura 28 - Vista in pianta delle linee di flusso verso il pozzo nella simulazione in condizioni stazionarie per lo scenario 2b

	PROGETTO TRANS ADRIATIC PIPELINE INGEGNERIA DI DETTAGLIO DEL CONDOTTO OFFSHORE			
Commessa originatrice 022720 Doc. 01-LA-E-80018	Titolo Doc.	Approdo italiano Potenziale interferenza del microtunnel sull'assetto idrogeologico locale		 Trans Adriatic Pipeline
	Nr. Doc.	OPL00-SPF-200-G-TRX-0019		
Contratto: 4502485266		CTR H02.05	LCI <input type="checkbox"/> Si <input checked="" type="checkbox"/> No	Rev. 00 Sh. 63 of 92

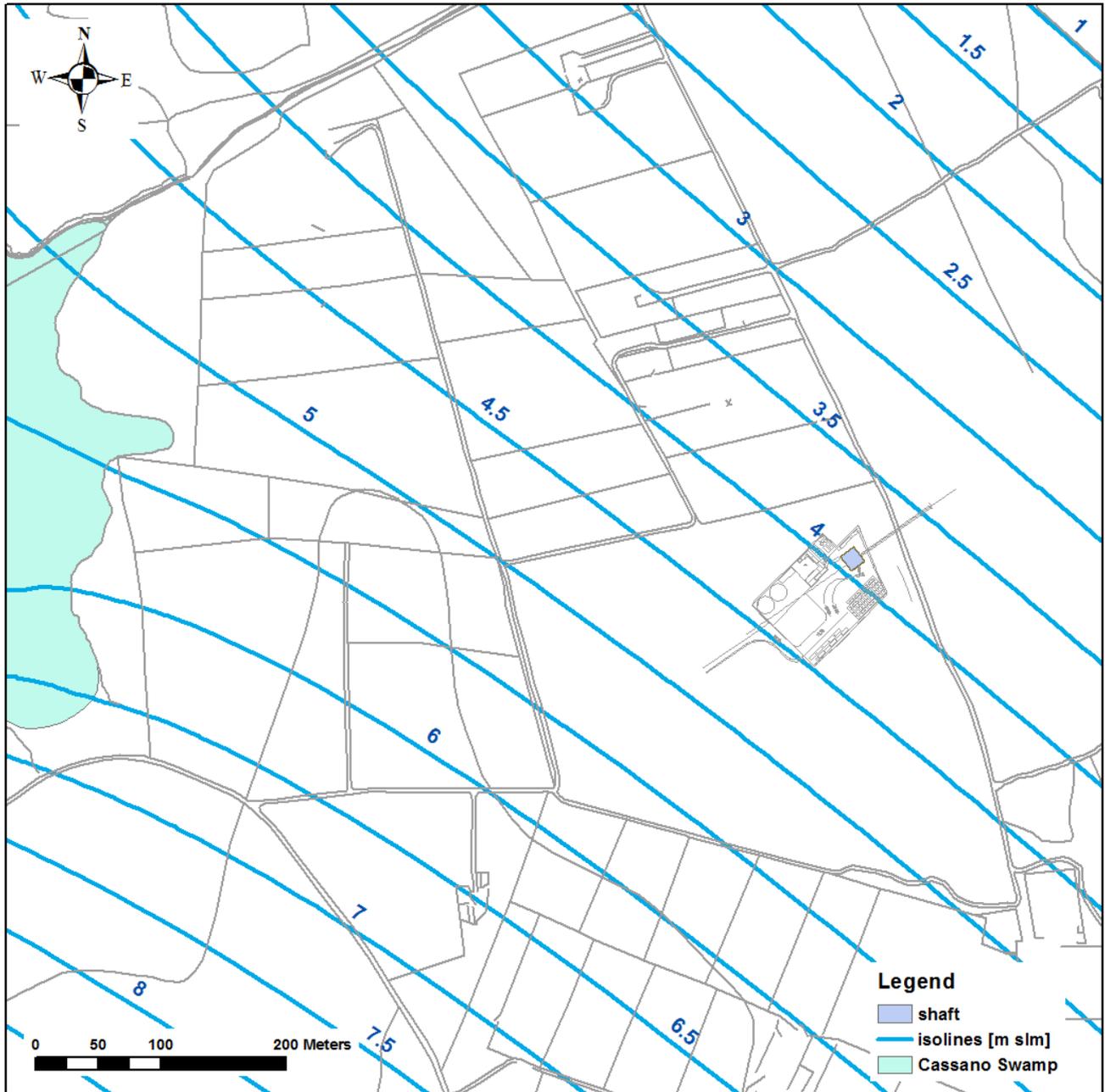


Figura 29 - Piezometria dello scenario 3



**PROGETTO TRANS ADRIATIC PIPELINE
INGEGNERIA DI DETTAGLIO DEL CONDOTTO
OFFSHORE**



Commessa
originatrice 022720
Doc. **01-LA-E-80018**

Titolo Doc. **Approdo italiano
Potenziale interferenza del microtunnel
sull'assetto idrogeologico locale**

Nr. Doc. **OPL00-SPF-200-G-TRX-0019**



Contratto: 4502485266

CTR H02.05

LCI Si
 No

Rev. 00

Sh. 64 of 92

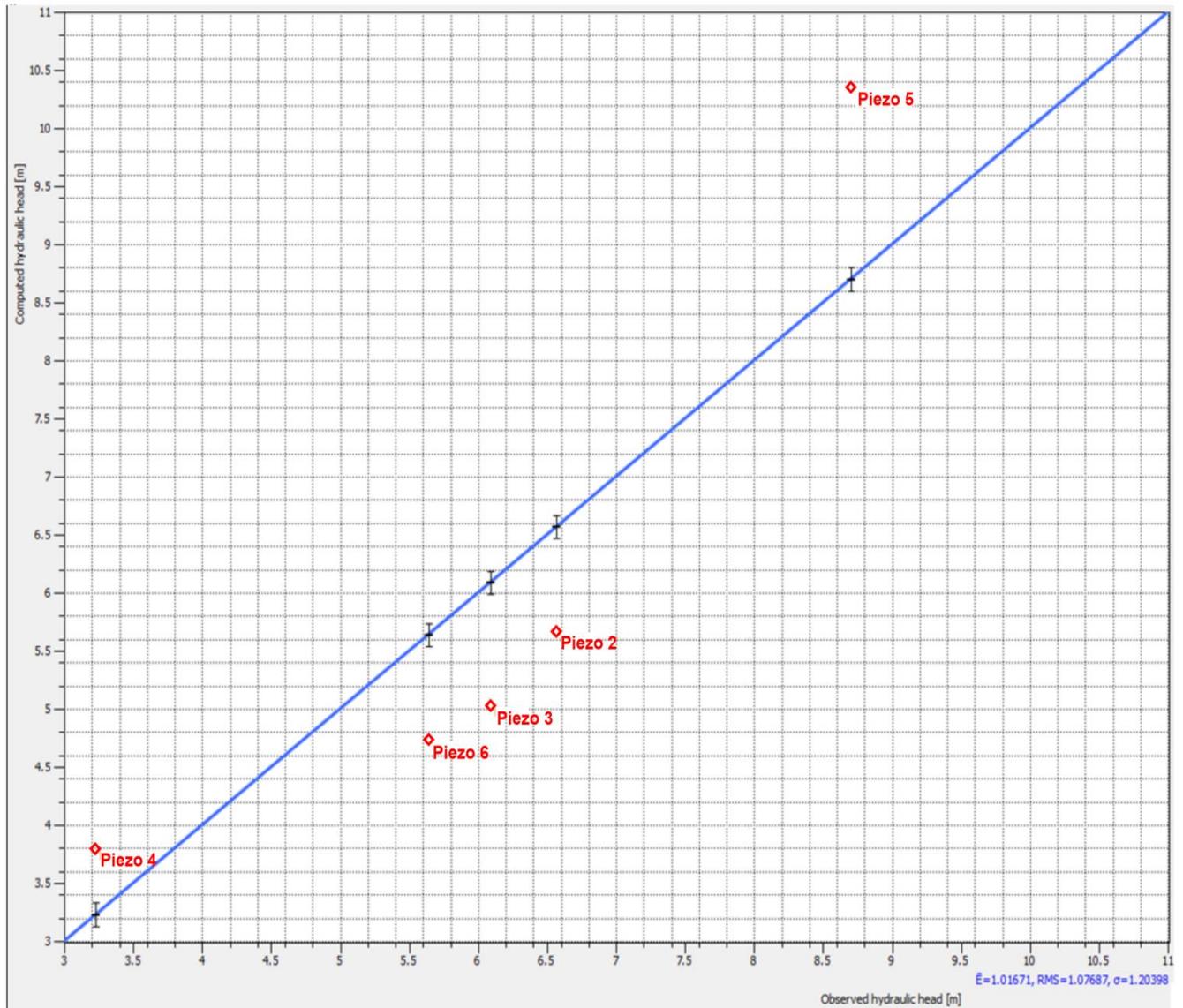


Figura 30 - Scatter plot relativo alla simulazione dello scenario 3 (valori in m slm)

	PROGETTO TRANS ADRIATIC PIPELINE INGEGNERIA DI DETTAGLIO DEL CONDOTTO OFFSHORE				
	Commessa originatrice 022720 Doc. 01-LA-E-80018	Titolo Doc.	Approdo italiano Potenziale interferenza del microtunnel sull'assetto idrogeologico locale		
Nr. Doc.		OPL00-SPF-200-G-TRX-0019			
Contratto: 4502485266		CTR H02.05	LCI	<input type="checkbox"/> Si <input checked="" type="checkbox"/> No	Rev. 00 Sh. 65 of 92

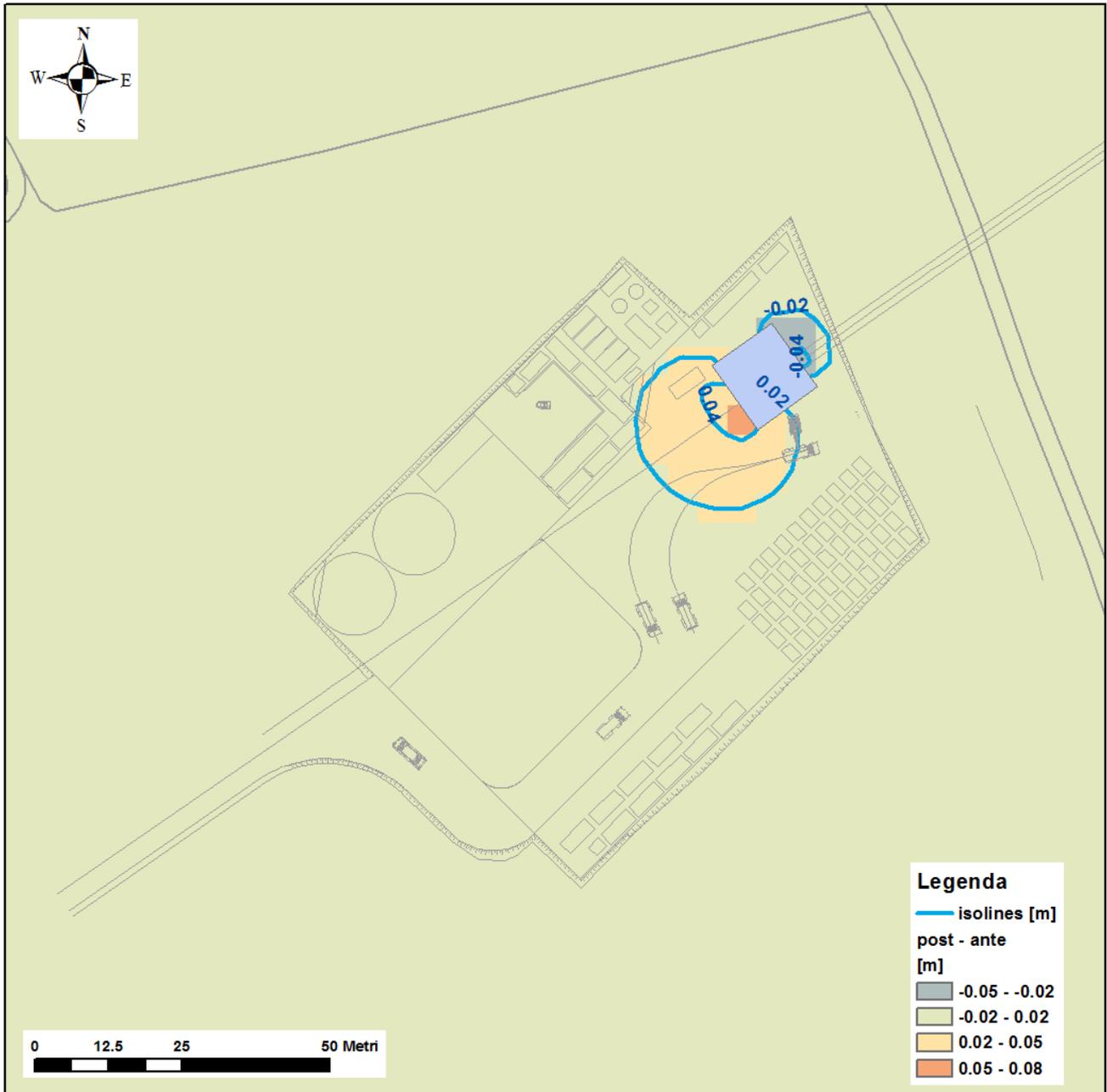


Figura 31 - Post-operam vs. ante-operam (valori in metri) per scenario 3a

	PROGETTO TRANS ADRIATIC PIPELINE INGEGNERIA DI DETTAGLIO DEL CONDOTTO OFFSHORE					
	Commessa originatrice 022720 Doc. 01-LA-E-80018	Titolo Doc. Approdo italiano Potenziale interferenza del microtunnel sull'assetto idrogeologico locale				
	Nr. Doc. OPL00-SPF-200-G-TRX-0019	Contratto: 4502485266	CTR H02.05	LCI <input type="checkbox"/> Si <input checked="" type="checkbox"/> No	Rev. 00	Sh. 66 of 92

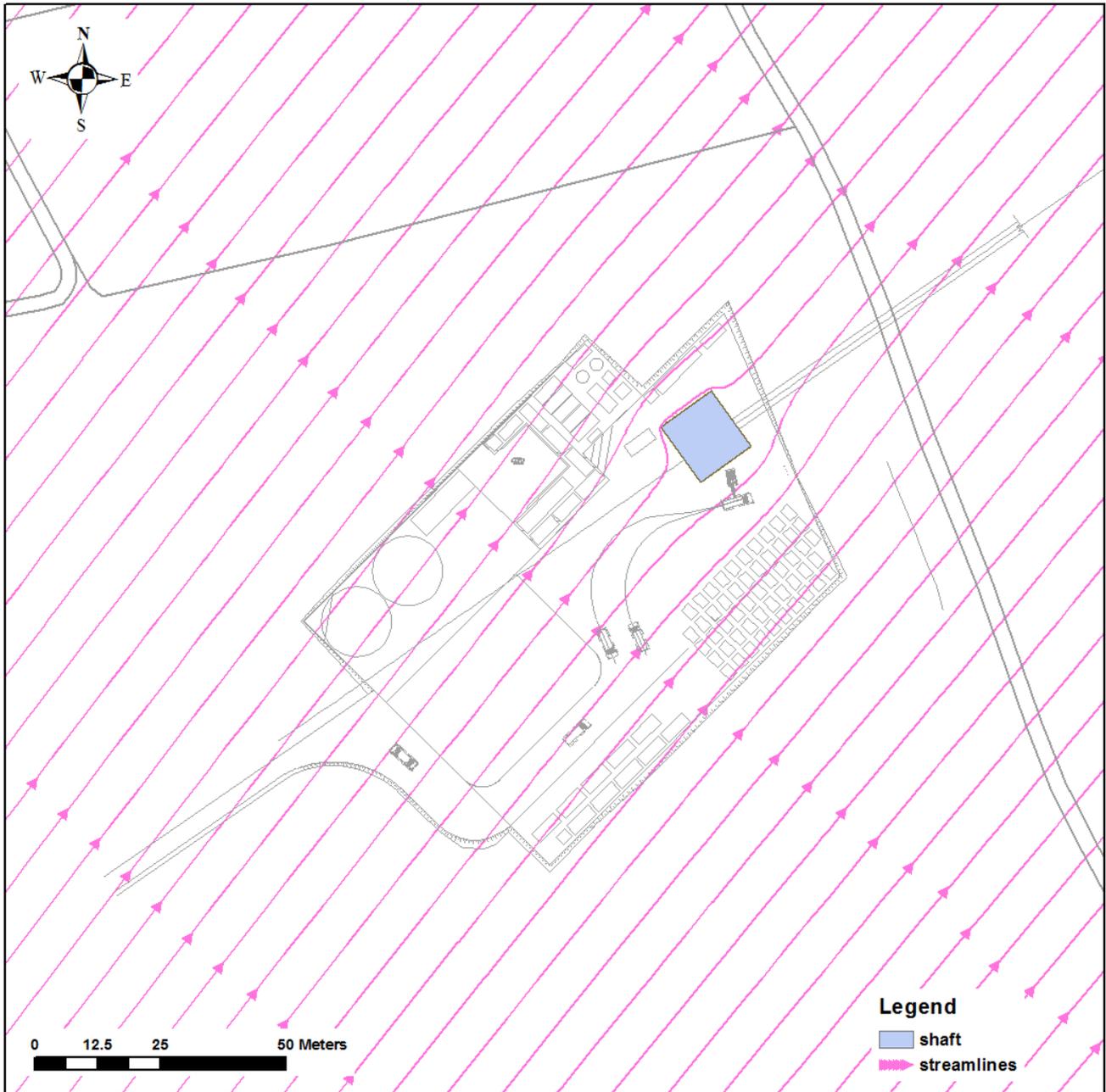


Figura 32 - Linee di flusso in prossimità dello scavo nello scenario 3a

	PROGETTO TRANS ADRIATIC PIPELINE INGEGNERIA DI DETTAGLIO DEL CONDOTTO OFFSHORE			
Commessa originatrice 022720 Doc. 01-LA-E-80018	Titolo Doc.	Approdo italiano Potenziale interferenza del microtunnel sull'assetto idrogeologico locale		 Trans Adriatic Pipeline
	Nr. Doc.	OPL00-SPF-200-G-TRX-0019		
Contratto: 4502485266		CTR H02.05	LCI <input type="checkbox"/> Si <input checked="" type="checkbox"/> No	Rev. 00 Sh. 67 of 92

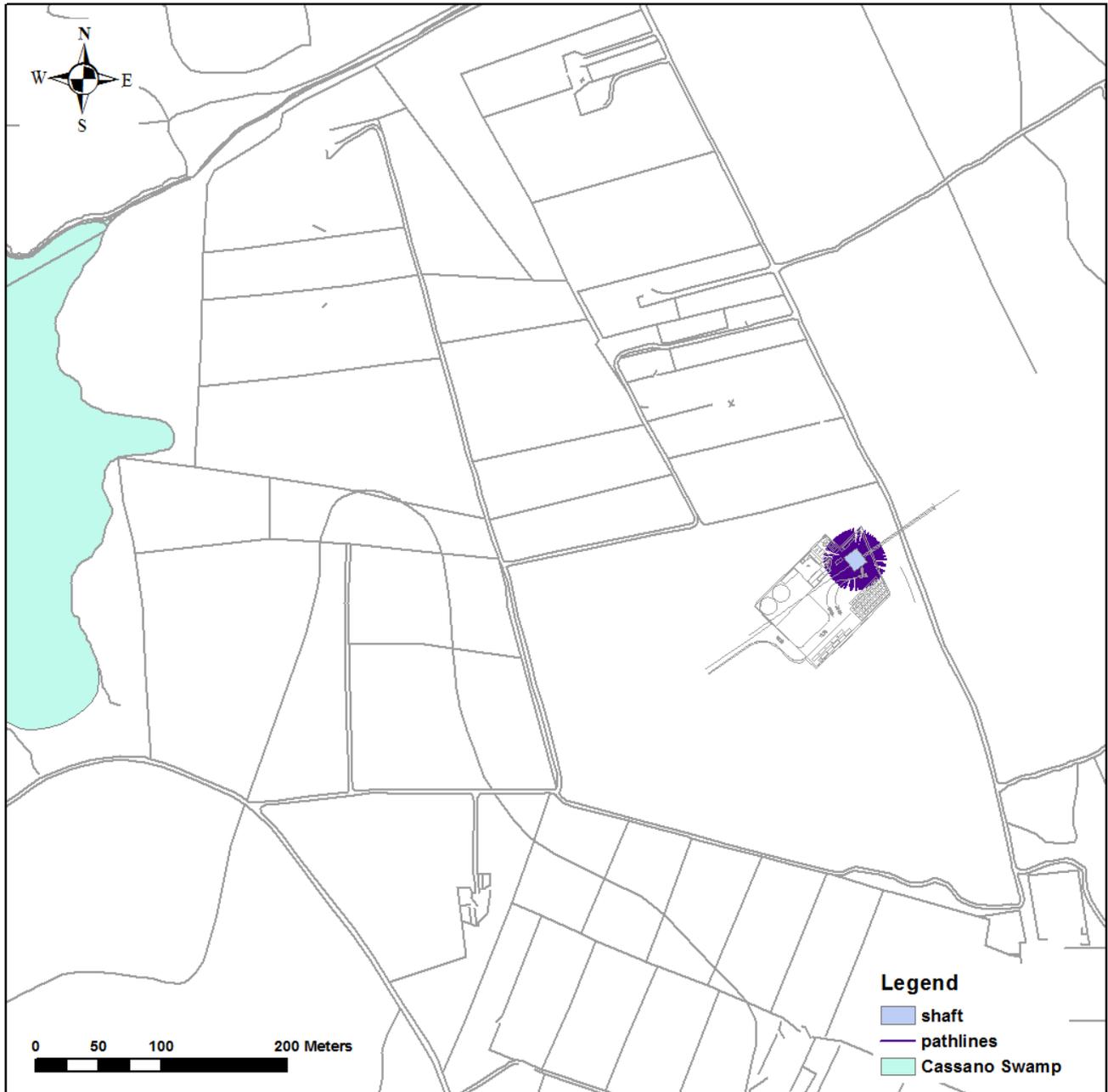


Figura 33 - Vista in pianta delle linee di flusso verso il pozzo durante il periodo di pompaggio (30 gg) per lo scenario 3b

	PROGETTO TRANS ADRIATIC PIPELINE INGEGNERIA DI DETTAGLIO DEL CONDOTTO OFFSHORE					
Commessa originatrice 022720 Doc. 01-LA-E-80018	Titolo Doc.	Approdo italiano Potenziale interferenza del microtunnel sull'assetto idrogeologico locale			 Trans Adriatic Pipeline	
	Nr. Doc.	OPL00-SPF-200-G-TRX-0019				
	Contratto: 4502485266		CTR H02.05	LCI <input type="checkbox"/> Si <input checked="" type="checkbox"/> No	Rev. 00	Sh. 68 of 92

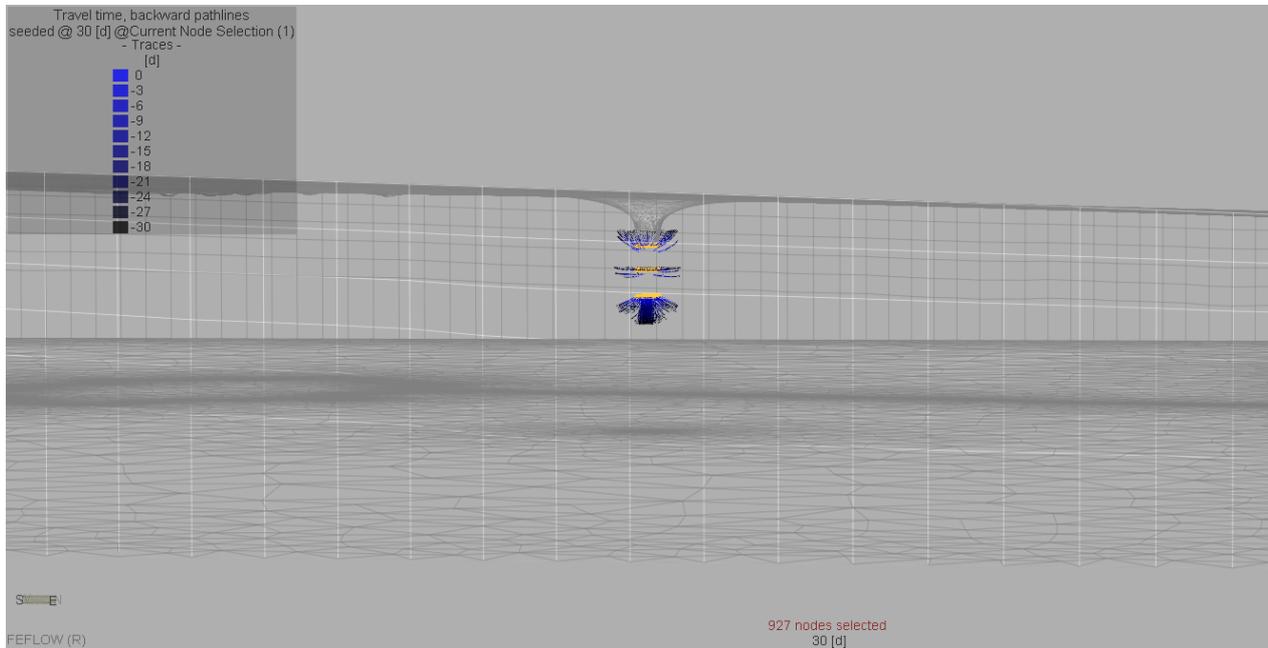


Figura 34 - Vista 3D delle linee di flusso verso il pozzo durante il periodo di pompaggio (30 gg) per lo scenario 3b (esagerazione verticale 5:1)

	PROGETTO TRANS ADRIATIC PIPELINE INGEGNERIA DI DETTAGLIO DEL CONDOTTO OFFSHORE			
Commessa originatrice 022720 Doc. 01-LA-E-80018	Titolo Doc.	Approdo italiano Potenziale interferenza del microtunnel sull'assetto idrogeologico locale		 Trans Adriatic Pipeline
	Nr. Doc.	OPL00-SPF-200-G-TRX-0019		
Contratto: 4502485266		CTR H02.05	LCI <input type="checkbox"/> Si <input checked="" type="checkbox"/> No	Rev. 00 Sh. 69 of 92

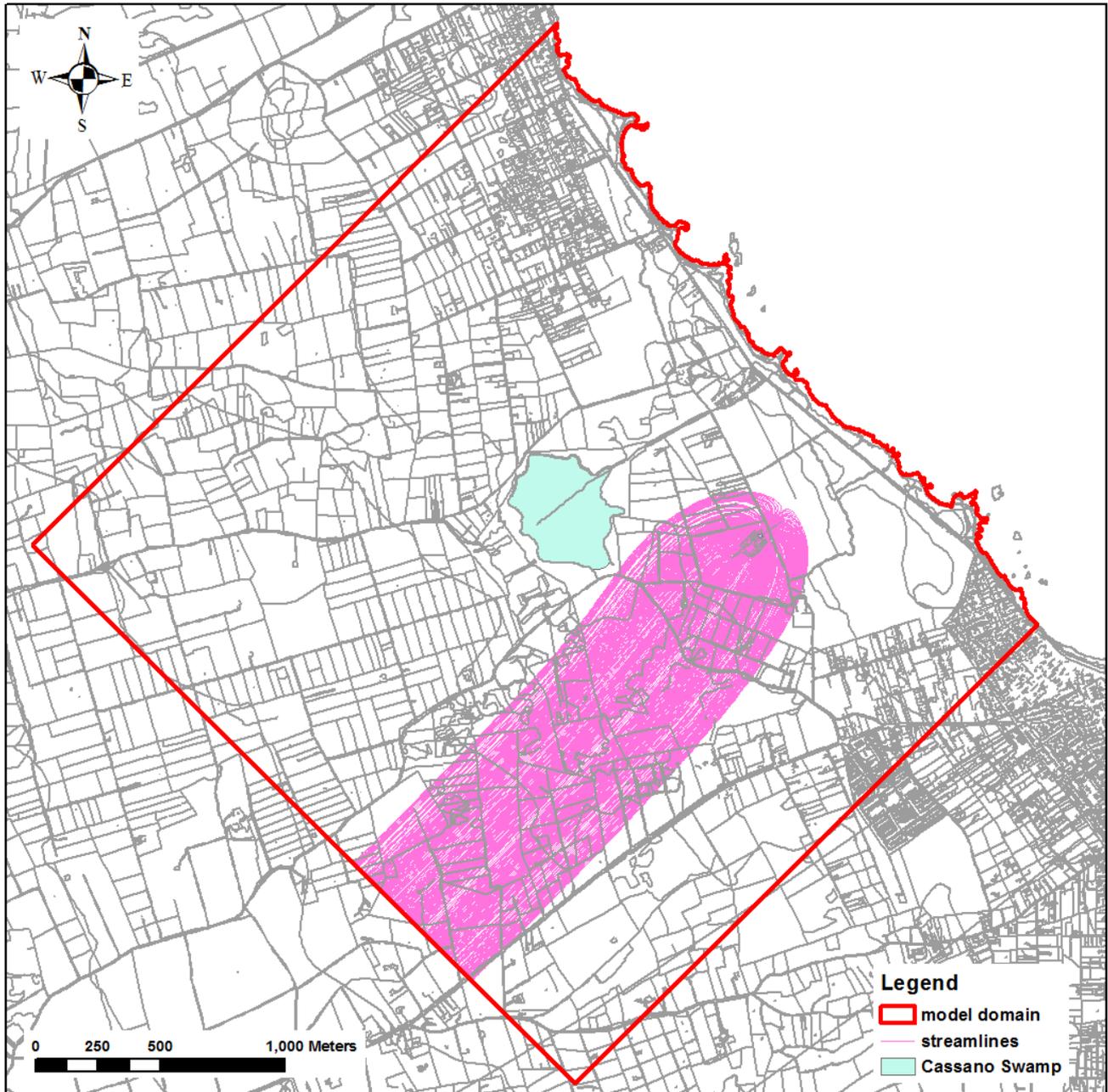


Figura 35 - Vista in pianta delle linee di flusso verso il pozzo nella simulazione in condizioni stazionarie per lo scenario 3b

	PROGETTO TRANS ADRIATIC PIPELINE INGEGNERIA DI DETTAGLIO DEL CONDOTTO OFFSHORE				
	Commessa originatrice 022720 Doc. 01-LA-E-80018	Titolo Doc. Approdo italiano Potenziale interferenza del microtunnel sull'assetto idrogeologico locale			
	Nr. Doc. OPL00-SPF-200-G-TRX-0019	Contratto: 4502485266	CTR H02.05	LCI <input type="checkbox"/> Si <input checked="" type="checkbox"/> No	Rev. 00 Sh. 70 of 92

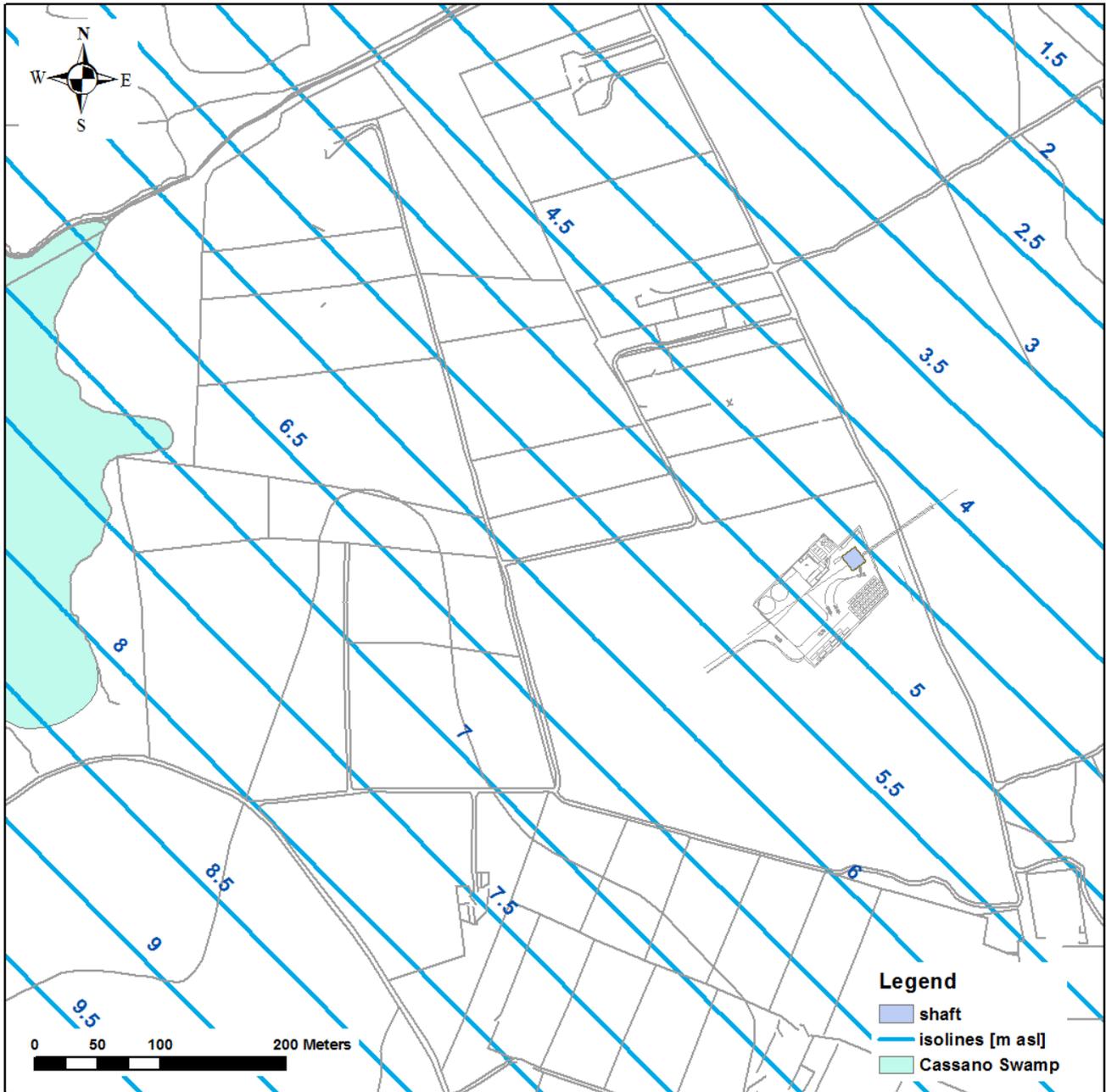


Figura 36 - Piezometria dello scenario 4



**PROGETTO TRANS ADRIATIC PIPELINE
INGEGNERIA DI DETTAGLIO DEL CONDOTTO
OFFSHORE**



Commessa
originatrice 022720
Doc. **01-LA-E-80018**

Titolo Doc. **Approdo italiano
Potenziale interferenza del microtunnel
sull'assetto idrogeologico locale**

Nr. Doc. **OPL00-SPF-200-G-TRX-0019**



Contratto: 4502485266

CTR H02.05

LCI Si
 No

Rev. 00

Sh. 71 of 92

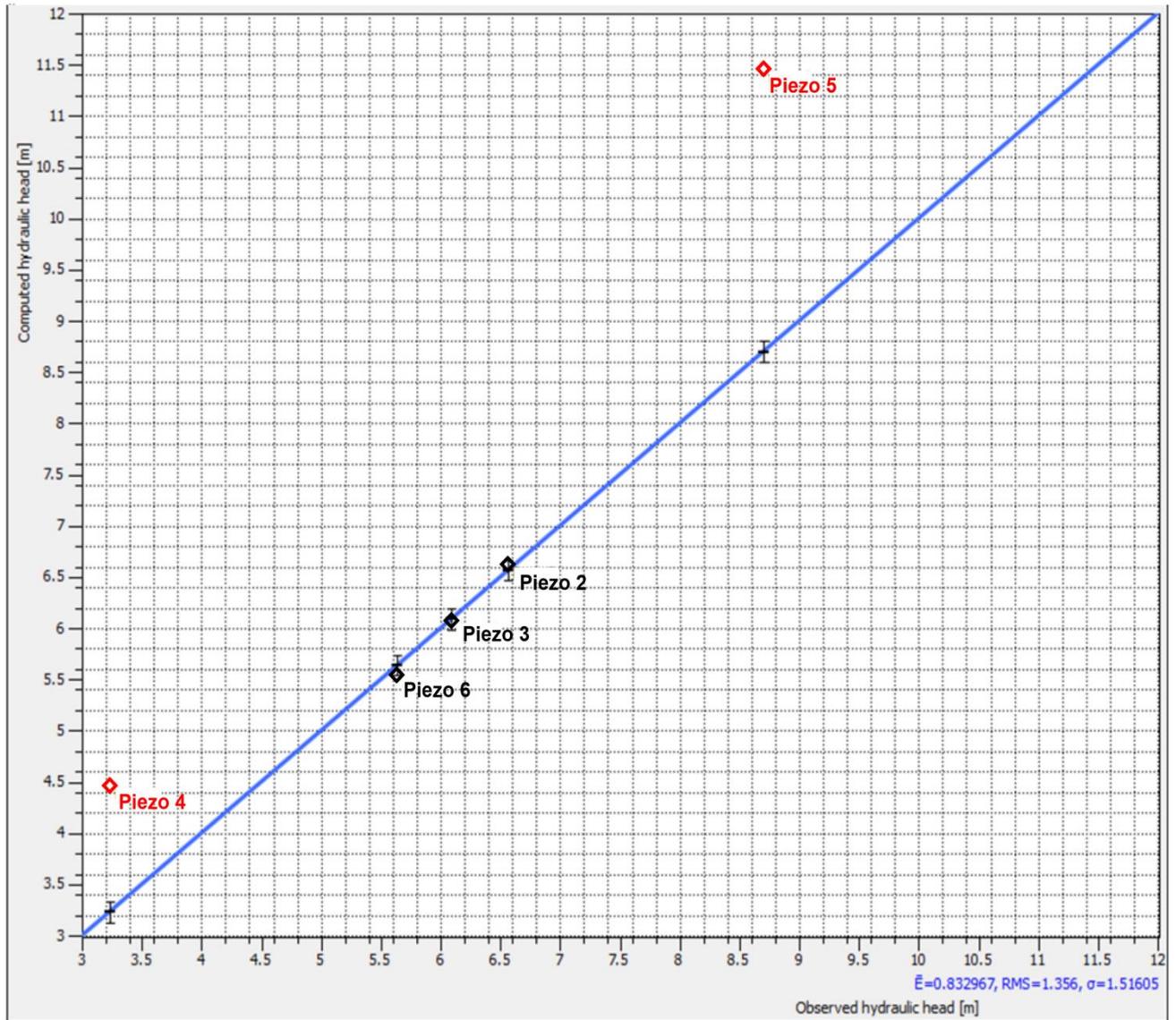


Figura 37 - Scatter plot relativo alla simulazione dello scenario 4 (valori in m slm)

	PROGETTO TRANS ADRIATIC PIPELINE INGEGNERIA DI DETTAGLIO DEL CONDOTTO OFFSHORE				
	Commessa originatrice 022720 Doc. 01-LA-E-80018	Titolo Doc.	Approdo italiano Potenziale interferenza del microtunnel sull'assetto idrogeologico locale		
Nr. Doc.		OPL00-SPF-200-G-TRX-0019			
Contratto: 4502485266		CTR H02.05	LCI	<input type="checkbox"/> Si <input checked="" type="checkbox"/> No	Rev. 00 Sh. 72 of 92

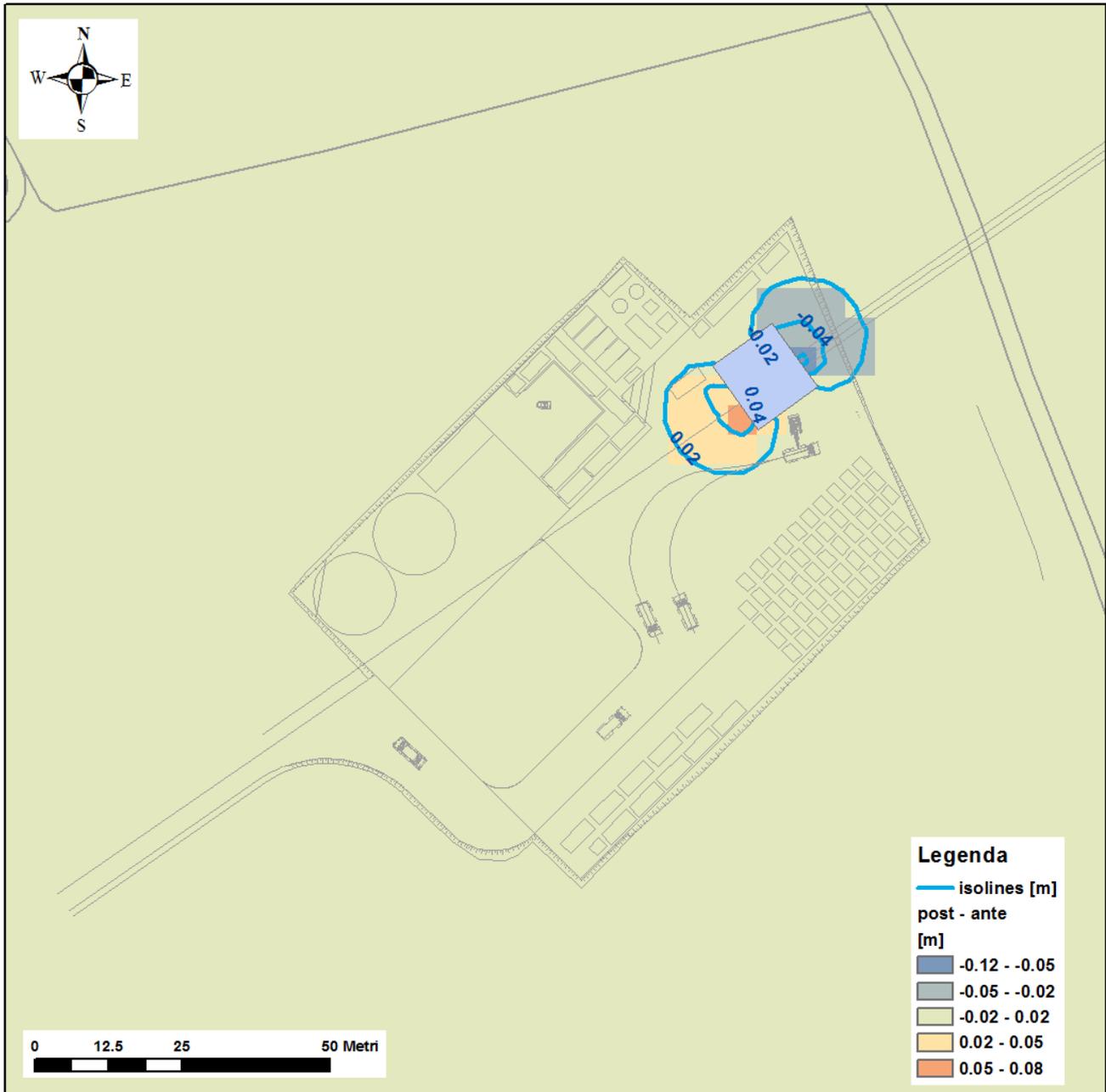


Figura 38 - Post-operam vs. ante-operam (valori in metri) per scenario 4a

	PROGETTO TRANS ADRIATIC PIPELINE INGEGNERIA DI DETTAGLIO DEL CONDOTTO OFFSHORE					
	Commessa originatrice 022720 Doc. 01-LA-E-80018	Titolo Doc.	Approdo italiano Potenziale interferenza del microtunnel sull'assetto idrogeologico locale			 Trans Adriatic Pipeline
		Nr. Doc.	OPL00-SPF-200-G-TRX-0019			
Contratto: 4502485266	CTR H02.05	LCI	<input type="checkbox"/> Si <input checked="" type="checkbox"/> No	Rev. 00	Sh. 73 of 92	

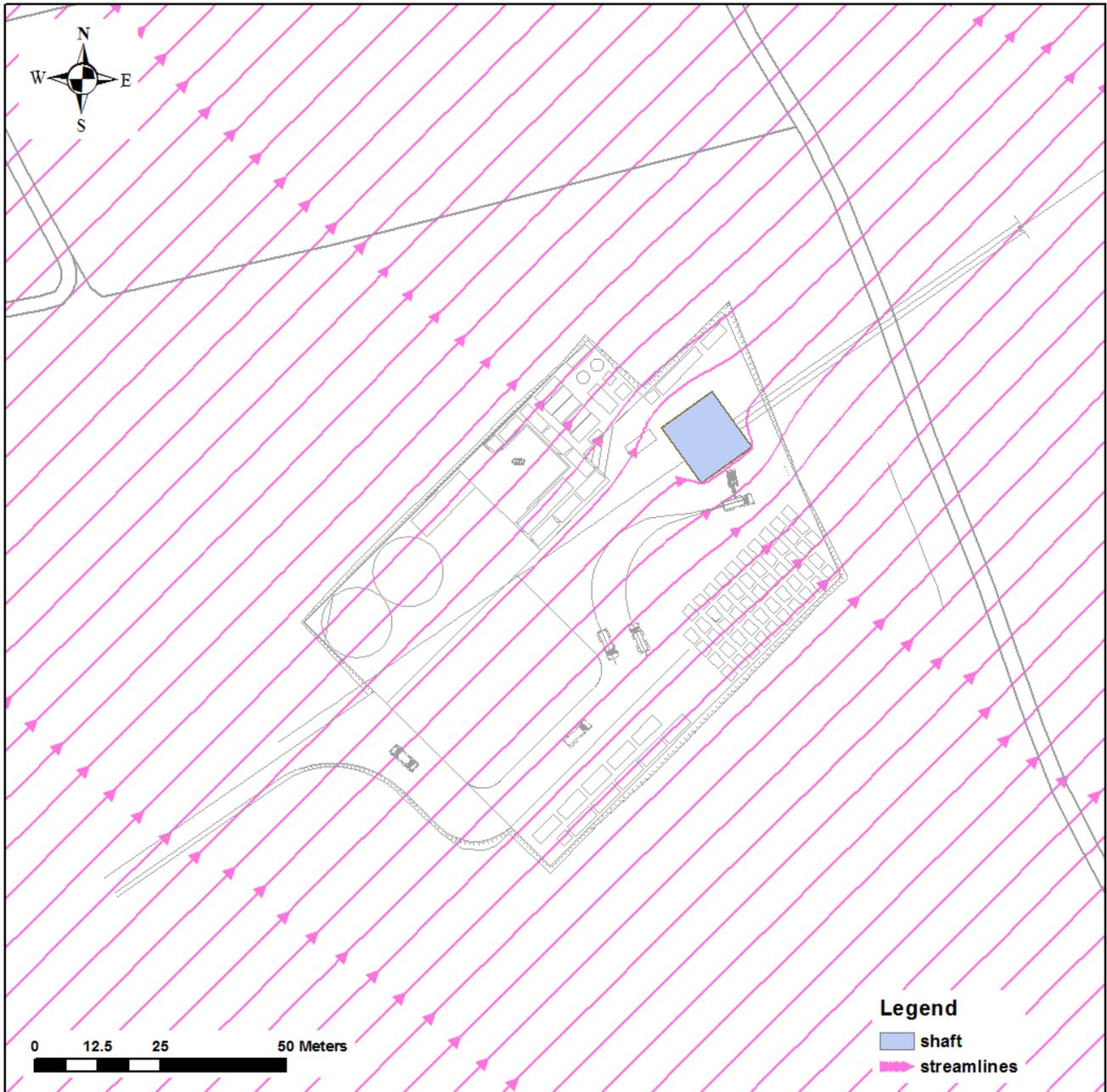


Figura 39 - Linee di flusso in prossimità dello scavo nello scenario 4a

	PROGETTO TRANS ADRIATIC PIPELINE INGEGNERIA DI DETTAGLIO DEL CONDOTTO OFFSHORE				
Commessa originatrice 022720 Doc. 01-LA-E-80018	Titolo Doc.	Approdo italiano Potenziale interferenza del microtunnel sull'assetto idrogeologico locale		 Trans Adriatic Pipeline	
	Nr. Doc.	OPL00-SPF-200-G-TRX-0019			
Contratto: 4502485266		CTR H02.05	LCI <input type="checkbox"/> Si <input checked="" type="checkbox"/> No	Rev. 00	Sh. 74 of 92

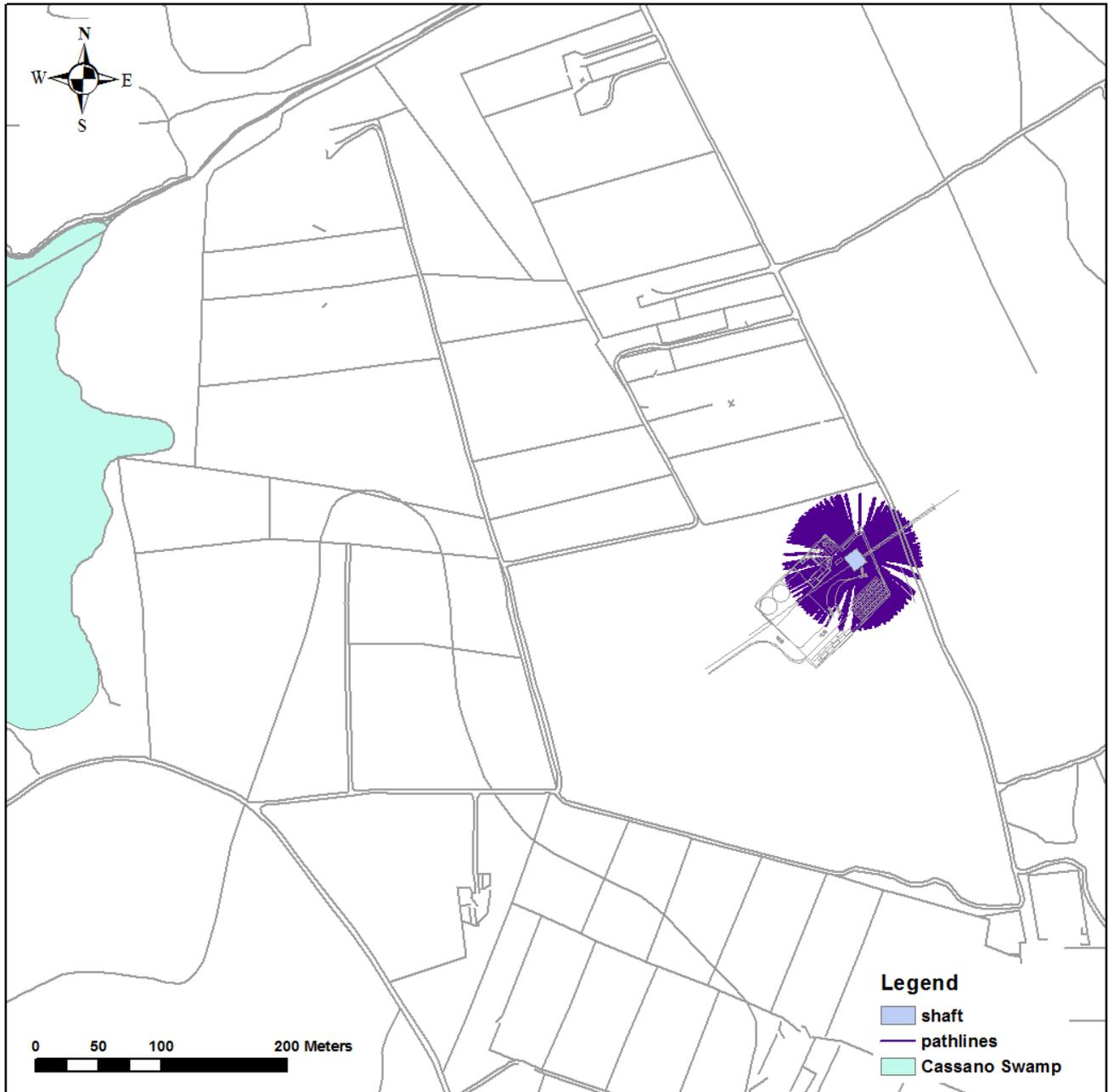


Figura 40 - Vista in pianta delle linee di flusso verso il pozzo durante il periodo di pompaggio (30 gg) per lo scenario 4b

	PROGETTO TRANS ADRIATIC PIPELINE INGEGNERIA DI DETTAGLIO DEL CONDOTTO OFFSHORE					
Commessa originatrice 022720 Doc. 01-LA-E-80018	Titolo Doc.	Approdo italiano Potenziale interferenza del microtunnel sull'assetto idrogeologico locale			 Trans Adriatic Pipeline	
	Nr. Doc.	OPL00-SPF-200-G-TRX-0019				
	Contratto: 4502485266		CTR H02.05	LCI <input type="checkbox"/> Si <input checked="" type="checkbox"/> No	Rev. 00	Sh. 75 of 92

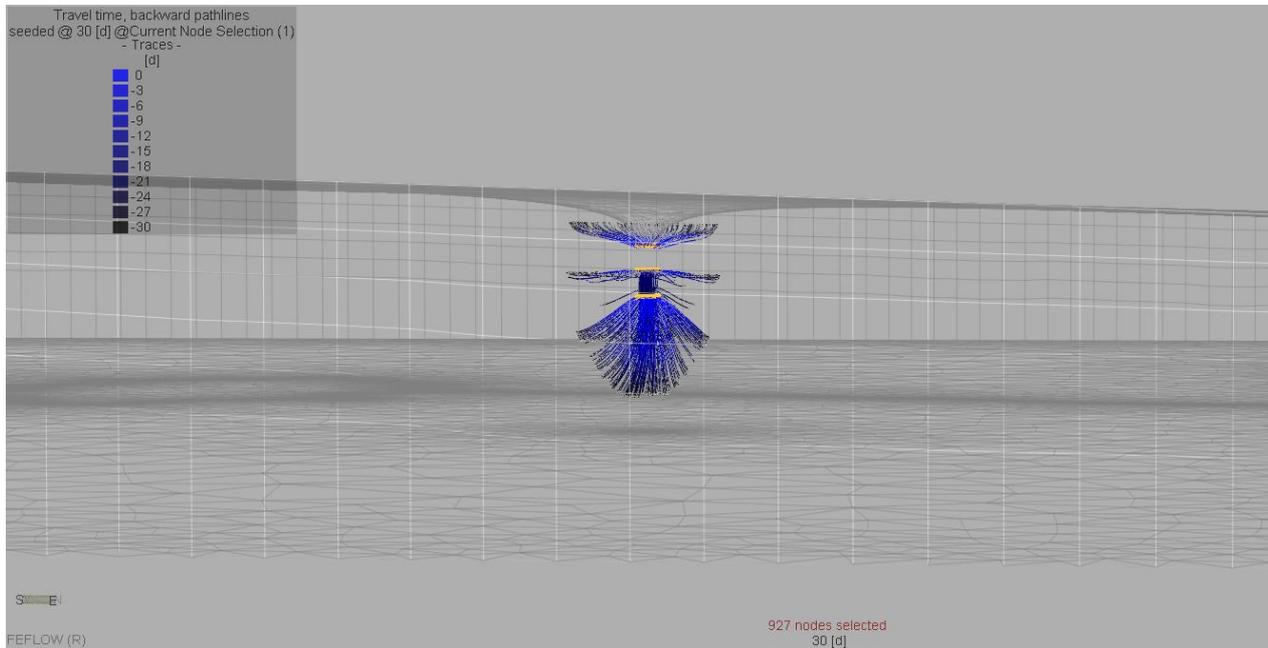


Figura 41 - Vista 3D delle linee di flusso verso il pozzo durante il periodo di pompaggio (30 gg) per lo scenario 4b (esagerazione verticale 5:1)

	PROGETTO TRANS ADRIATIC PIPELINE INGEGNERIA DI DETTAGLIO DEL CONDOTTO OFFSHORE			
Commessa originatrice 022720 Doc. 01-LA-E-80018	Titolo Doc.	Approdo italiano Potenziale interferenza del microtunnel sull'assetto idrogeologico locale		 Trans Adriatic Pipeline
	Nr. Doc.	OPL00-SPF-200-G-TRX-0019		
Contratto: 4502485266		CTR H02.05	LCI <input type="checkbox"/> Si <input checked="" type="checkbox"/> No	Rev. 00 Sh. 76 of 92

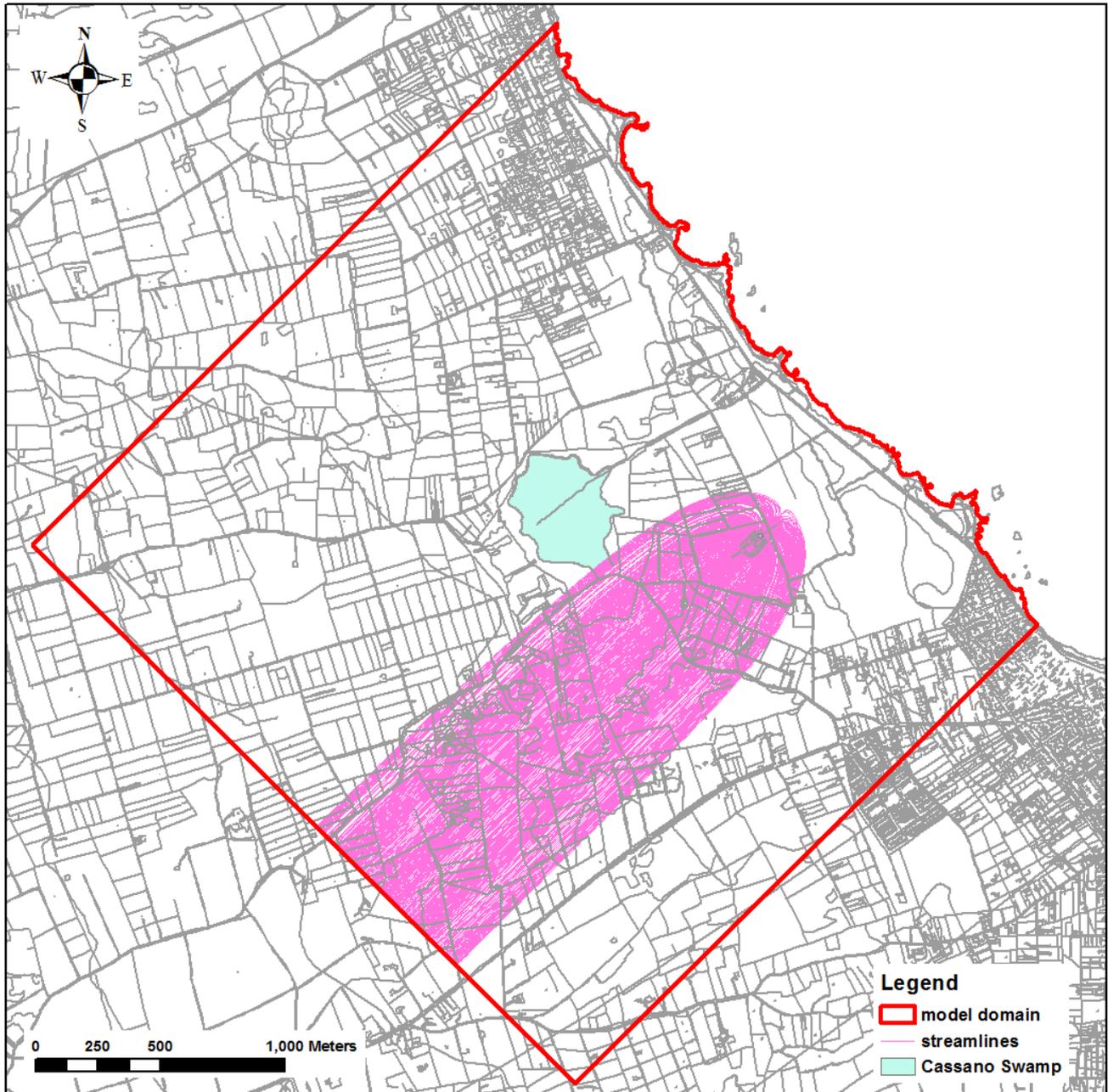


Figura 42 - Vista in pianta delle linee di flusso verso il pozzo nella simulazione in condizioni stazionarie per lo scenario 4b

	PROGETTO TRANS ADRIATIC PIPELINE INGEGNERIA DI DETTAGLIO DEL CONDOTTO OFFSHORE				
	Commessa originatrice 022720 Doc. 01-LA-E-80018	Titolo Doc. Approdo italiano Potenziale interferenza del microtunnel sull'assetto idrogeologico locale	 Trans Adriatic Pipeline		
Nr. Doc. OPL00-SPF-200-G-TRX-0019		Contratto: 4502485266	CTR H02.05	LCI <input type="checkbox"/> Si <input checked="" type="checkbox"/> No	Rev. 00 Sh. 77 of 92

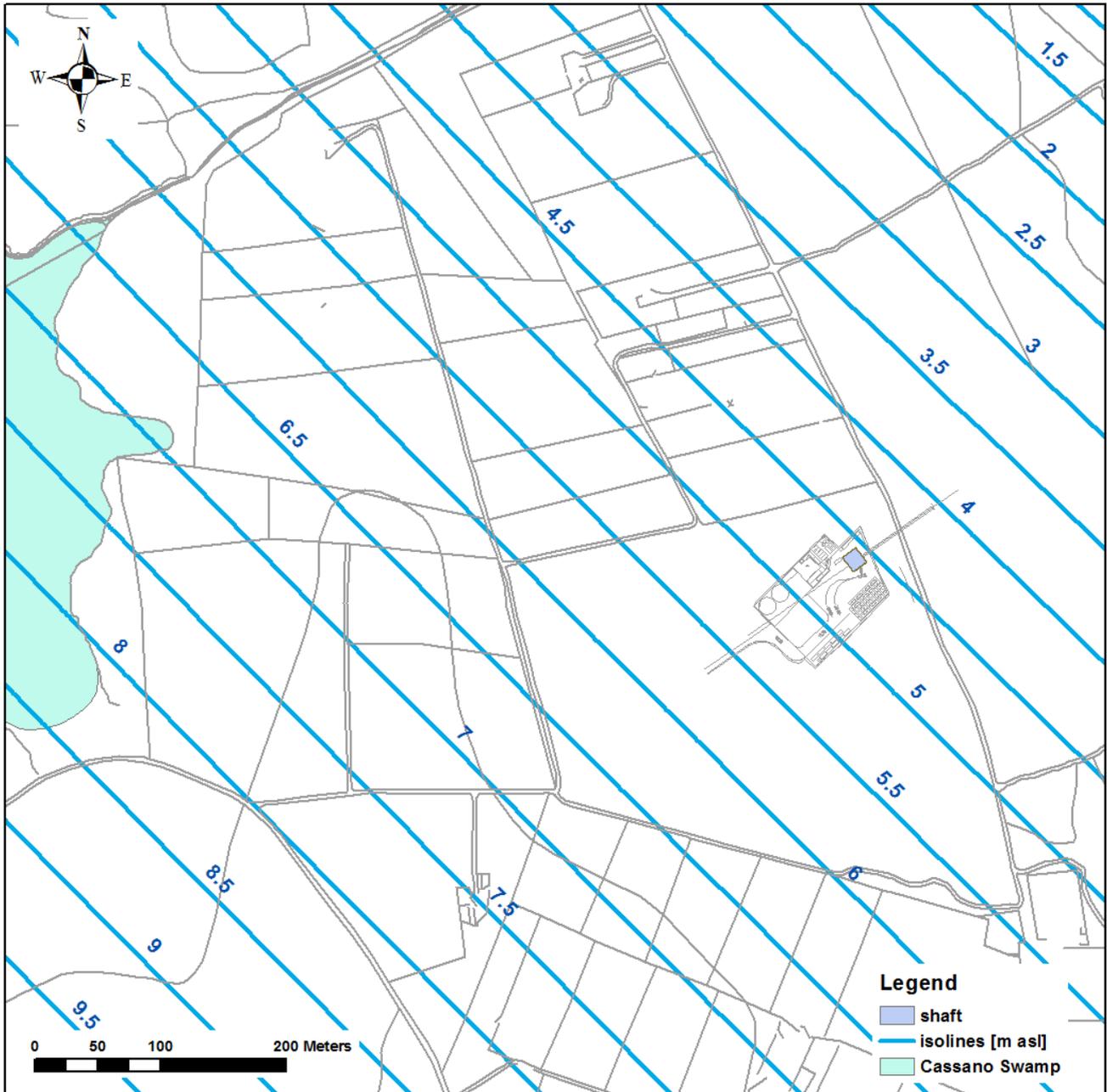


Figura 43 - Piezometria dello scenario 5



**PROGETTO TRANS ADRIATIC PIPELINE
INGEGNERIA DI DETTAGLIO DEL CONDOTTO
OFFSHORE**



Commessa
originatrice 022720
Doc. **01-LA-E-80018**

Titolo Doc. **Approdo italiano
Potenziale interferenza del microtunnel
sull'assetto idrogeologico locale**

Nr. Doc. **OPL00-SPF-200-G-TRX-0019**



Contratto: 4502485266

CTR H02.05

LCI Si
 No

Rev. 00

Sh. 78 of 92

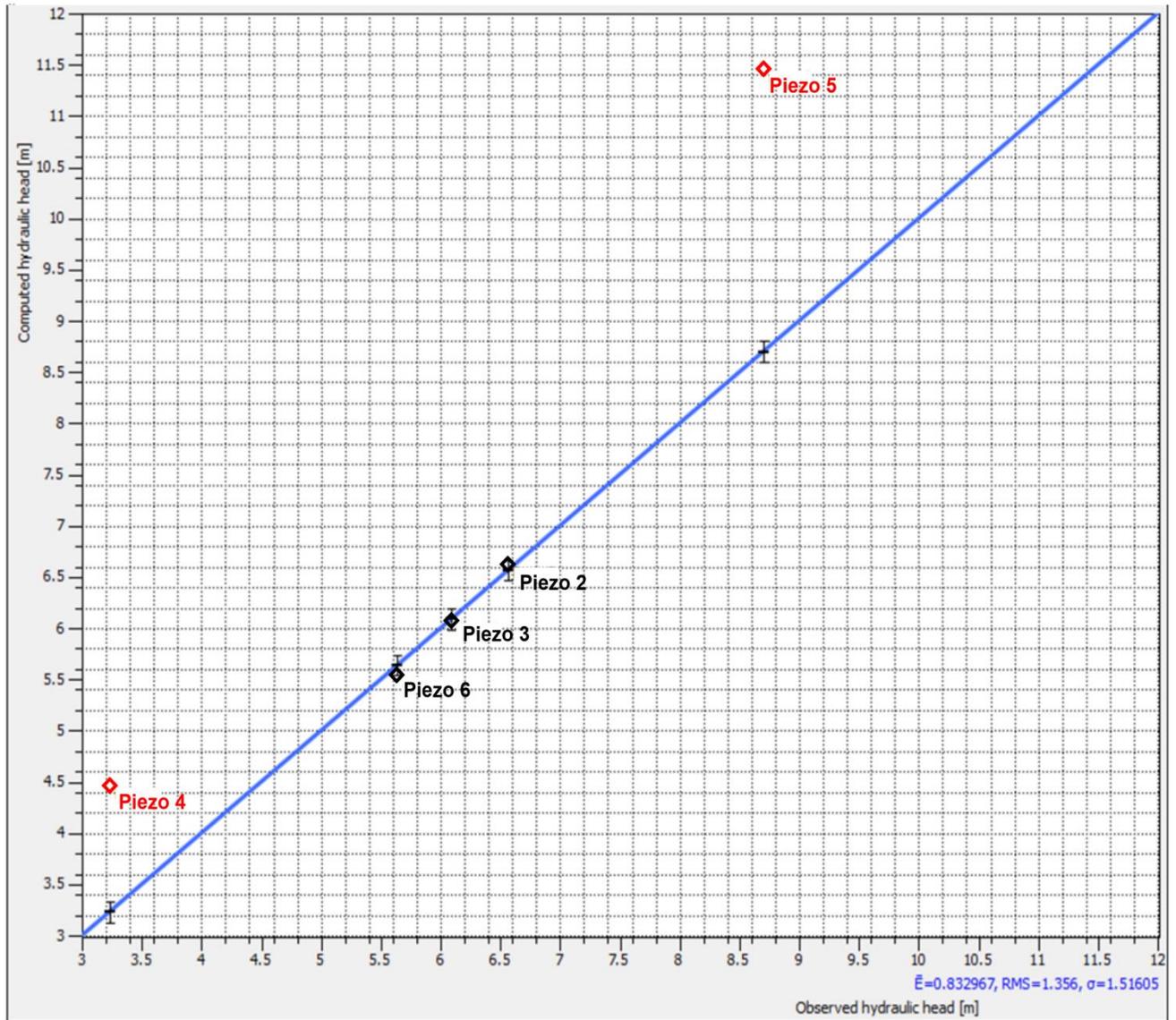


Figura 44 - Scatter plot relativo alla simulazione dello scenario 5 (valori in m slm)

	PROGETTO TRANS ADRIATIC PIPELINE INGEGNERIA DI DETTAGLIO DEL CONDOTTO OFFSHORE				
	Commessa originatrice 022720 Doc. 01-LA-E-80018	Titolo Doc.	Approdo italiano Potenziale interferenza del microtunnel sull'assetto idrogeologico locale		
Nr. Doc.		OPL00-SPF-200-G-TRX-0019			
Contratto: 4502485266		CTR H02.05	LCI	<input type="checkbox"/> Si <input checked="" type="checkbox"/> No	Rev. 00 Sh. 79 of 92

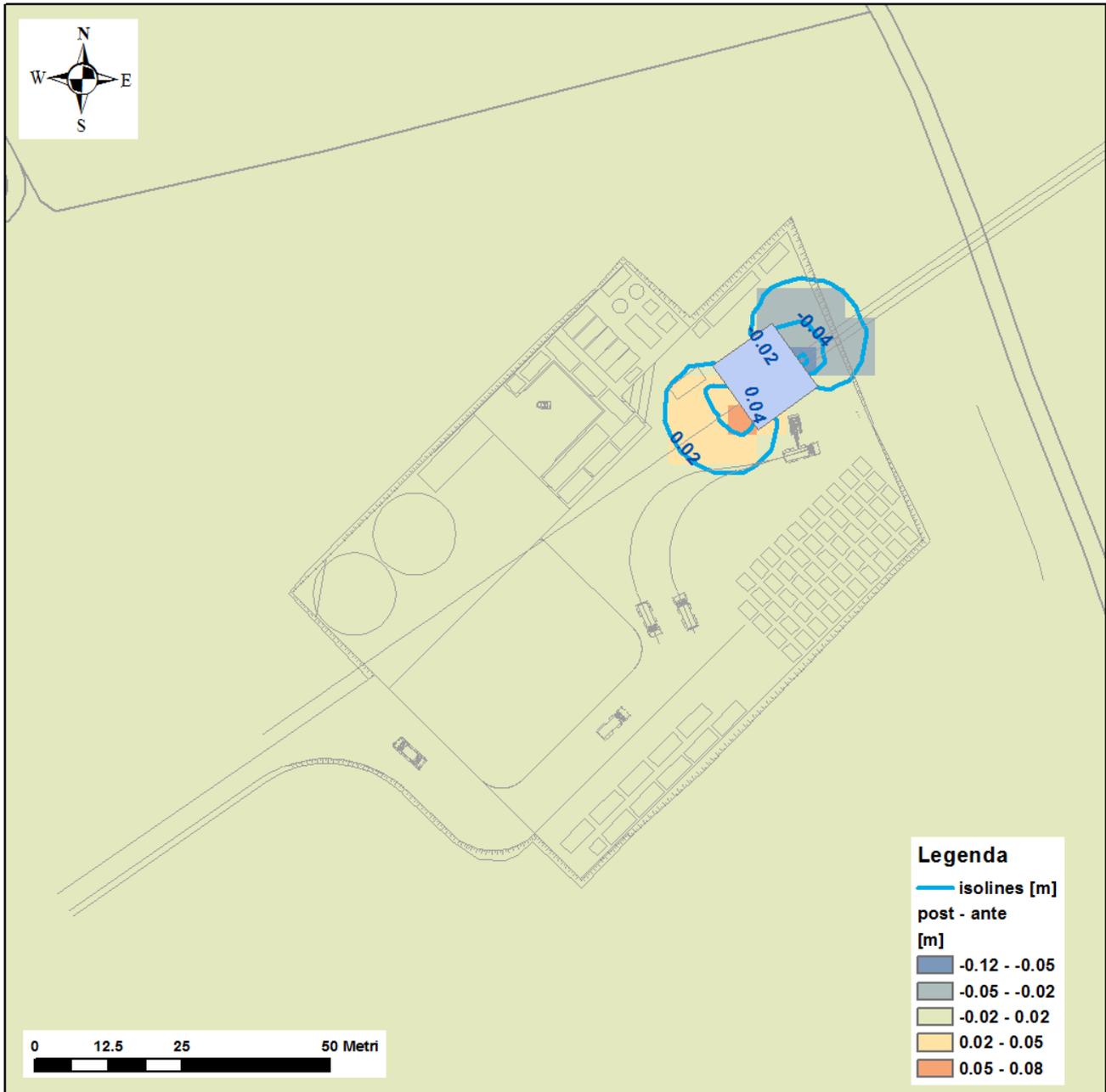


Figura 45 - Post-operam vs. ante-operam (valori in metri) per scenario 5a

	PROGETTO TRANS ADRIATIC PIPELINE INGEGNERIA DI DETTAGLIO DEL CONDOTTO OFFSHORE				
Commessa originatrice 022720 Doc. 01-LA-E-80018	Titolo Doc.	Approdo italiano Potenziale interferenza del microtunnel sull'assetto idrogeologico locale		 Trans Adriatic Pipeline	
	Nr. Doc.	OPL00-SPF-200-G-TRX-0019			
Contratto: 4502485266		CTR H02.05	LCI <input type="checkbox"/> Si <input checked="" type="checkbox"/> No	Rev. 00	Sh. 80 of 92

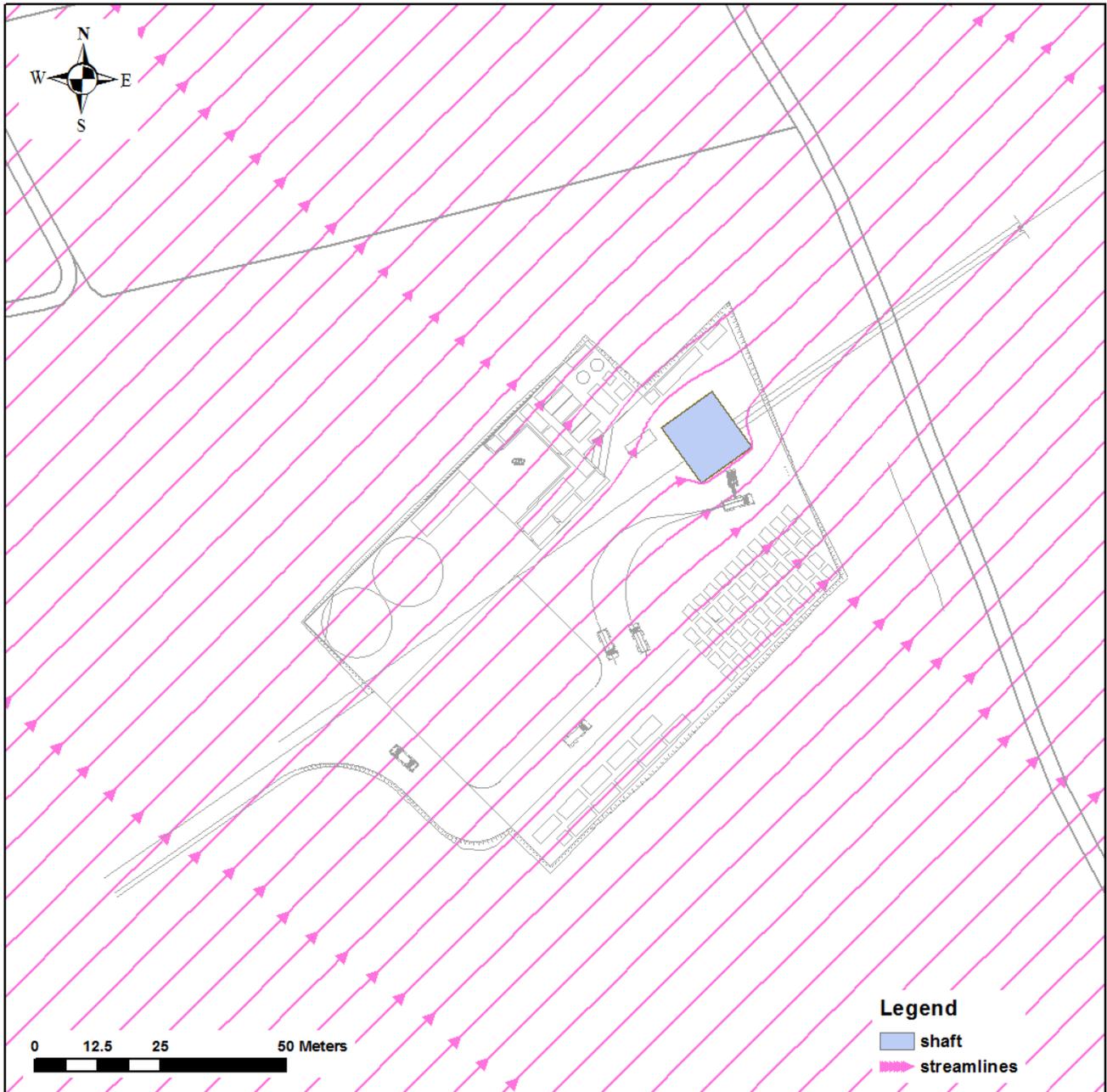


Figura 46 - Linee di flusso in prossimità dello scavo nello scenario 5a

	PROGETTO TRANS ADRIATIC PIPELINE INGEGNERIA DI DETTAGLIO DEL CONDOTTO OFFSHORE				
Commessa originatrice 022720 Doc. 01-LA-E-80018	Titolo Doc.	Approdo italiano Potenziale interferenza del microtunnel sull'assetto idrogeologico locale		 Trans Adriatic Pipeline	
	Nr. Doc.	OPL00-SPF-200-G-TRX-0019			
Contratto: 4502485266		CTR H02.05	LCI <input type="checkbox"/> Si <input checked="" type="checkbox"/> No	Rev. 00	Sh. 81 of 92

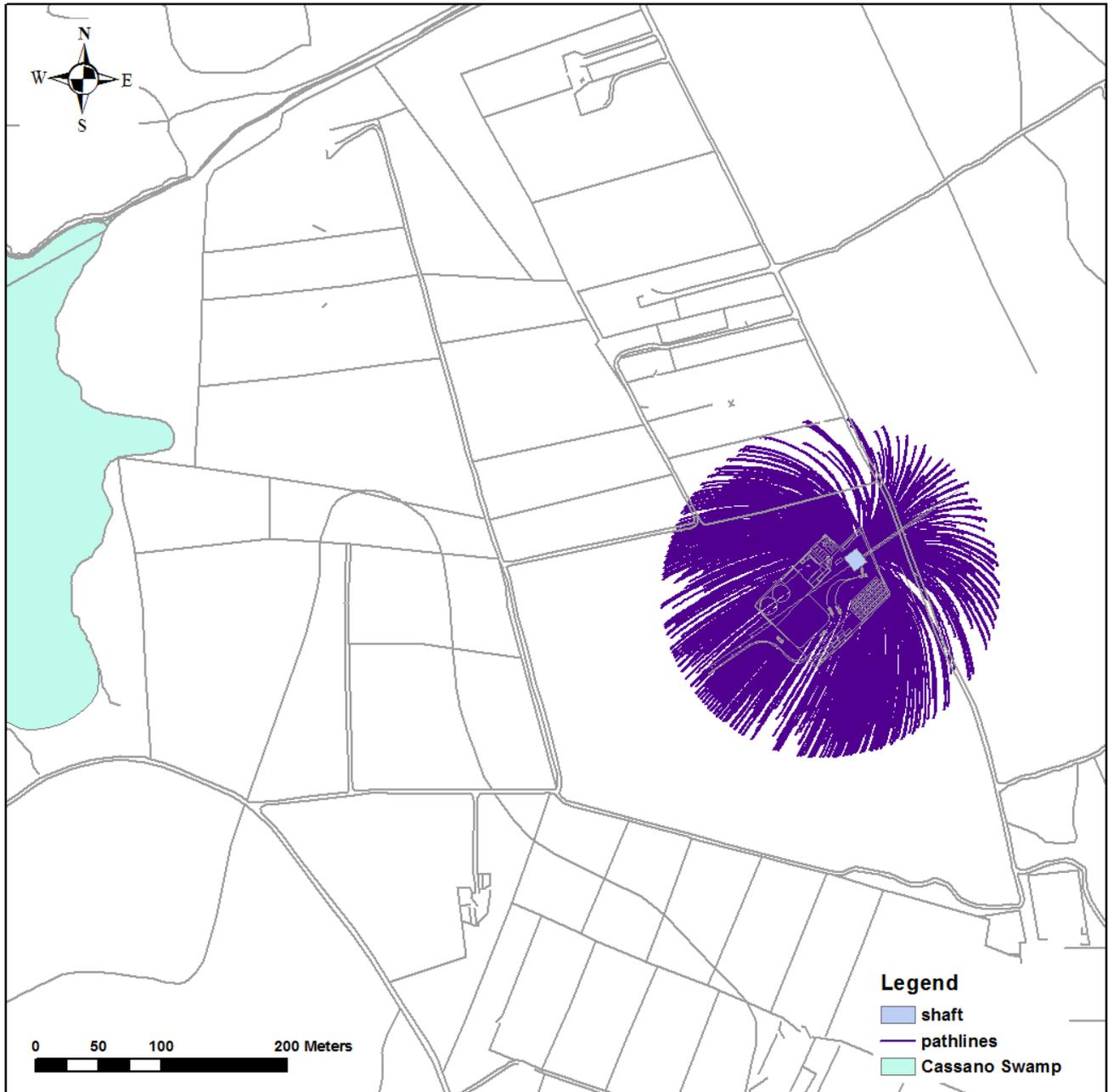


Figura 47 - Vista in pianta delle linee di flusso verso il pozzo durante il periodo di pompaggio (30 gg) per lo scenario 5b

	PROGETTO TRANS ADRIATIC PIPELINE INGEGNERIA DI DETTAGLIO DEL CONDOTTO OFFSHORE			 Statoil		
Commessa originatrice 022720 Doc. 01-LA-E-80018	Titolo Doc.	Approdo italiano Potenziale interferenza del microtunnel sull'assetto idrogeologico locale			 Trans Adriatic Pipeline	
	Nr. Doc.	OPL00-SPF-200-G-TRX-0019				
	Contratto: 4502485266		CTR H02.05	LCI <input type="checkbox"/> Si <input checked="" type="checkbox"/> No	Rev. 00	Sh. 82 of 92

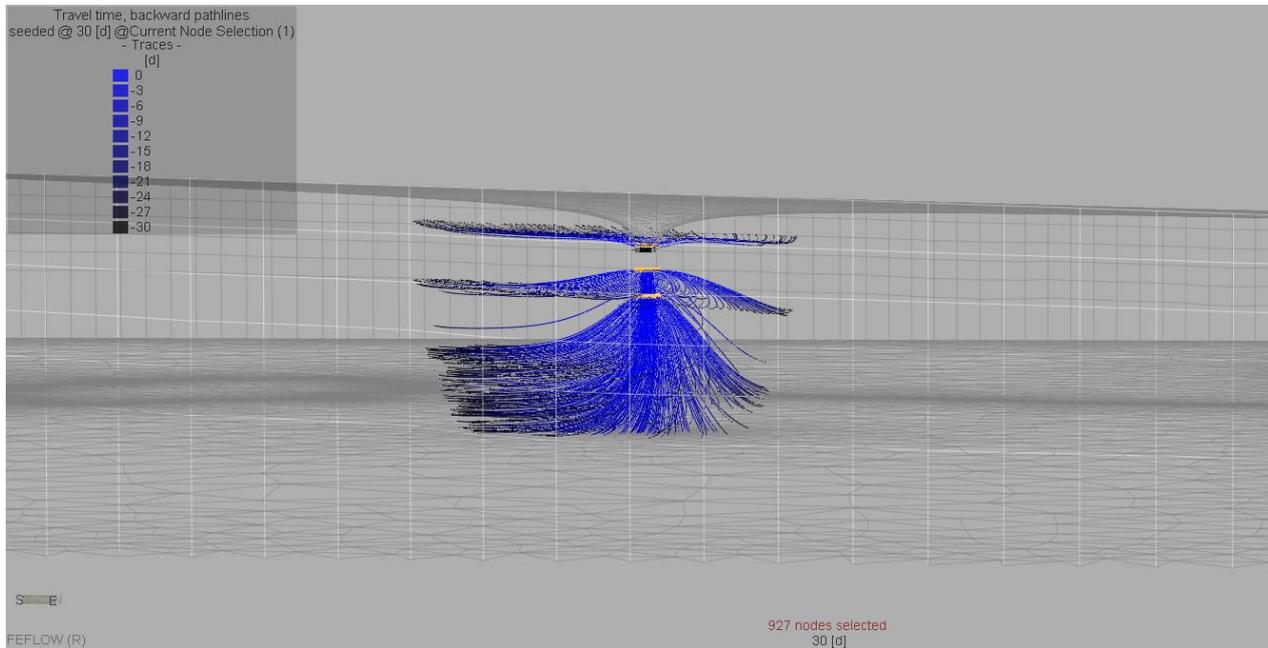


Figura 48 - Vista 3D delle linee di flusso verso il pozzo durante il periodo di pompaggio (30 gg) per lo scenario 5b (esagerazione verticale 5:1)

	PROGETTO TRANS ADRIATIC PIPELINE INGEGNERIA DI DETTAGLIO DEL CONDOTTO OFFSHORE			
Commessa originatrice 022720 Doc. 01-LA-E-80018	Titolo Doc.	Approdo italiano Potenziale interferenza del microtunnel sull'assetto idrogeologico locale		 Trans Adriatic Pipeline
	Nr. Doc.	OPL00-SPF-200-G-TRX-0019		
Contratto: 4502485266		CTR H02.05	LCI <input type="checkbox"/> Si <input checked="" type="checkbox"/> No	Rev. 00 Sh. 83 of 92

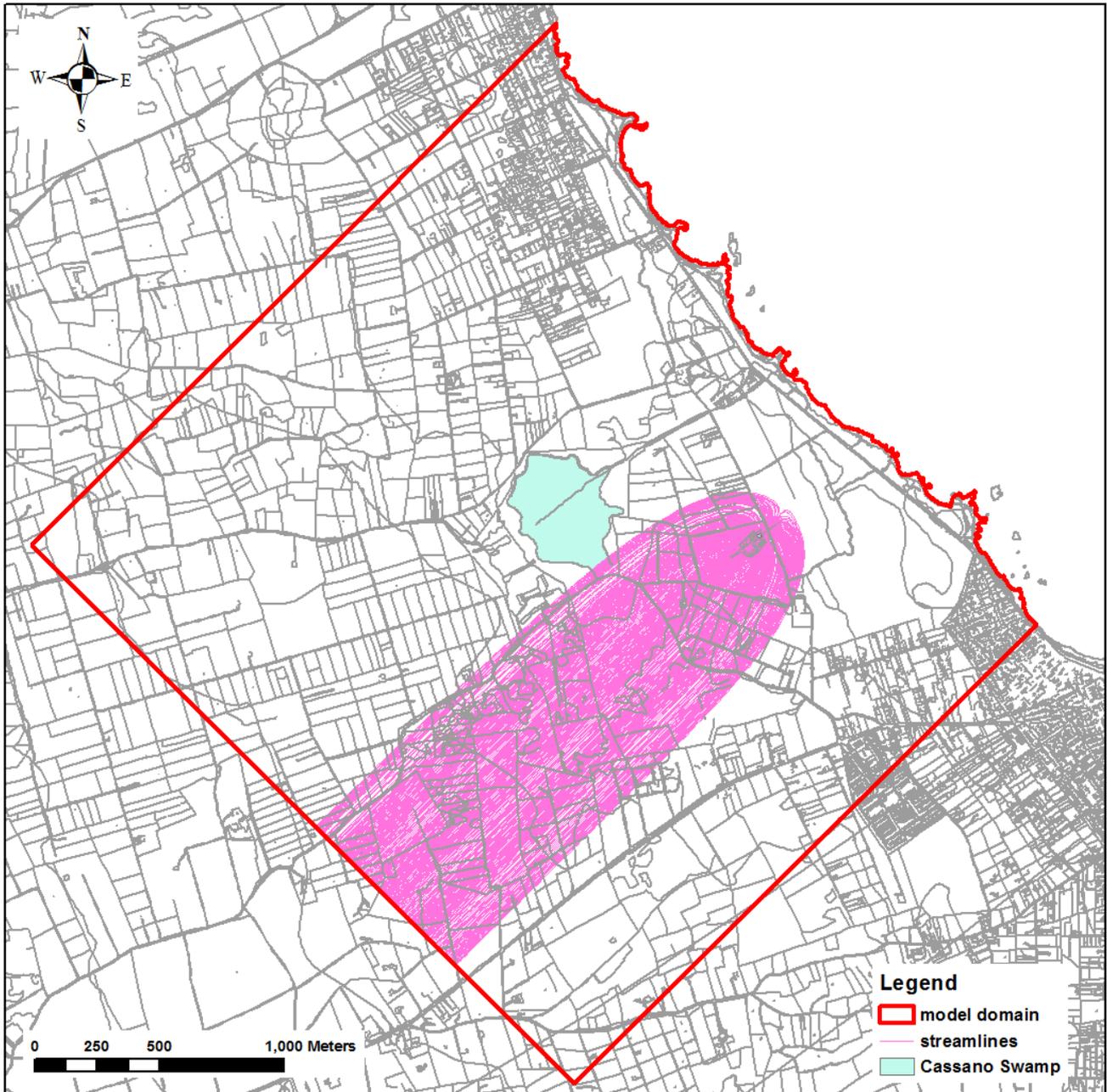


Figura 49 - Vista in pianta delle linee di flusso verso il pozzo nella simulazione in condizioni stazionarie per lo scenario 5b

	PROGETTO TRANS ADRIATIC PIPELINE INGEGNERIA DI DETTAGLIO DEL CONDOTTO OFFSHORE					
	Commessa originatrice 022720 Doc. 01-LA-E-80018	Titolo Doc.	Approdo italiano Potenziale interferenza del microtunnel sull'assetto idrogeologico locale			 Trans Adriatic Pipeline
Nr. Doc.		OPL00-SPF-200-G-TRX-0019				
Contratto: 4502485266		CTR H02.05	LCI	<input type="checkbox"/> Si <input checked="" type="checkbox"/> No	Rev. 00	Sh. 84 of 92

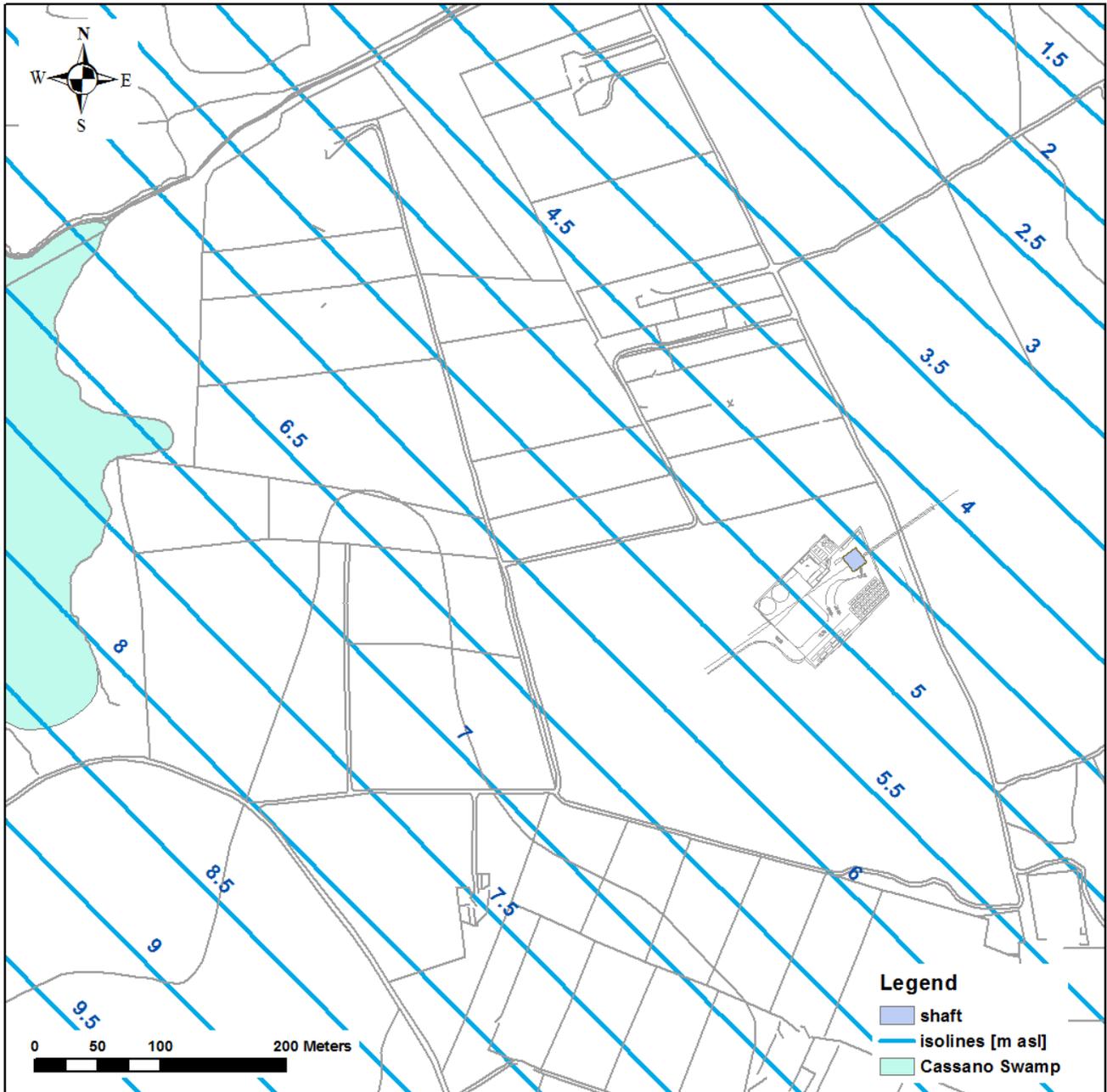


Figura 50 - Piezometria dello scenario 6



**PROGETTO TRANS ADRIATIC PIPELINE
INGEGNERIA DI DETTAGLIO DEL CONDOTTO
OFFSHORE**



Commessa
originatrice 022720
Doc. **01-LA-E-80018**

Titolo Doc. **Approdo italiano
Potenziale interferenza del microtunnel
sull'assetto idrogeologico locale**

Nr. Doc. **OPL00-SPF-200-G-TRX-0019**



Contratto: 4502485266

CTR H02.05

LCI Si
 No

Rev. 00

Sh. 85 of 92

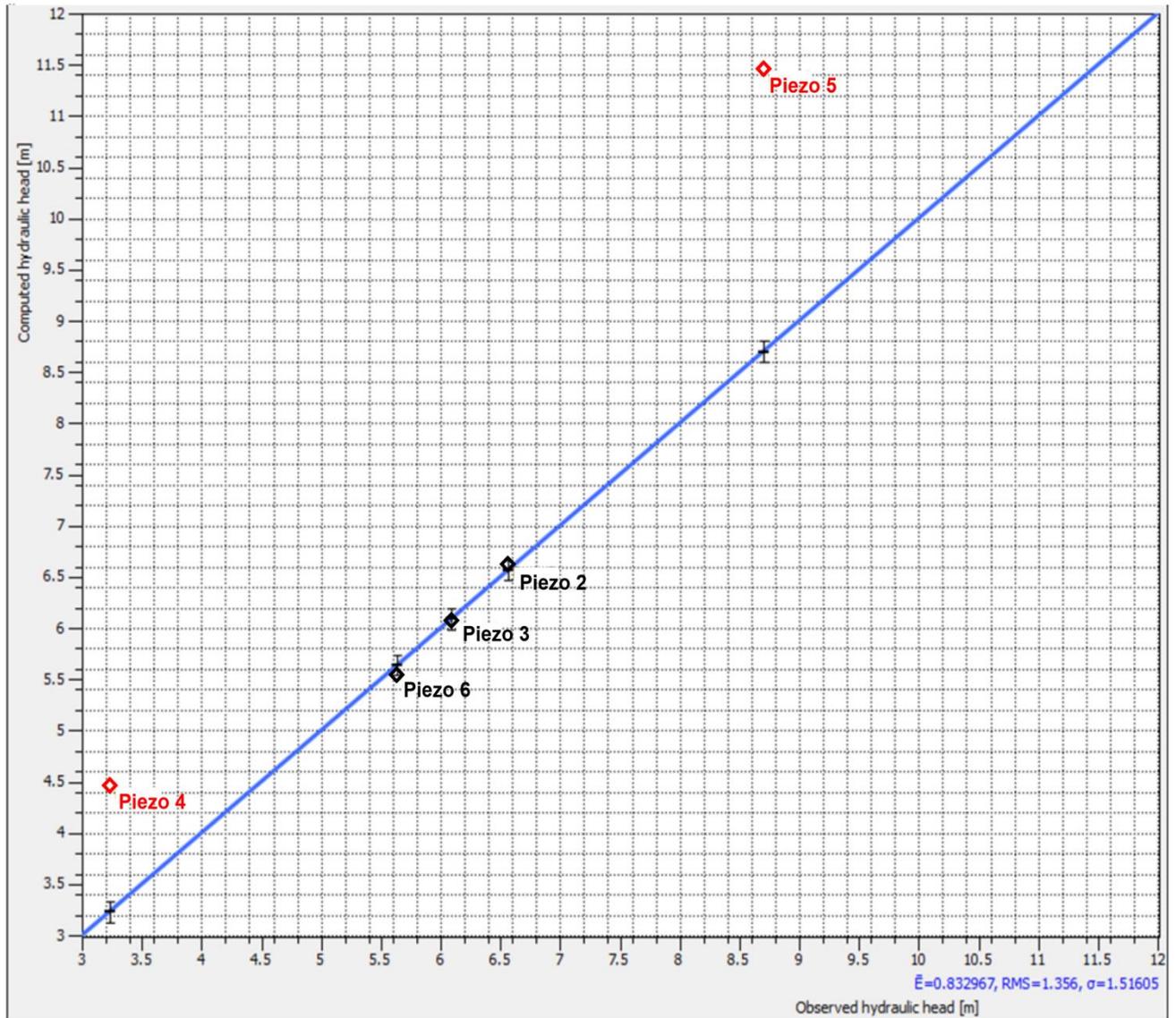


Figura 51 - Scatter plot relativo alla simulazione dello scenario 6 (valori in m slm)

	PROGETTO TRANS ADRIATIC PIPELINE INGEGNERIA DI DETTAGLIO DEL CONDOTTO OFFSHORE				
	Commessa originatrice 022720 Doc. 01-LA-E-80018	Titolo Doc.	Approdo italiano Potenziale interferenza del microtunnel sull'assetto idrogeologico locale		
Nr. Doc.		OPL00-SPF-200-G-TRX-0019			
Contratto: 4502485266		CTR H02.05	LCI	<input type="checkbox"/> Si <input checked="" type="checkbox"/> No	Rev. 00 Sh. 86 of 92

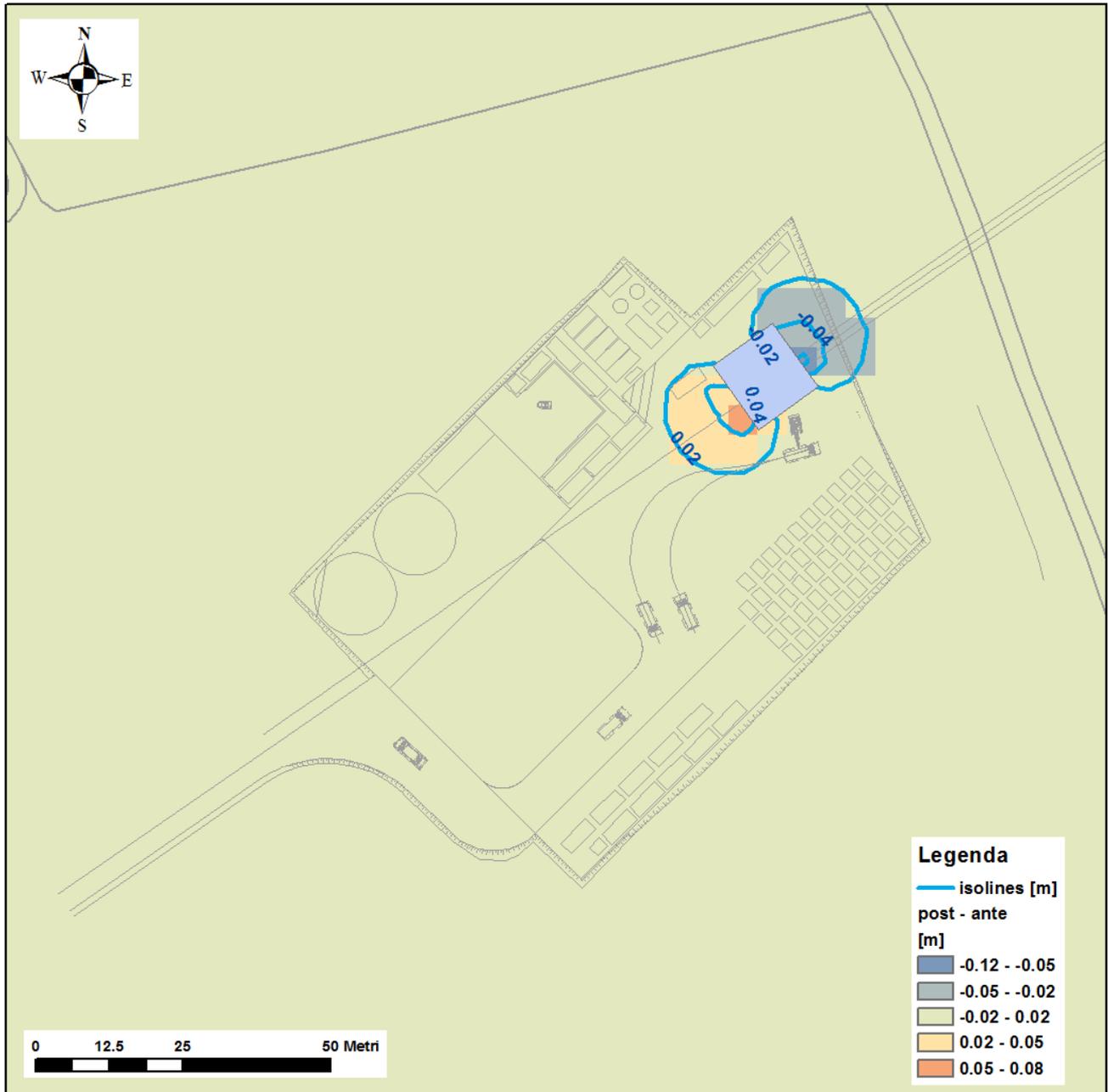


Figura 52 - Post-operam vs. ante-operam (valori in metri) per scenario 6a

	PROGETTO TRANS ADRIATIC PIPELINE INGEGNERIA DI DETTAGLIO DEL CONDOTTO OFFSHORE				
Commessa originatrice 022720 Doc. 01-LA-E-80018	Titolo Doc.	Approdo italiano Potenziale interferenza del microtunnel sull'assetto idrogeologico locale		 Trans Adriatic Pipeline	
	Nr. Doc.	OPL00-SPF-200-G-TRX-0019			
Contratto: 4502485266		CTR H02.05	LCI <input type="checkbox"/> Si <input checked="" type="checkbox"/> No	Rev. 00	Sh. 87 of 92

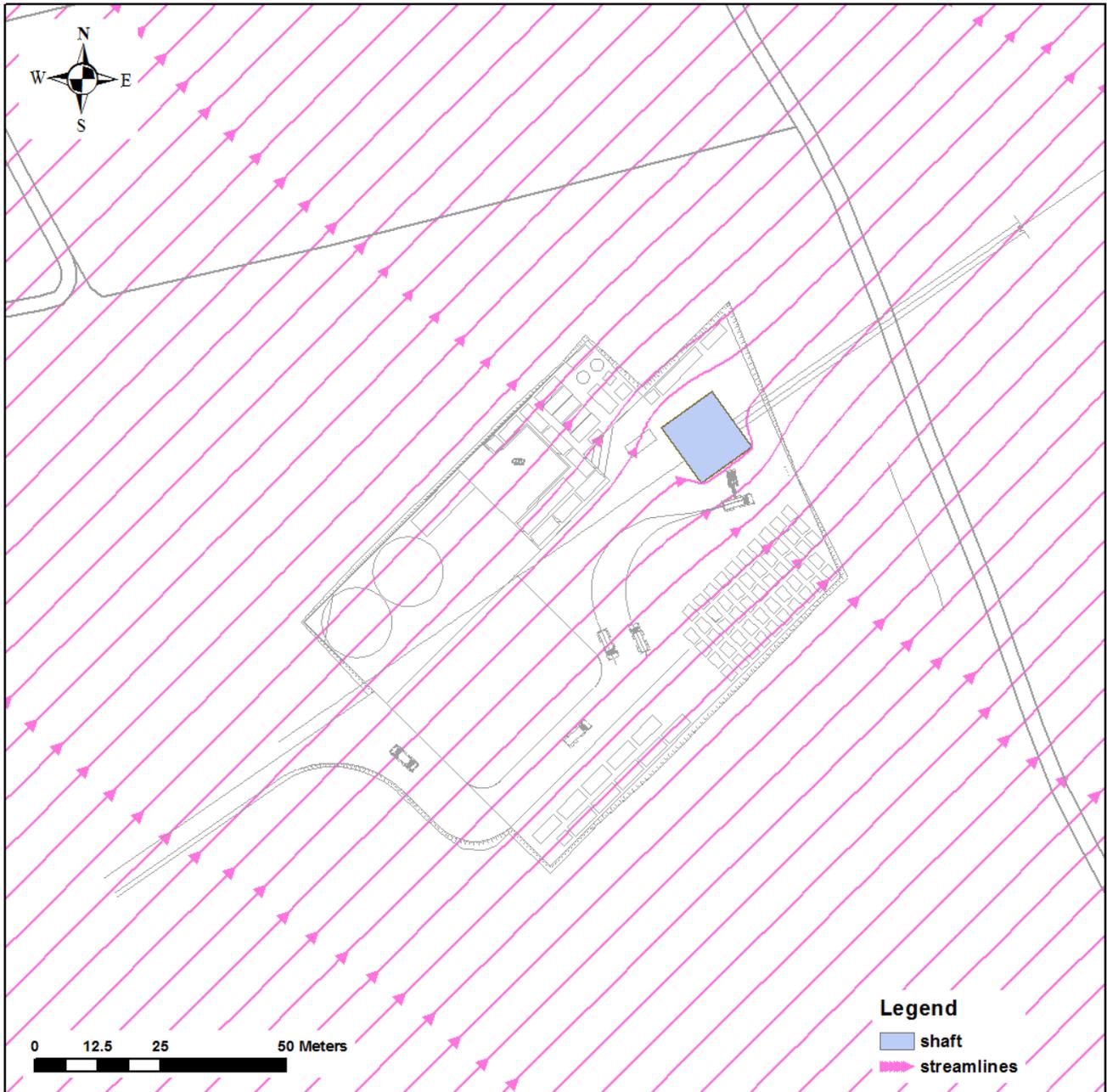


Figura 53 - Linee di flusso in prossimità dello scavo nello scenario 6a

	PROGETTO TRANS ADRIATIC PIPELINE INGEGNERIA DI DETTAGLIO DEL CONDOTTO OFFSHORE				
	Commessa originatrice 022720 Doc. 01-LA-E-80018	Titolo Doc. Approdo italiano Potenziale interferenza del microtunnel sull'assetto idrogeologico locale	 Trans Adriatic Pipeline		
	Nr. Doc. OPL00-SPF-200-G-TRX-0019	Contratto: 4502485266	CTR H02.05	LCI	<input type="checkbox"/> Si <input checked="" type="checkbox"/> No
		Rev. 00	Sh. 88 of 92		

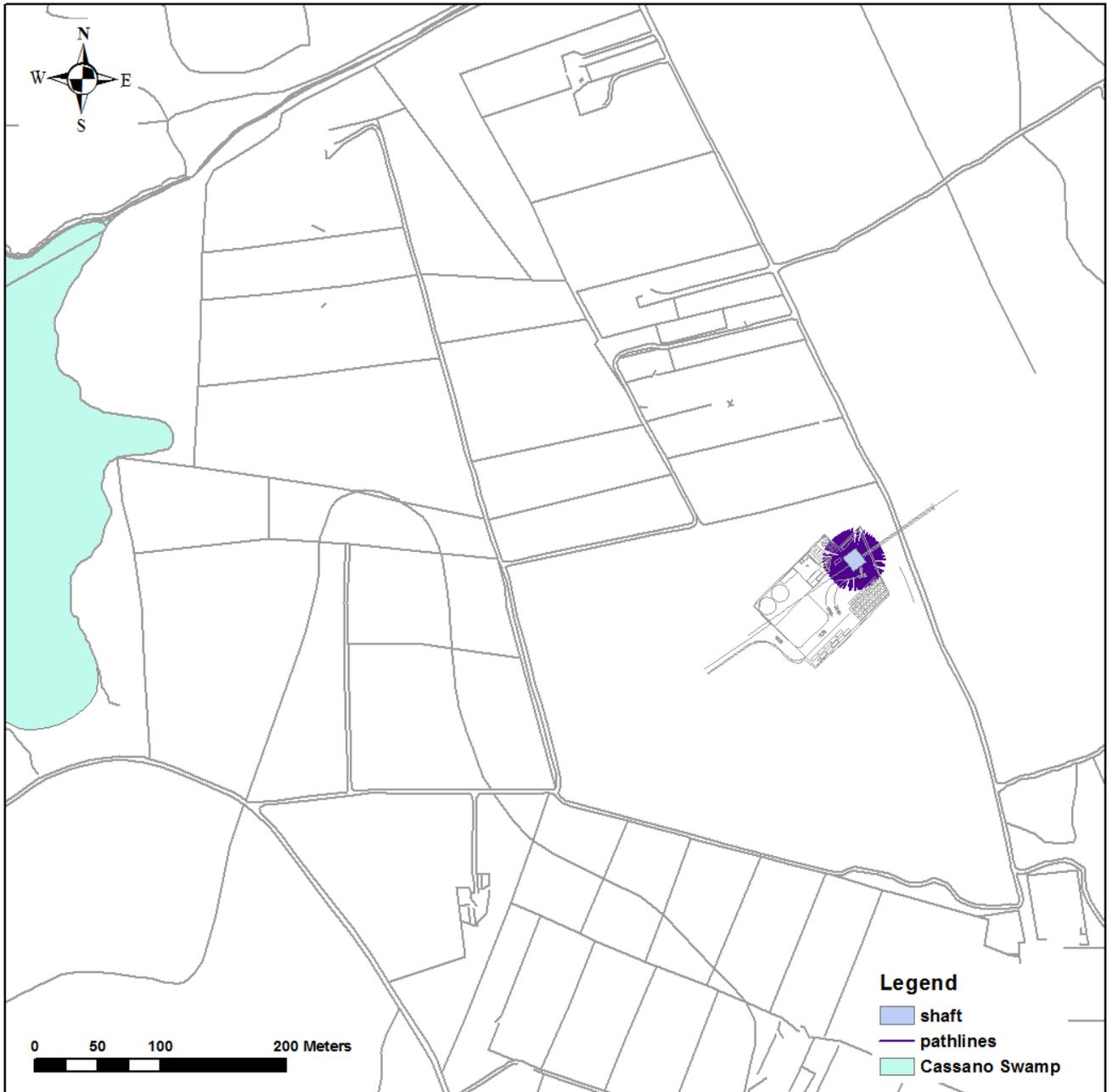


Figura 54 - Vista in pianta delle linee di flusso verso il pozzo durante il periodo di pompaggio (30 gg) per lo scenario 6b

	PROGETTO TRANS ADRIATIC PIPELINE INGEGNERIA DI DETTAGLIO DEL CONDOTTO OFFSHORE				
Commessa originatrice 022720 Doc. 01-LA-E-80018	Titolo Doc.	Approdo italiano Potenziale interferenza del microtunnel sull'assetto idrogeologico locale			 Trans Adriatic Pipeline
	Nr. Doc.	OPL00-SPF-200-G-TRX-0019			
Contratto: 4502485266		CTR H02.05	LCI <input type="checkbox"/> Si <input checked="" type="checkbox"/> No	Rev. 00	Sh. 89 of 92

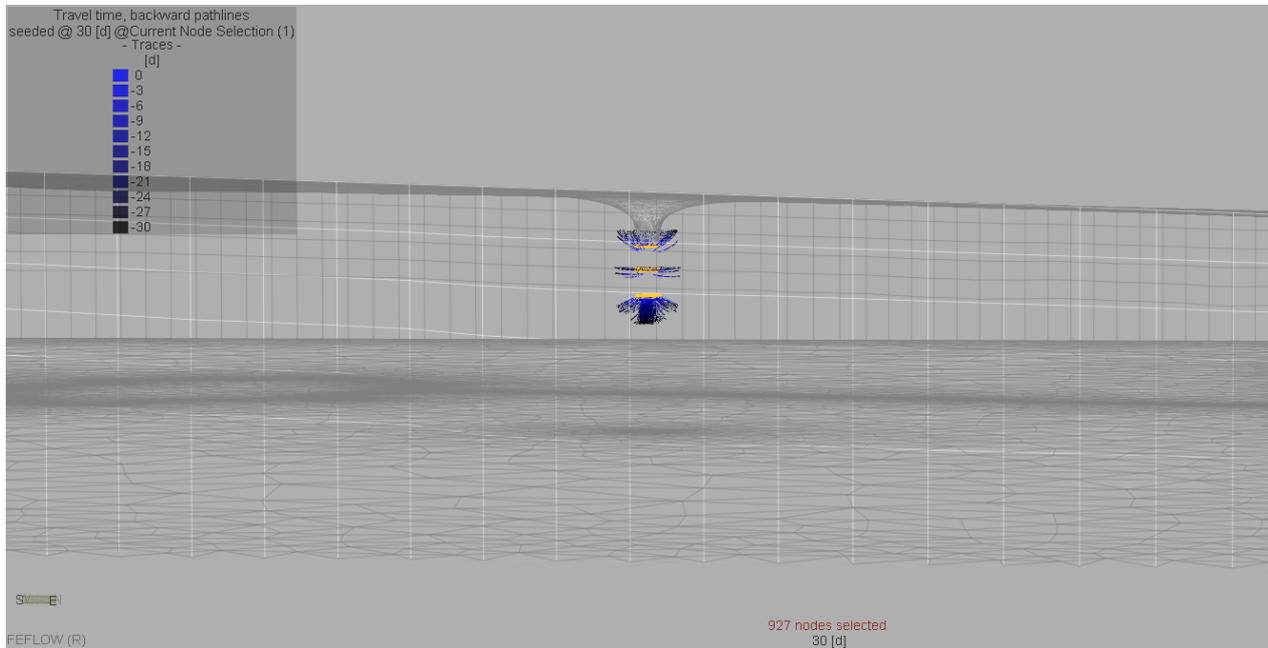


Figura 55 - Vista 3D delle linee di flusso verso il pozzo durante il periodo di pompaggio (30 gg) per lo scenario 6b (esagerazione verticale 5:1)

	PROGETTO TRANS ADRIATIC PIPELINE INGEGNERIA DI DETTAGLIO DEL CONDOTTO OFFSHORE				
Commessa originatrice 022720 Doc. 01-LA-E-80018	Titolo Doc.	Approdo italiano Potenziale interferenza del microtunnel sull'assetto idrogeologico locale		 Trans Adriatic Pipeline	
	Nr. Doc.	OPL00-SPF-200-G-TRX-0019			
Contratto: 4502485266		CTR H02.05	LCI <input type="checkbox"/> Si <input checked="" type="checkbox"/> No	Rev. 00	Sh. 90 of 92

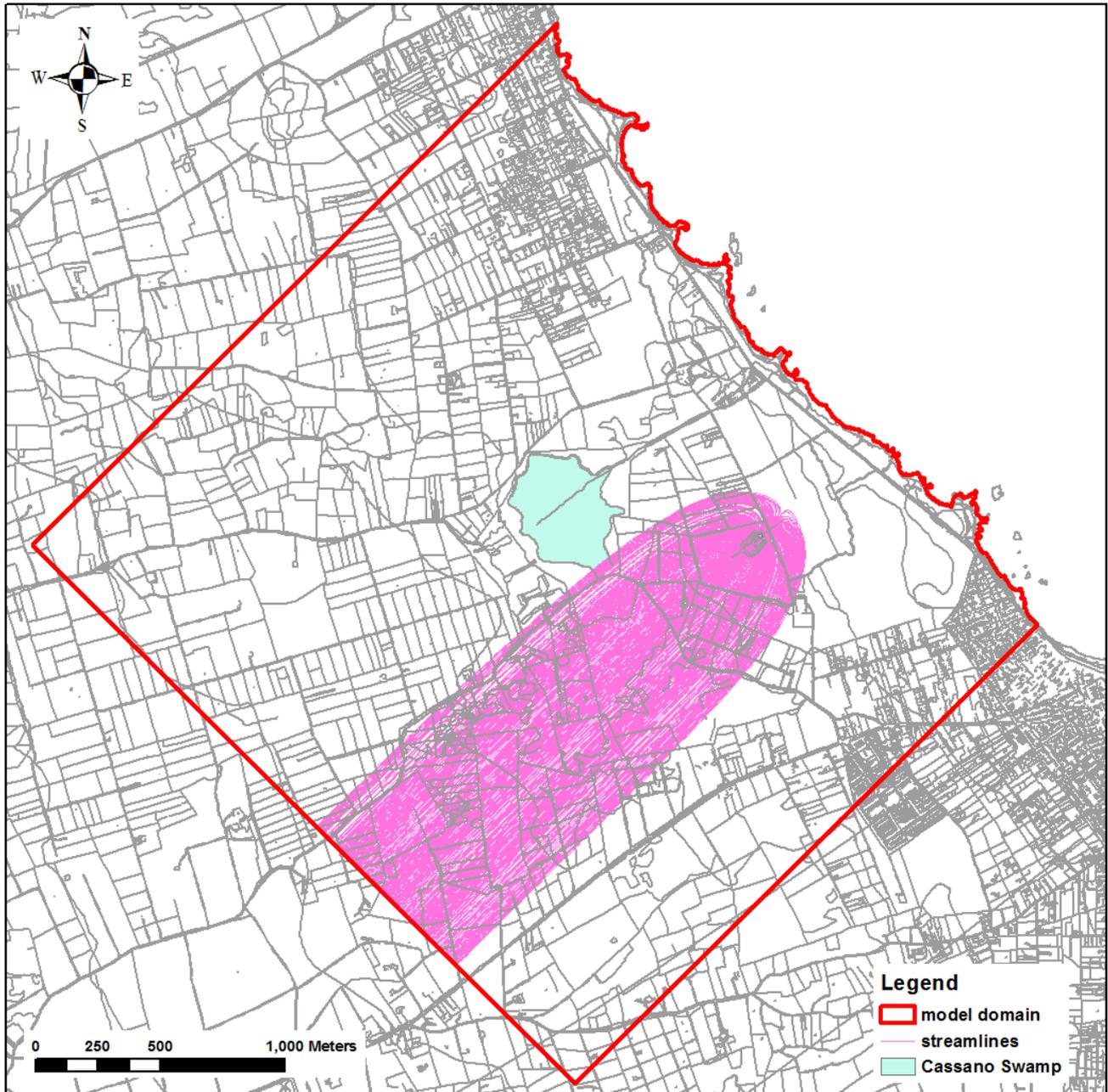


Figura 56 - Vista in pianta delle linee di flusso verso il pozzo nella simulazione in condizioni stazionarie per lo scenario 6b

	PROGETTO TRANS ADRIATIC PIPELINE INGEGNERIA DI DETTAGLIO DEL CONDOTTO OFFSHORE				
	Commessa originatrice 022720 Doc. 01-LA-E-80018	Titolo Doc. Approdo italiano Potenziale interferenza del microtunnel sull'assetto idrogeologico locale	 Trans Adriatic Pipeline		
Contratto: 4502485266		CTR H02.05	LCI	<input type="checkbox"/> Si <input checked="" type="checkbox"/> No	Rev. 00 Sh. 91 of 92

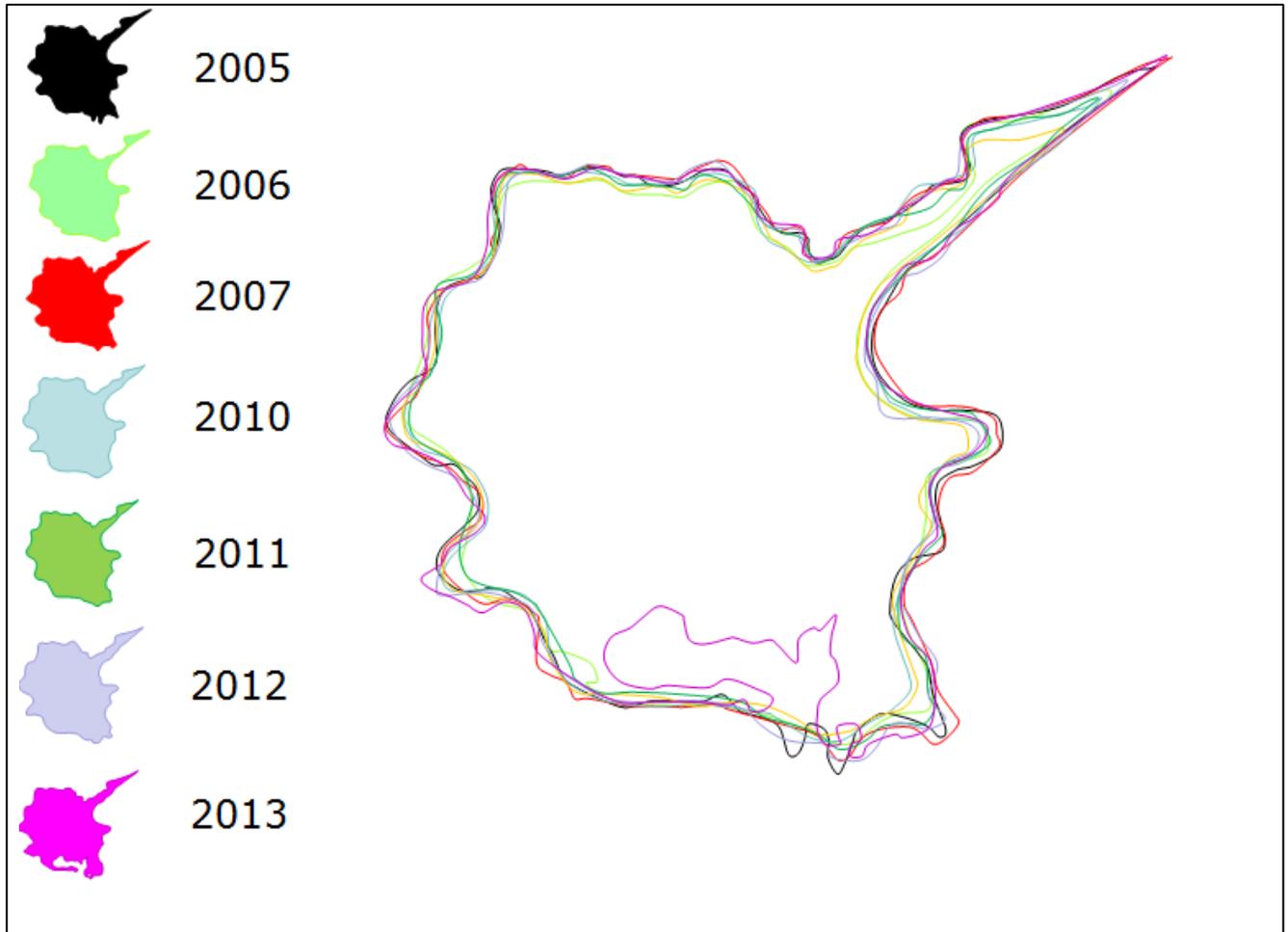


Figura 57 - Evoluzione storica della Palude di Cassano.

	PROGETTO TRANS ADRIATIC PIPELINE INGEGNERIA DI DETTAGLIO DEL CONDOTTO OFFSHORE					
Commessa originatrice 022720 Doc. 01-LA-E-80018	Titolo Doc.	Approdo italiano Potenziale interferenza del microtunnel sull'assetto idrogeologico locale			 Trans Adriatic Pipeline	
	Nr. Doc.	OPL00-SPF-200-G-TRX-0019				
	Contratto: 4502485266		CTR H02.05	LCI <input type="checkbox"/> Si <input checked="" type="checkbox"/> No	Rev. 00	Sh. 92 of 92

12 DETTAGLIO DELLE REVISIONI

Rev.	Data	Descrizione
A	28.09.2015	Emissione per Verifica Disciplinare Interna
0A	02.10.2015	Emissione per Commenti
00	19.11.2015	Emissione per Approvazione

Trans Adriatic Pipeline AG Italia - Sede Secondaria
Via IV Novembre, 149 - 00187 Roma, Italia
Tel.: +39 06 69 76 501
Fax: +39 06 69 76 50 32
tapitalia@tap-ag.com
www.tap-ag.it

Tutti i diritti di proprietà intellettuale relativi al presente documento sono riservati. La riproduzione, la diffusione o la messa a disposizione di terzi dei contenuti del presente documento sono vietate, se non sono preventivamente autorizzate da TAP AG.
La versione aggiornata del documento è disponibile nel database del Progetto TAP.