

STUDIO GEOLOGICO DOTT. MAURIZIO ORLANDO
Via Incoronata 65 - 73048 Nardò (Le)
Tel. 0833/561564 -328/3284634
e-mail morland@tiscali.it
P. iva 02518130758
C.F. RLN MRZ 62R06 F842B

INDAGINI GEOLOGICHE
-sondaggi geognostici
-rilievi geologici e strutturali

INDAGINI GEOFISICHE
- sismica
- tomografia e S.E.V. elettrici
- georadar

MELENDUGNO (Le): *Studio Idrogeomorfologico di un'area compresa tra Torre Specchia e San Foca*

Nardò, giugno 2014

Il Geologo:
Maurizio Orlando



1.0 PREMESSA

La presente relazione illustra i risultati di uno studio geologico dell'area costiera compresa tra San Foca e Torre Specchia, nella quale il progetto TAP prevede l'approdo della condotta sottomarina e le annesse opere complementari. Scopo dello studio è quello di ricostruire l'assetto idro-geomorfologico e, soprattutto, fornire adeguato riscontro al quesito n. 31 posto dal MATTM, di seguito riportato:

Richiesta n° 31

Preso atto della estrema vicinanza dell'asse del tracciato della condotta a terra con la zona umida denominata Palude di Cassano, classificata SIR (Sito d'interesse regionale), così come identificata nella sua estensione dal PRG di Melendugno, esattamente come indicato al § 4.2 del Progetto definitivo, addirittura interferente nella sua zona di rispetto, e comunque limitrofa all'area di cantiere a terra in cui verranno effettuati scavi profondi per l'alloggiamento delle condotte e per l'esecuzione del pozzo di spinta del micro tunnel, si chiede di valutare le potenziali interferenze delle previste opere con le falde superficiali e profonde con particolare riferimento ad un'eventuale alterazione della permeabilità sotterranea della falda o all'alterazione della comunicazione degli acquiferi tra loro, con particolare riferimento al mantenimento dell'equilibrio tra apporti di acqua salata e dolce, regolazione biologica con tutela della biodiversità, ecc....Oltre ad assicurare la preservazione della falda, con particolare riferimento alle interfacce tra acqua dolce e salata e tra terreno saturo e insaturo, dovranno essere adottate tutte le misure necessarie atte ad evitare eventuali fenomeni di accumulo, dispersione, movimentazione, dissoluzione ed evaporazione di possibili inquinanti derivati dalle attività di cantiere applicando tutte le necessarie misure ed accorgimenti tecnici).

Allo stato attuale, il Progetto TAP non è corredato di indagini geognostiche dirette *onshore* appositamente svolte e pertanto il presente studio si basa sui risultati di indagini geofisiche (indirette) di tipo elettrico e sismico, su dati bibliografici e sull'esperienza maturata nell'area dallo scrivente nel corso dell'attività professionale.

2.0 INQUADRAMENTO GEOLOGICO GENERALE

La serie di eventi tettonici che hanno interessato la Penisola Salentina a partire dall'Eocene, hanno dislocato con faglie dirette, la Piattaforma Apula mesozoica, originando l'attuale morfologia.

Gli affioramenti calcarei cretacei si rinvengono nelle zone altimetricamente più elevate ed interne del territorio, di qui il paesaggio digrada verso la costa attraverso una serie di ripiani che si raccordano per mezzo di scarpate più o meno marcate da zona a zona, e che individuano, secondo le più recenti interpretazioni paleogeografiche, antiche linee di costa corrispondenti ad altrettanti livelli marini diversi dall'attuale. Le scarpate, che in origine probabilmente corrispondevano a fianchi di piega o piani di faglia, hanno in seguito subito arretramento per abrasione.

Strutturalmente, i movimenti plicativi e disgiuntivi hanno piegato e ribassato le formazioni cretache e mioceniche, cosicché i bacini formati sono stati successivamente colmati, in seguito alla ingressione marina, da depositi pliocenici e pleistocenici.

Nel Pliocene inferiore e medio, l'intera area del Salento nord-orientale (Palmentola, 1987), subì un'ingressione marina permettendo la deposizione delle calcareniti oggi affioranti. Nel Pliocene superiore, i movimenti tettonici determinarono il piegamento e la fratturazione degli strati, e l'emersione dell'area. Si instaurò così una circolazione idrica superficiale e sotterranea che determinò le prime azioni carsiche sulle rocce ed a questo periodo si può riferire la fase di individuazione e di sviluppo dei sistemi carsici della costa orientale salentina. Nel Pleistocene inferiore tutta la penisola Salentina subì una nuova ingressione. Nell'area oggetto di studio la sommersione perdurò probabilmente durante parte del Pleistocene medio, ed alcune fratture, allargate durante la precedente emersione dalla dissoluzione carsica, vennero riempite da sedimenti marini.

L'ultima emersione, che perdura tuttora, avvenne tra il Pleistocene medio e quello superiore.

In sintesi, si può affermare che il territorio studiato è costituito da un basamento carbonatico cretaceo, su cui si è deposta in trasgressione dapprima la formazione calcarenitico marnosa miocenica, e in seguito la successione di calcareniti e sabbie con livelli limosi ed argillosi di età pliocenica e pleistocenica.

Nell'area studiata, la parte affiorante della serie è rappresentata, dall'alto verso il basso, da biocalcareni a granulometria medio-fine, giallastre, con presenza di livelli poco cementati, e a luoghi marnosi. Procedendo in profondità aumenta la percentuale fine, tanto da diminuirne drasticamente la permeabilità a partire da quote di qualche metro inferiori al livello marino.

Nel Foglio 214 della Carta Geologica d'Italia la parte affiorante di questi depositi è riferita ai livelli quaternari della formazione delle "Calcareniti del Salento", studi più recenti (Ciaranfi et Al.) indicano invece un'età pliocenica, inquadrandole nei "depositi di open shelf" (fig. 1). Tale formazione localmente è ininteressata da fenomeni paracarsici: quale tipico esempio, nelle vicinanze a circa 2 Km, in località Roca, sono note le Grotte della Poesia.

Lo spessore totale è di circa 50 m e di conseguenza la sottostante formazione miocenica si rinviene a profondità notevoli, corrispondenti a circa 45-50 m sotto il livello del mare. Si tratta di calcareniti marnose fini, con livelli concrezionati, a luoghi anche carsificati e quindi molto permeabili, in contrasto con l'ammasso roccioso che è generalmente caratterizzato da valori di permeabilità molto bassi.

Fig.1: Carta Geolitologica (Ciaranfi et Al.)



12 Depositi alluvionali antichi, recenti ed attuali; depositi recenti e attuali di spiaggia emersa; dune costiere - PLEISTOCENE MEDIO E SUPERIORE - OLOCENE.

5 Complesso di *open shelf* costituito da due unità litostatigrafiche tra loro trasgressive. L'unità più antica (PLIOCENE INFERIORE) è caratterizzata da calcilutiti glauconitiche a foraminiferi pelagici; quella più recente (PLIOCENE MEDIO-SUPERIORE) è rappresentata da un'alternanza di calcareniti e calcilutiti a foraminiferi, molluschi e crostacei.

4 Successioni carbonatiche di *open shelf* (Pietra leccese e Calcareniti di Andrano) caratterizzate da ripetuti diastemi collegabili ad instabilità tettonica: biomicriti a foraminiferi e molluschi. MIOCENE (*Burdigaliano - Messiniano inferiore*).

2.1 Idrogeologia

2.1.1 acque superficiali

L'idrografia superficiale ha avuto un ruolo molto marginale nel modellare il paesaggio dell'area studiata, sono infatti assenti veri e propri corsi d'acqua e il reticolo è limitato a pochi tratti di lunghezza massima inferiore al chilometro (fig. 2). L'unico elemento di rilievo, anche per la vicinanza alla zona strettamente interessata dall'intervento, è la Palude di Cassano che è stata proposta come Sito d'Interesse Regionale (SIR). Il sito è caratterizzato da una vasta depressione carsica, che presenta al suo interno una tipica vegetazione palustre con *Phragmites australis* e, a tratti, con *Cladium mariscus*. In passato la palude è stata parzialmente bonificata mediante realizzazione di un canale con foce a mare. Le aree paludose presentano modeste superfici caratterizzate da pozze d'acqua temporanee nelle quali si sviluppa una vegetazione a *Isoetes hystrix* inquadrabile nella classe *Isoeto-Nanojuncetea*. Nelle aree che circondano la palude è presente una vegetazione erbacea di pseudosteppa con lembi di vegetazione a gariga.

La vegetazione igrofila con *Cladium mariscus* è considerata habitat prioritario con la denominazione "paludi calcaree con *Cladium mariscus*". Le pozze con *Isoetes* si inquadrano nell'habitat "stagni temporanei mediterranei". Inoltre la vegetazione substeppica si inquadra nell'habitat "percorsi substeppici di graminacee e piante annue dei Thero-Brachypodietea".

Le quote della parte più depressa, sono di poco superiori a 5 mslm e quindi l'umidità è assicurata dalla presenza della falda superficiale che in quel punto si colloca grosso modo a tale quota. In questo sito inoltre sono convogliati, attraverso una condotta interrata, i reflui provenienti dall'impianto di depurazione comunale posto poche centinaia di metri a sud. E' verosimile che almeno una parte dei volumi in arrivo siano drenati nel sottosuolo, attuando una ricarica continua della falda che quindi, attualmente, si ritiene debba avere carichi piezometrici superiori a quelli riportati in fig. 2.

La quota minima della palude e la presenza continua della falda, costantemente alimentata anche nei periodi meno piovosi, fanno ritenere che l'ambiente creato sia prettamente continentale e non di transizione.

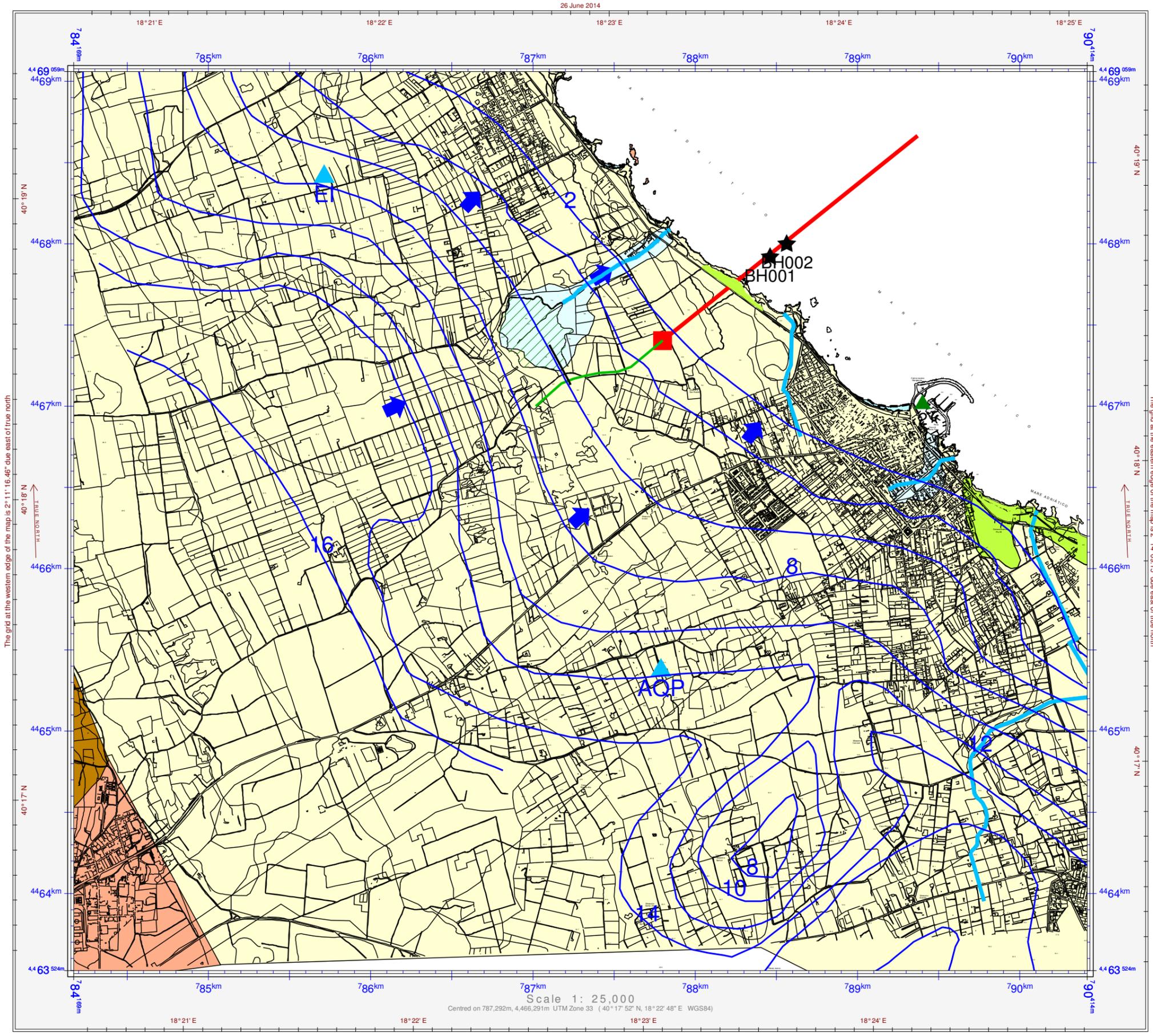
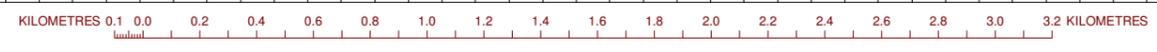


Fig. 2: Carta Idrogeomorfologica

- Acque superficiali
- reticolo idrografico
- Palude di Cassano
- Acque sotterranee
- isofreatica (mslm) eq. 2m -Acquifero A
- direzione di deflusso della falda (Acquifero B)
- sorgente -Acquifero A
- pozzi emungenti -acquifero B
- Litologia
- Sabbie, a luoghi cementate -Cordoni Dunari Antichi, Recenti e Attuali
- Sabbie e limi -Depositi Alluvionali e Palustri (Recente-Attuale)
- Calcareniti (Pliocene)
- Calcareniti (Pliopleistocene)
- Calcareniti (Miocene)
- PROGETTO TAP
- pozzo di spinta
- microtunnel
- condotta gas
- Sondaggi offshore



2.1.2 acque sotterranee

Le azioni tettoniche che si sono susseguite nel territorio salentino hanno influito molto e soprattutto, favorevolmente, sui caratteri di permeabilità delle attuali zone di percolazione e saturazione, agendo non solo in termini di fratturazione, ma ancor più sull'evoluzione della canalizzazione e vascolarizzazione carsica.

Per quanto riguarda il fenomeno carsico, tra i fattori che hanno favorito lo sviluppo di vie di preferenziale incarsimento orizzontale e l'articolazione dell'intera rete carsica, un posto di primo piano spetta alla configurazione peninsulare della regione. Questa sollecitando quasi da ogni lato la discarica a mare delle acque di falda, ha fatto sì che qualsiasi famiglia di giunti presenti nella roccia, godesse, quantomeno localmente, di una favorevole orientazione nei confronti della spontanea direzione di deflusso della falda. Gli assi di massimo incarsimento (e quindi di preferenziale drenaggio), non avendo assecondato un'unica direttrice tettonica preferenziale, risultano, in buona parte, orientati in vario modo. Talchè a condizionare lo sviluppo delle manifestazioni carsiche superficiali e sotterranee sono soprattutto i depositi carbonatici del Cretaceo.

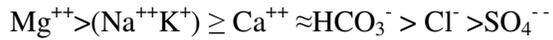
La penisola Salentina è caratterizzata da una circolazione idrica sotterranea piuttosto complessa in quanto non riconducibile ad un solo acquifero, ma viceversa ad un maggior numero di livelli idrici di cui il principale, sia in rapporto alle dimensioni, che all'importanza soprattutto dal punto di vista antropico, è quello noto con il termine di falda "profonda" o falda "di base". La circolazione di questa falda, si esplica principalmente a pelo libero e subordinatamente in pressione, con una discreta uniformità delle sue caratteristiche idrogeologiche.

La sequenza litostratigrafica dell'area esaminata, dà luogo ad una circolazione delle acque sotterranee impostata su più livelli acquiferi, posti a diverse profondità e di norma ben separati, ma che localmente possono essere messi in comunicazione dalle dislocazioni tettoniche o anche dalle variazioni verticali della permeabilità (fig. 3).

Partendo dalla superficie, si rinviene una prima falda comunemente denominata "falda superficiale" o, più precisamente, secondo il Piano di Tutela Acque della Regione Puglia, "Acquifero Poroso dell'Area Leccese Costiera Adriatica". Nella zona d'interesse questa falda presenta una morfologia abbastanza omogenea con isofreatiche all'incirca parallele alla linea di costa (fig.2) dove è in equilibrio con le acque marine di invasione continentale e dà luogo a locali manifestazioni sorgentizie. I dati bibliografici indicano valori di portata specifica compresi tra 0,2 e 0,5 l/sm, tipici di un acquifero poco permeabile, soprattutto per porosità interstiziale e subordinatamente per fratturazione. I valori caratteristici della conducibilità idraulica dell'ammasso roccioso che costituisce l'acquifero sono dell'ordine dei 10^{-5} - 10^{-6} m/s. Se si escludono localizzate immissioni artificiali del tipo descritto in precedenza, l'alimentazione è esclusivamente legata agli

apporti meteorici e pertanto i carichi piezometrici variano stagionalmente in funzione del regime termopluviometrico.

I valori di salinità sono generalmente inferiori ai 0,6 g/l ed aumentano in prossimità della linea di costa, sia per la contaminazione conseguente a perturbazioni dell'equilibrio acqua dolce/acqua salata, sia per lo spray marino; il rapporto chimico caratteristico più frequente è del tipo:



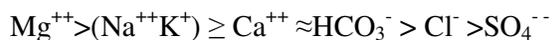
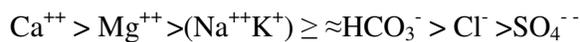
Molto utilizzata in passato, attualmente non è più molto sfruttata, sia per le basse portate che per la bassa qualità, legata all'estrema vulnerabilità conseguente alla vicinanza alla superficie e alla scarsa presenza di terreni di copertura poco permeabili. E' da rilevare che proprio nell'area strettamente interessata dall'intervento è presente l'impianto di depurazione comunale e il relativo recapito finale costituito dalla Palude di Cassano.

Molto più in profondità, a quote comprese tra 40 e 60 m al di sotto del livello marino, circola, in pressione la falda ospitata nell'acquifero denominato nel Piano Tutela Acque "Acquifero Superiore Miocenico del Salento Centro-Orientale", costituito da rocce di natura calcarenitico-marnosa di età miocenica, in corrispondenza di alcuni orizzonti concrezionati e/o carsificati.

La delimitazione areale di questo acquifero, non è agevole. Molto spesso infatti, nel corso delle perforazioni per ricerca idrica, questo viene intercettato e messo in comunicazione con la falda circolante nella formazione carbonatica mesozoica.

L'alimentazione avviene sia per percolazione dalla superficie che per apporti di altre falde.

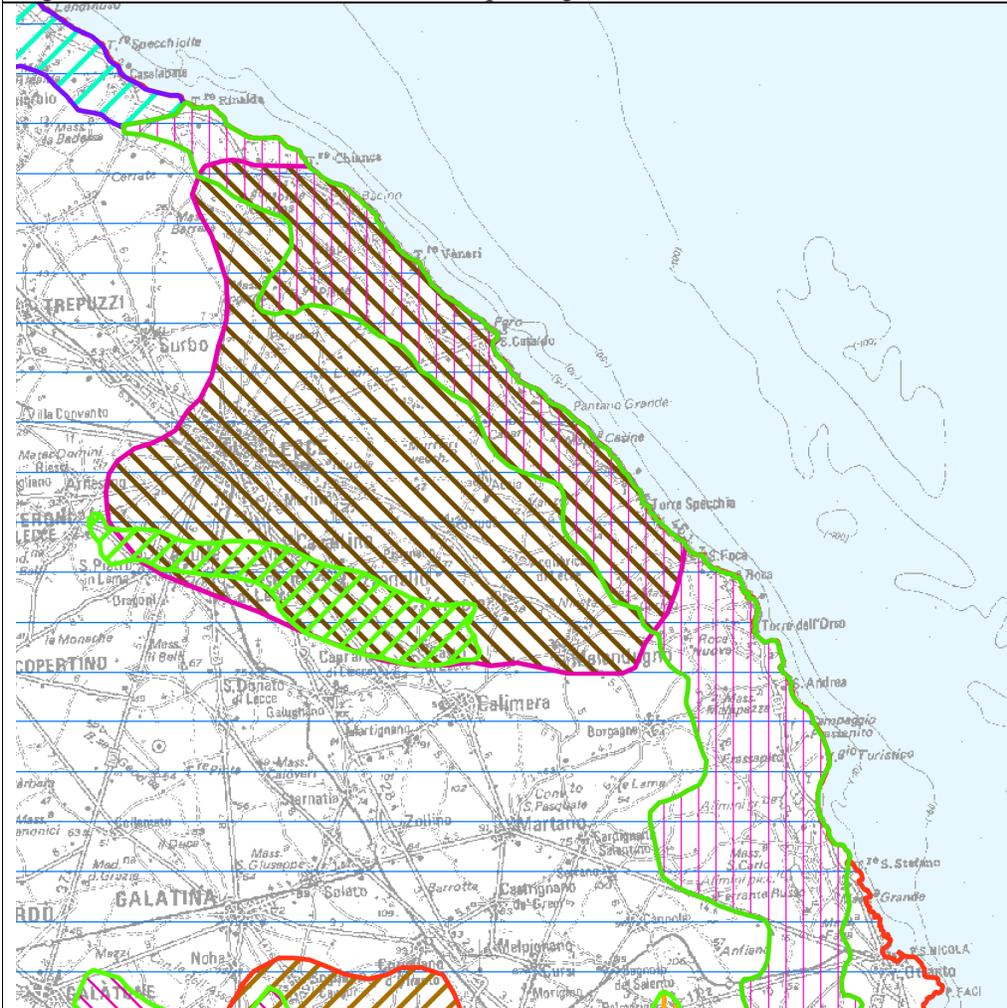
Questa è la falda più utilizzata nell'area sia per usi irrigui che idropotabili in quanto fornisce buone portate (1-30 l/sm) e acque di buona qualità, con tenori salini compresi tra 0,3 e 0,6 g/l ed elevata purezza batteriologica. I rapporti chimici caratteristici più frequenti sono del tipo:



Questa falda è stata rinvenuta, con caratteristiche del tutto analoghe a quelle riscontrate nell'entroterra, anche in perforazioni eseguite a ridosso della linea di costa e pertanto si presume che si addentri almeno sino all'immediato sottocosta.

L'ultima falda presente è quella carsica ospitata nell'acquifero calcareo cretaceo; i dati a disposizione indicano che si rinviene in pressione a profondità superiori ai 200 m ed è ovviamente salata come testimoniato dalla scheda del pozzo E.I. n. 42 (appendice B).

Fig. 3: (Tav. 6.1A del Piano Tutela Acque Puglia)



Legenda

ACQUIFERI CARSIICI E FESSURATI

-  ACQUIFERO DEL GARGANO
-  ACQUIFERO SUPERFICIALE VICO ISCHITELLA
-  ACQUIFERO DELLA MURGIA
-  ACQUIFERO DEL SALENTO
-  ACQUIFERO SUP. MIOCENICO DEL SALENTO CENTRO-MERIDIONALE
-  ACQUIFERO SUP. MIOCENICO DEL SALENTO CENTRO-ORIENTALE

ACQUIFERI POROSI

-  ACQUIFERO ALLUVIONALE BASSA VALLE SACCIONE
-  ACQUIFERO ALLUVIONALE BASSA VALLE FORTORE
-  ACQUIFERO SUPERFICIALE DEL TAVOLIERE
-  ACQUIFERO ALLUVIONALE BASSA VALLE DELL'OFANTO
-  ACQUIFERO SUPERFICIALE DELL'ARCO JONICO TARANTINO OCCIDENTALE
-  ACQUIFERO SUPERFICIALE DELL'ARCO JONICO TARANTINO ORIENTALE
-  ACQUIFERI SUPERFICIALI MINORI DELL'ARCO JONICO TARANTINO
-  ACQUIFERO DELL'AREA BRINDISINA
-  ACQUIFERO DELL'AREA LECCESE SETTENTRIONALE
-  ACQUIFERO DELL'AREA LECCESE SUD E SUD-EST DI LECCE
-  ACQUIFERO DELL'AREA LECCESE COSTIERA ADRIATICA
-  ACQUIFERO DELL'AREA LECCESE CENTRO SALENTO
-  ACQUIFERO DELL'AREA LECCESE DISO-GIUGLIANELLO-PALMARIGGI
-  ACQUIFERO DELL'AREA LECCESE SUD-OCCIDENTALE
-  ACQUIFERO ALLUVIONALE DELLA VALLE DEL BASENTELLO

3.0 INDAGINI NEARSHORE E ONSHORE

Nell'Allegato a EM-SPF-STA-0612, Saipem, utilizzando le indagini ad oggi disponibili, ha già effettuato una valutazione della possibile presenza di cavità carsiche nell'area di costruzione del Microtunnel e del Pozzo di Spinta.

Tuttavia si ritiene utile, in questa sede, approfondire ed illustrare più in dettaglio i risultati dell'indagine geofisica, con particolare riguardo ad alcune anomalie evidenziate nelle sezioni geoelettriche e sismiche nella parte onshore.

Nel seguito si analizzano in dettaglio i profili sismici e geoelettrici disponibili, ubicati nelle figg. 4a e 4b, evidenziando ed interpretando geologicamente ed idrogeologicamente le anomalie riscontrate, ed essenzialmente riconducibili alle seguenti tipologie:

Tipo1: Anomalie elettriche bassa resistività;

Tipo 2: Anomalie elettriche alta resistività;

Fig. 4a: Indagini geofisiche nell'area onshore del microtunnel – tracce in pianta (R 1,2,2A S 9,1,2,29)

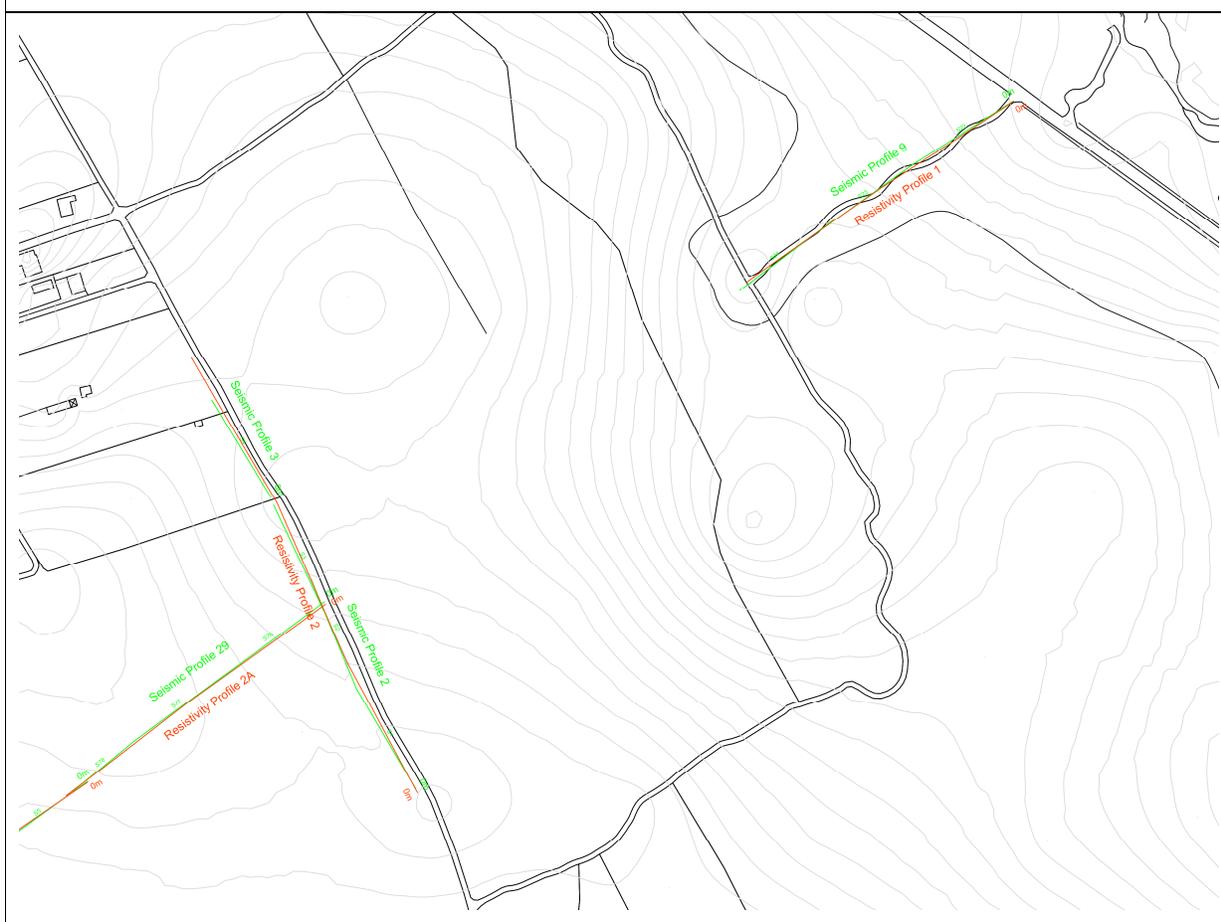
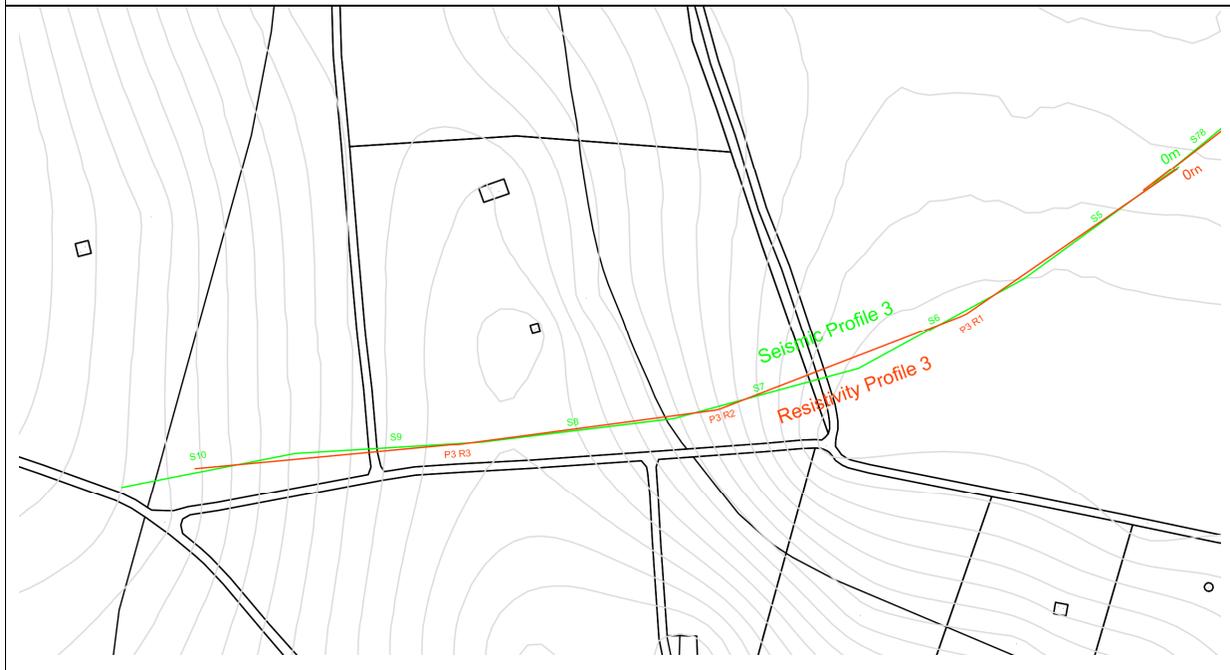
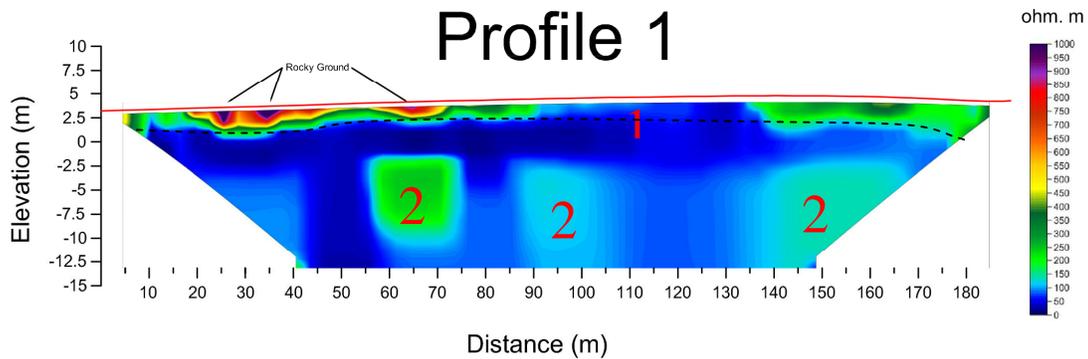


Fig.4b: Indagini geofisiche nell'area onshore del microtunnel – (R 3 S 3)



Profilo R 1

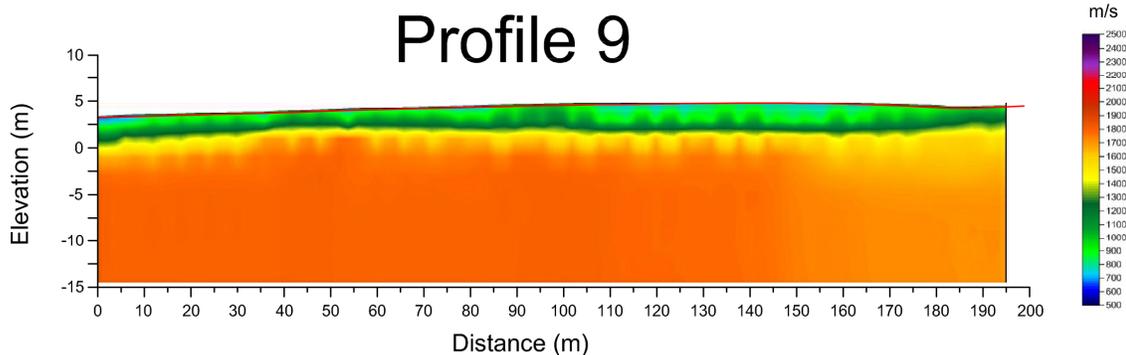


Questo profilo è stato eseguito in direzione NE-SW partendo da una distanza di circa 100 m dalla linea di costa, parallelamente al tracciato del microtunnel e ad una distanza dallo stesso di circa 35 m.

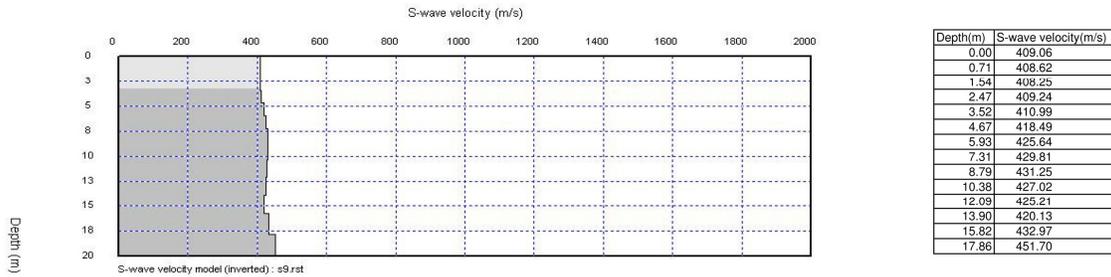
Si riconoscono due strati: il più profondo, a partire da una quota di circa 1.5 m slm, è riconducibile, in base ai valori di resistività, all'acquifero superficiale, in buon accordo con la ricostruzione delle isofreatiche in fig. 2.

Si evidenzia inoltre un'anomalia superficiale bassoresistiva (tipo 1) tra le progressive 95 e 135, essa può essere associata alla presenza di terreno di copertura limoso, in contrasto con le zone circostanti costituite da roccia affiorante o subaffiorante. A partire da quote di circa -2 mslm, si rinviene una serie di anomalie di tipo 2 (relativamente alta resistività), che sono riconducibili ad una locale diminuzione del contenuto d'acqua.

Profilo S 9



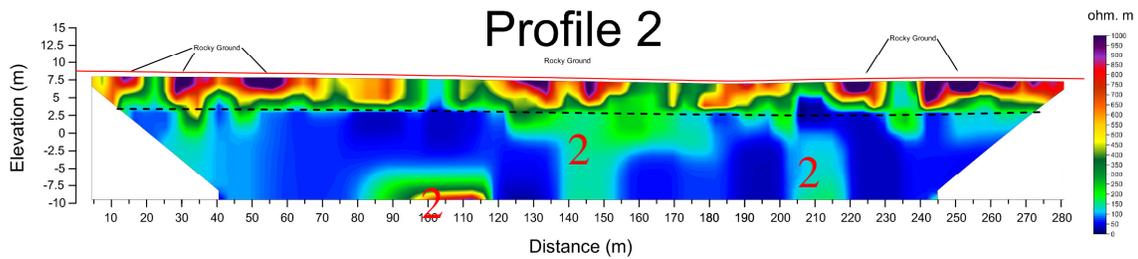
La traccia è praticamente coincidente con R1, solo leggermente più lunga. Si riconosce uno strato superficiale con velocità delle onde P comprese tra 900 e 1300 m/s, sovrastante un materiale a velocità più alta (1500-1800 m/s). Questi valori sono compatibili con roccia tenera calcarenitica, satura in corrispondenza dell'acquifero. Lo spessore del primo strato è uniforme e non si evidenziano anomalie. Nella figura sottostante, si riporta il risultato dell'indagine masw (relativa alle onde S):



Come si può osservare dal grafico, la velocità delle onde S è costante sino alla profondità di 20 m, non sono presenti quindi inversioni di velocità.

In definitiva, per quanto riguarda questo tratto, le indagini geofisiche non evidenziano la presenza di cavità.

Profilo R 2



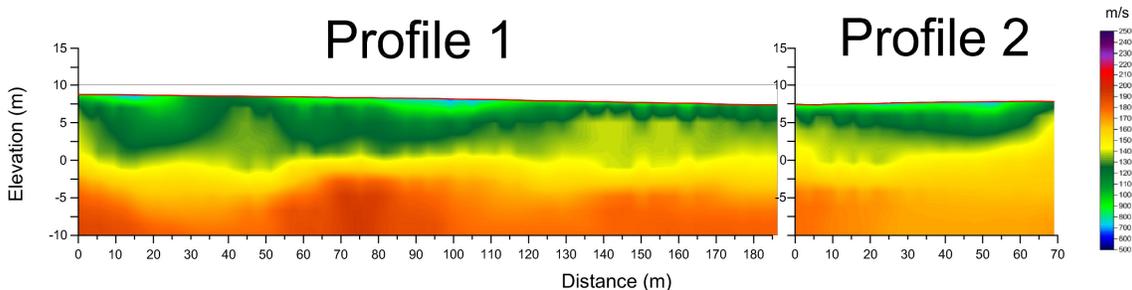
Questo profilo è stato eseguito in direzione NNO-SSE, quindi trasversalmente al tracciato del microtunnel e quasi in corrispondenza della zona del pozzo di spinta.

Si riconoscono due strati, il più profondo, a partire da una quota di circa 3.0 m slm, è riconducibile in base ai valori di resistività, all'acquifero superficiale. Tale quota è leggermente superiore a quella ottenuta con la ricostruzione delle isofreatiche in fig. 2.

A partire dalla quota di circa -7.5 mslm tra le progressive 95-115, si rinviene un'anomalia di tipo 2 (relativamente alta resistività), riconducibile ad una locale diminuzione del contenuto d'acqua.

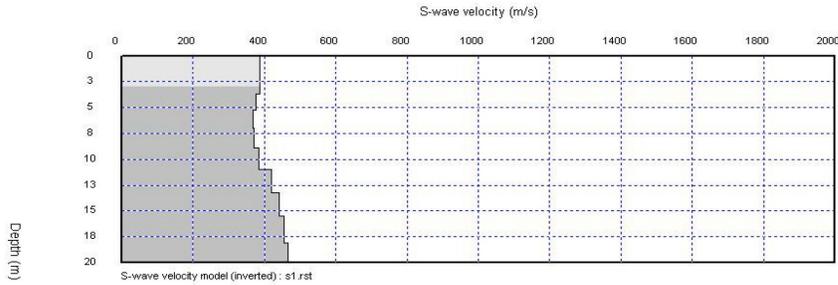
Analoghe anomalie di tipo 2, meno marcate, si rinvengono a partire da quote superiori, ma che si continuano sino alla profondità indagata (-10.0), tra le progressive 125-180 e 205-220.

Profilo S 1/2

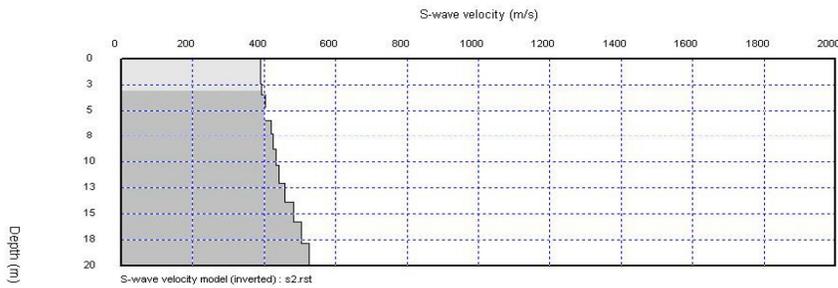


La traccia è praticamente coincidente con R2. Si riconosce uno strato superficiale con velocità delle onde P comprese tra 900 e 1330 m/s, sovrastante un materiale a velocità più alta (1500-1800 m/s). Questi valori sono compatibili con roccia tenera calcarenitica, satura in corrispondenza dell'acquifero. Lo spessore del primo strato non è uniforme, gli spessori maggiori si rinvengono nella parte iniziale (6 m) e diminuiscono in direzione SSE sino a circa 2 m. Non si evidenziano particolari anomalie.

Nella figura sottostante, si riporta il risultato dell'indagine masw (relativa alle onde S):



Depth(m)	S-wave velocity(m/s)
0.00	387.42
1.07	386.87
2.31	386.77
3.71	376.25
5.27	369.15
7.01	371.66
8.90	385.10
10.96	418.77
13.19	443.01
15.58	455.98
18.13	465.75
20.85	469.64

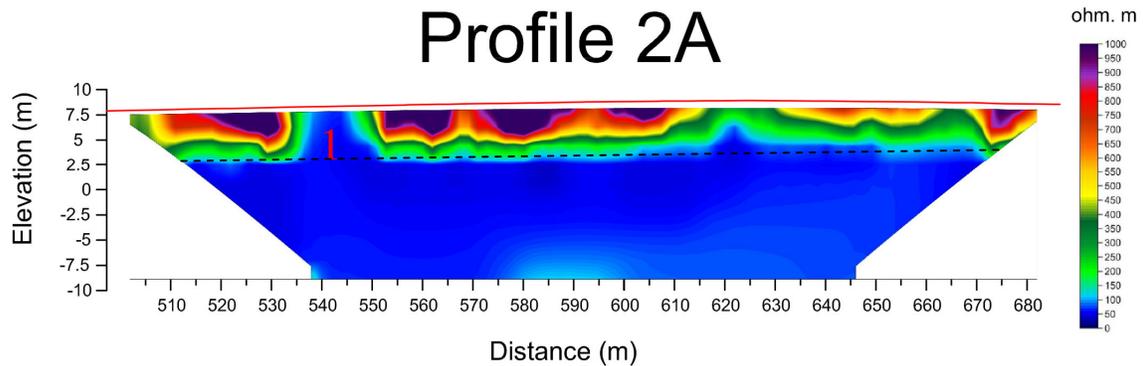


Depth(m)	S-wave velocity(m/s)
0.00	390.31
0.71	390.38
1.54	390.80
2.47	392.14
3.52	401.99
4.67	401.91
5.93	419.68
7.31	425.91
8.79	433.29
10.38	440.71
12.09	457.10
13.90	483.39
15.82	504.72
17.86	525.11

Come si può osservare dal grafico, la velocità delle onde S aumenta leggermente con la profondità, passando dai circa 390 a circa 520 m/s ; non sono presenti quindi significative inversioni di velocità.

In definitiva, per quanto riguarda questo tratto, le indagini geofisiche non hanno evidenziato la presenza di cavità.

Profilo R2A

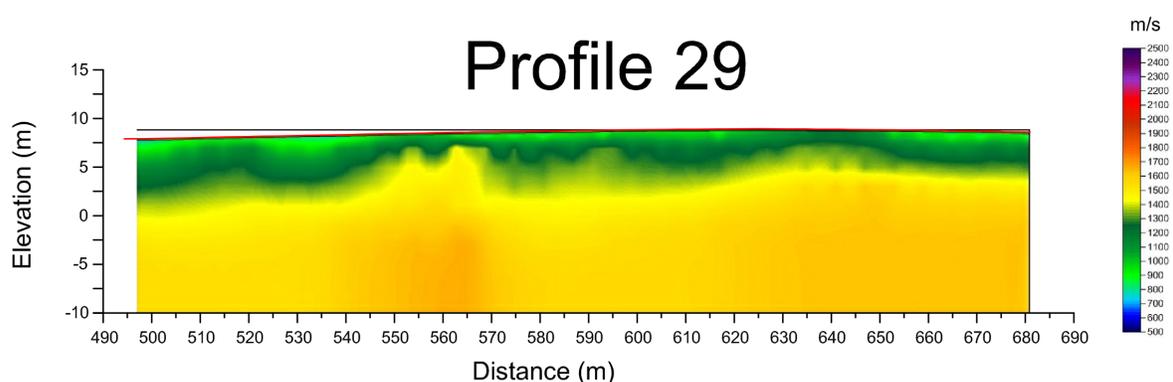


Questo profilo è stato eseguito in direzione NE-SW, parallelamente e direttamente sul tracciato del microtunnel.

Si riconoscono due strati, il più profondo, a partire da una quota media di circa 3.5 m slm, è riconducibile, in base ai valori di resistività, all'acquifero superficiale, tale quota è in buon accordo con quella ottenuta con la ricostruzione delle isofreatiche in fig. 2, mostrando anche una cadente verso la costa.

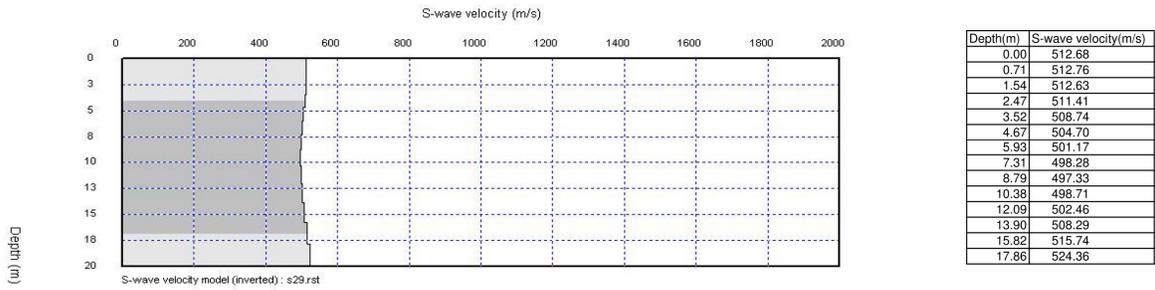
Si evidenzia inoltre un'anomalia superficiale bassoresistiva (tipo 1) tra le progressive 540 e 550, essa può essere associata alla presenza di una zona con terreno di copertura limoso, in contrasto con le zone circostanti costituite da roccia affiorante.

Profilo S29



La traccia è praticamente coincidente con R2A. Si riconosce uno strato superficiale con velocità delle onde P comprese tra 1000 e 1300 m/s, sovrastante un materiale a velocità più alta (1500-1700 m/s). Questi valori sono compatibili con roccia tenera calcarenitica, saturo in corrispondenza dell'acquifero. Lo spessore del primo strato non è uniforme, gli spessori maggiori si rinvergono nella parte iniziale (6 m) e diminuiscono in direzione SW sino a circa 3 m. Non si evidenziano

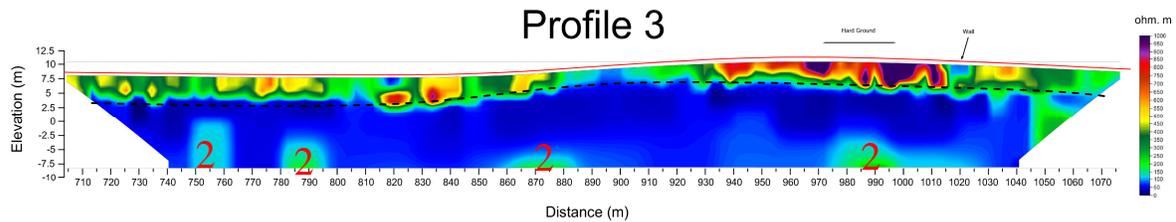
particolari anomalie. Nella figura sottostante, si riporta il risultato dell'indagine masw (relativa alle onde S):



Come si può osservare dal grafico, la velocità delle onde S è costante e pari a circa 500 m/s sino alla profondità di indagine, non sono presenti quindi significative inversioni di velocità.

In definitiva, per quanto riguarda questo tratto, le indagini geofisiche non hanno evidenziato la presenza di cavità.

Profilo R3

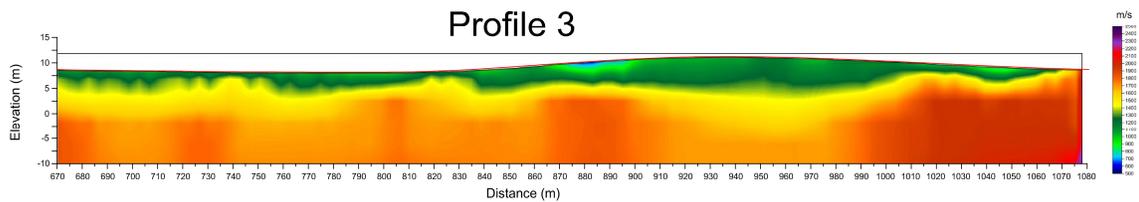


Questo profilo è stato eseguito nel primo tratto (circa 80 m) in direzione NE-SW, nel tratto successivo la direzione diventa E-W, seguendo il tracciato della condotta.

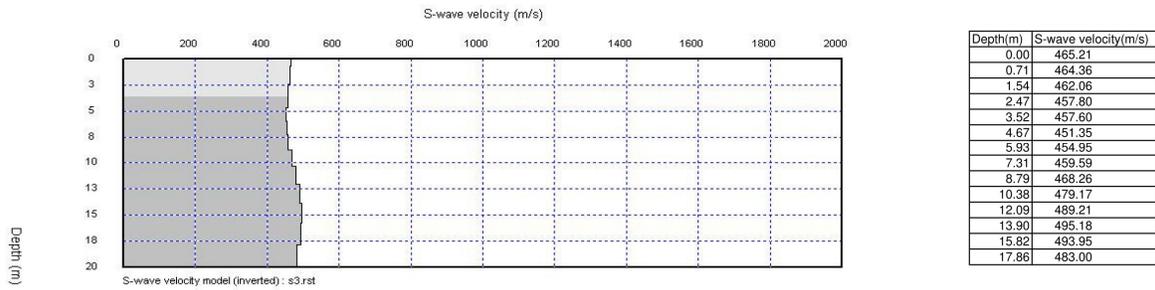
Si riconoscono due strati, il più profondo, a partire da una quota media di circa 4.0 m slm, è riconducibile, in base ai valori di resistività, all'acquifero superficiale, tale quota non differisce molto da quella ottenuta con la ricostruzione delle isofreatiche in fig. 2, mostrando anche, mediamente una debole cadente verso la costa. A partire dalla quota 0 (circa) tra le progressive 750-780, si rinviene un'anomalia di tipo 2 (relativamente alta resistività), riconducibile ad una locale diminuzione del contenuto d'acqua.

Analoghe anomalie di tipo 2, si rinvengono a partire da quote inferiori, continue sino alla profondità indagata (-7.5), tra le progressive 780-795, e 860-885 e 975-1000.

Profilo S3



La traccia è praticamente coincidente con R3. Si riconosce uno strato superficiale con velocità delle onde P comprese tra 900 e 1300 m/s, sovrastante un materiale a velocità più alta (1500-2000 m/s). Questi valori sono compatibili con roccia tenera calcarenitica, satura in corrispondenza dell'acquifero. Lo spessore del primo strato non è uniforme, gli spessori maggiori si rinvengono nella parte centrale (7 m) e diminuiscono verso gli estremi. Non si evidenziano particolari anomalie. Nella figura sottostante, si riporta il risultato dell'indagine masw (relativa alle onde S):



Come si può osservare dal grafico, la velocità delle onde S è costante e pari a circa 450-490 m/s sino alla profondità di indagine, non sono presenti significative inversioni di velocità.

In definitiva, per quanto riguarda questo tratto, le indagini geofisiche non hanno evidenziato la presenza di cavità.

4.0 IDROGEOLOGIA DI DETTAGLIO E INTERFERENZE CON LE OPERE

Sulla base delle conoscenze geologiche, geofisiche e idrogeologiche dell'area esposte nei capitoli precedenti, è ora possibile ricostruire l'assetto idrogeologico nelle zone direttamente coinvolte dalle opere previste onshore dal Progetto TAP.

In fig. 5 si riporta una sezione idrogeologica elaborata in corrispondenza del pozzo di spinta e del microtunnel, le cui geometrie sono state riprese direttamente dall'elaborato 040 Progetto definitivo –Italia. Per la ricostruzione della parte *nearshore* sono stati utilizzati i log di due sondaggi.

In primo luogo si può osservare come la profondità di circa 11 m prevista come quota di attestazione del pozzo di spinta sia al di sotto del livello della falda così come ricostruita da Calò et Al. (1990) e recepita dal Piano Tutela Acque (Tav. 6.1a del PTA).

Il tratto iniziale del microtunnel attraverserà tutto l'acquifero superficiale con un'inclinazione di circa 2,5° e nel tratto in cui il livello di base della falda è ancora rappresentato da un acquiclude.

La perforazione proseguirà con angoli via via sempre più vicini all'orizzontale, attraversando l'acquiclude sino al punto di uscita, senza intercettare l'acquifero miocenico (B) confinato, secondo i dati disponibili, 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.

Per l'analisi delle possibili interferenze tra il tratto di condotta a terra, la Palude Cassano e la falda, è stato ricostruito l'assetto idrogeologico di dettaglio dell'area, così come illustrato nella fig. 6. Si può osservare come la profondità di circa 2.5 m prevista come quota di attestazione del fondo della trincea destinata ad ospitare la condotta, sia poco al di sopra del livello della falda così come ricostruito e, pertanto, anche in questo caso valgono le medesime considerazioni fatte in precedenza circa il reale livello attuale.

Si osserva, inoltre, che il tracciato della condotta è perpendicolare alle isofreatiche e, pertanto, non può costituire ostacolo al deflusso verso il mare.

WSW

ENE

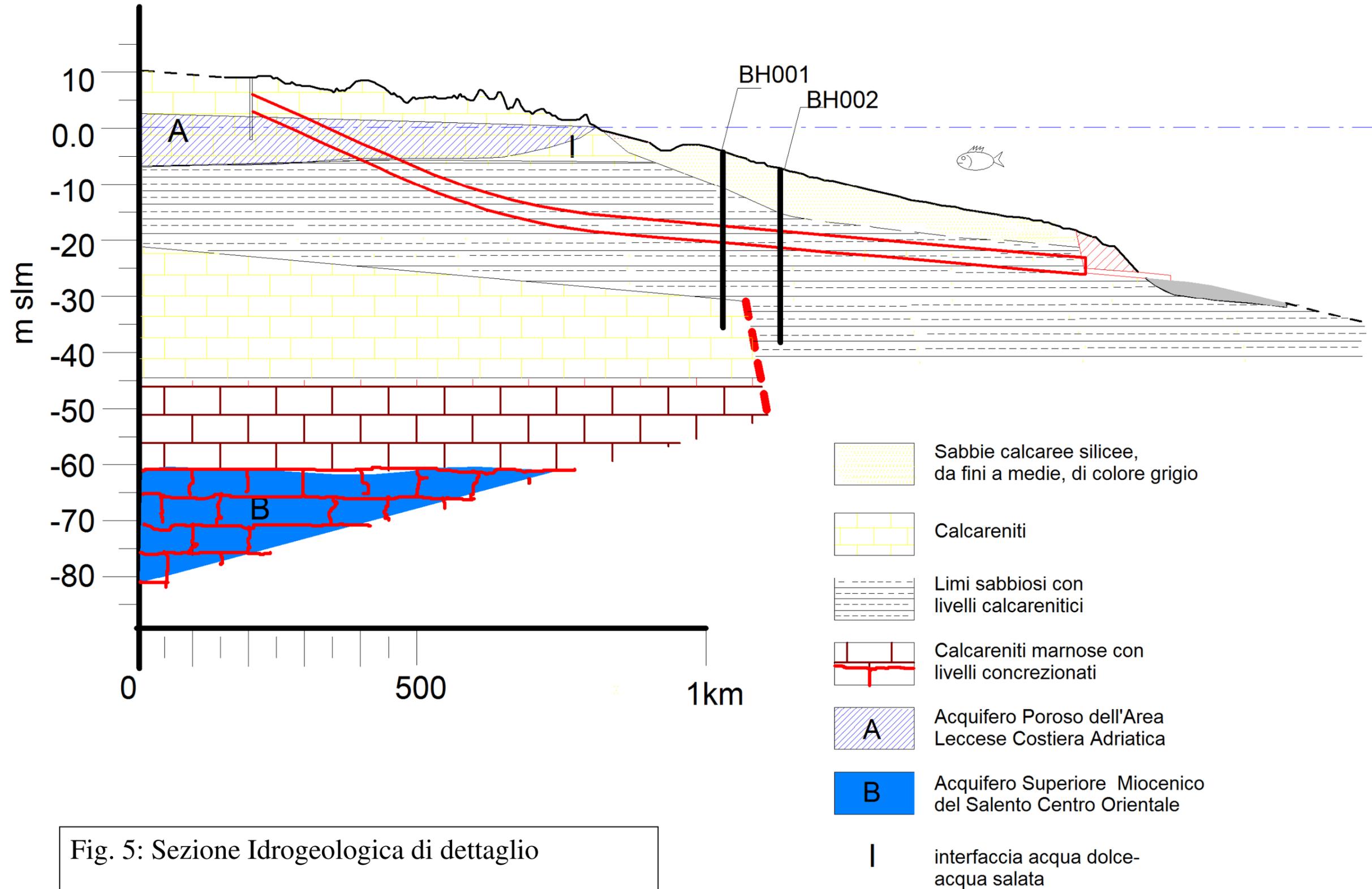
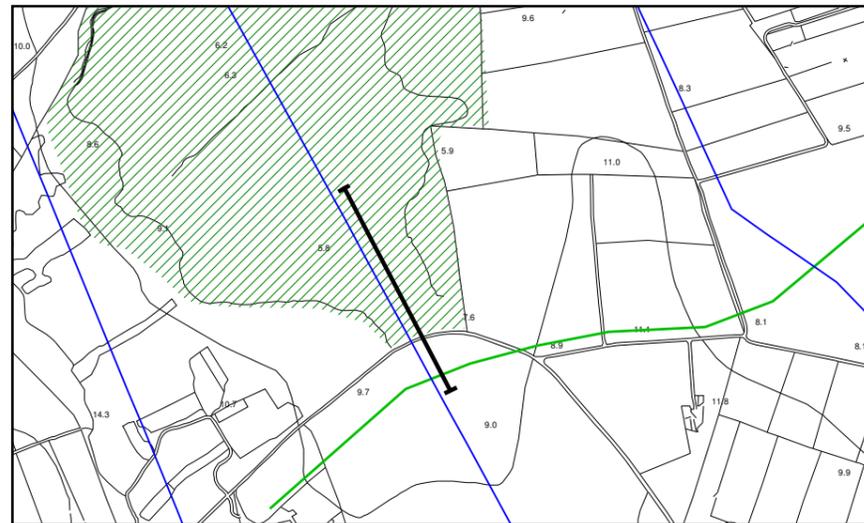
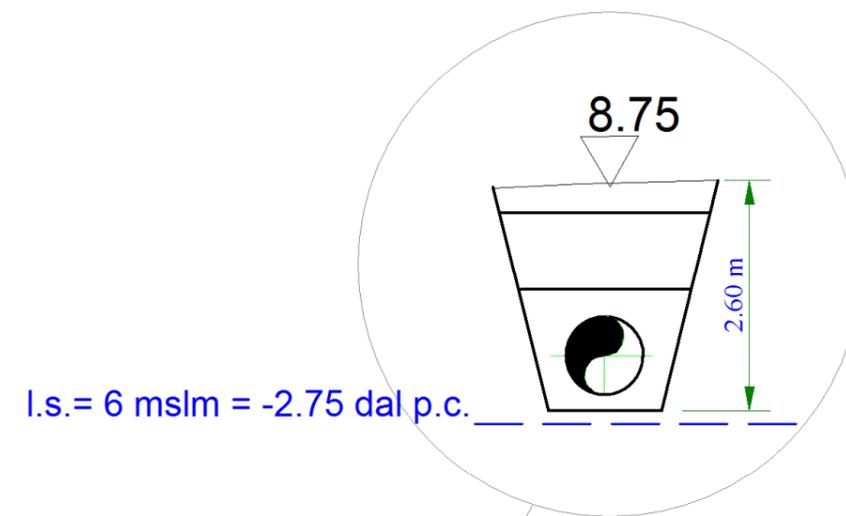


Fig. 5: Sezione Idrogeologica di dettaglio

Traccia sezione



NNW



SSE

Palude Cassano

7.75

8.75

I.s.

0.0

A

52 m

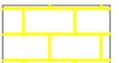
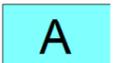
-  Terreno vegetale
-  Sabbie, limi -Depositi Palustri
-  Calcareniti
-  **A** Acquifero Poroso dell'Area Leccese Costiera Adriatica

Fig. 6: Sezione idrogeologica zona Palude di Cassano

5.0 CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Gli studi svolti hanno permesso di ricostruire, seppure allo stato attuale solo sulla base di dati bibliografici, dati derivanti da indagini geofisiche e conoscenze pregresse dello scrivente, l'assetto idrogeologico e stratigrafico dell'area d'intervento.

Pertanto, ricapitolando i risultati ottenuti, con riferimento al quesito posto dal MATTM, si puntualizza quanto segue:

1) Il progetto prevede che il pozzo di spinta sia scavato sino ad una profondità di circa 11 m, incontrando rocce (calcareniti) con caratteristiche tali da poter essere scavate esclusivamente con mezzi meccanici. Tale profondità è inferiore alla quota di attestazione del livello freatico della falda così come ricostruita da Calò et Al. (1990) e recepita dal Piano Tutela Acque (Tav. 6.1), nonché sostanzialmente confermata dall'indagine geoelettrica. Pertanto il fondo del pozzo di spinta, verrà a trovarsi al di sotto del livello della falda, ma non genererà alcuna interferenza in quanto il progetto prevede l'impermeabilizzazione delle pareti e del fondo stesso (fare riferimento all'Allegato EM-SPF-STA-617).

2) Il microtunnel attraverserà tutto l'acquifero superficiale (A), 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 (B), 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.

In mancanza di verifiche dirette e puntuali, non si può comunque escludere del tutto l'ipotesi che già a questa distanza dalla linea di costa le acque dolci si trovino in equilibrio con le acque marine di invasione, o anche che gli orizzonti concrezionati che ospitano la falda miocenica si rinverengano a profondità minori, tali cioè da essere intercettate dal microtunnel. Pertanto, è indispensabile che sia assicurata la tenuta idraulica delle giunzioni tra gli elementi del tunnel, e quella tra la parete esterna e il terreno in posto (fare riferimento all'Allegato EM-SPF-STA-617).

3) Per quanto riguarda le possibili ripercussioni sull'ecosistema di Palude di Cassano, si evidenzia che la Palude è posta, secondo la direzione di deflusso della falda superficiale, a "monte" rispetto alle opere di trivellazione da realizzare, evitando in questo modo l'afflusso di qualunque componente derivante da attività di costruzione (pur considerando che la vicina trincea onshore è un'opera di entità contenuta mentre il pozzo del tunnel, per di più sufficientemente lontano, ha il completo controllo dei fluidi di perforazione, fare riferimento all'allegato Saipem EM-SPF-STA-617); pertanto si possono escludere inquinamenti derivanti da tali attività di costruzione. Inoltre

anche allo stato attuale delle conoscenze, pur in mancanza di verifiche puntuali e dirette, si può escludere che la realizzazione delle opere previste possa comportare variazioni del livello idrico nella Palude di Cassano che, come ampiamente esposto in precedenza, è alimentata dalla falda e dagli apporti del depuratore, mentre trova il suo naturale equilibrio attraverso l'infiltrazione e il deflusso a mare tramite il canale di bonifica.

4) Per quanto riguarda invece le possibili interferenze tra il tratto di condotta a terra, la Palude Cassano e la falda superficiale si osserva che la profondità di circa 2.5 m prevista come quota di attestazione del fondo della trincea destinata ad ospitare la condotta, sia poco al di sopra del livello della falda così come ricostruito, confermato dall'indagine geofisica che però è stata effettuata in un periodo dell'anno (luglio –agosto 2013) in cui la superficie freatica è al minimo e, pertanto, potrebbero aversi interferenze con il fondo dello scavo. Comunque, il tracciato della condotta è perpendicolare alle isofreatiche, e non può costituire ostacolo al deflusso verso il mare, nè interferire con i pozzi di falda superficiale presenti nella zona di influenza del tracciato.

La possibile presenza di sistemi paracarsici lungo il tracciato e le criticità evidenziate nei punti precedenti, impongono approfondimenti conoscitivi, da ottenere necessariamente tramite l'esecuzione di opportune indagini geognostiche sia dirette che indirette, propedeutiche alla progettazione esecutiva. Quest'ultima metterà in atto opportune misure di ottimizzazione del progetto (fare riferimento all'allegato Saipem EM-SPF-STA-617).

Nardò, giugno 2014

Il geologo:

dr Maurizio Orlando



Bibliografia

[1] G. Calò, R. Gnoni, M. Stani (1990) : Caratteri Idrogeologici delle Falde Superficiali della Penisola Salentina e Valutazione della Vulnerabilità degli Acquiferi –Lavoro finanziato dalla Idrogeo s.r.l. e pubblicato con il contributo dell'Amministrazione Provinciale di Lecce.

[2] Carozzo M.T. (2003) – Evoluzione morfologica del tratto costiero tra Porto Ligno e Torre dell'Orso e salvaguardia della Grotta della Poesia (Melendugno – Le). Osservatorio di Chimica, Fisica e Geologia Ambientali – Dipartimento di Scienza dei Materiali – Università degli Studi di Lecce.

[3] Ciaranfi N., Pieri P. & Ricchetti G. (1988) – Carta Geologica delle Murge e del Salento (Italia Meridionale). Memorie Società Geologica Italiana.

[4] Cotecchia V., Calò G. & Spilotro G. (1985) - Caratterizzazione Geolitologica e Tecnica delle Calcareniti Pugliesi. III Convegno Nazionale su Attività Estrattiva dei Minerali di 2^a categoria. pp. 209-216.

[5] M Delle Rose – M. Parise (1, 3): Speleogenesi e geomorfologia del sistema carsico delle grotte della Poesia nell'ambito dell'evoluzione quaternaria della costa adriatica salentina in:- Atti e Memorie della Commissione Grotte “E. Boegan” Vol. 40 (2004) pp. 153-173 Trieste 2005

[6] SOGESIT s.r.l.- Regione Puglia: PIANO TUTELA ACQUE REGIONALE

**APPENDICE A:
LOG BH001, BH002**

BORING LOG AND TEST RESULTS



Project: Nearshore Geotechnical Soil Investigation - Italian Landfall
Client: Trans Adriatic Pipeline (TAP)
Drilling Method: Combined Sampling, Testing & Coring

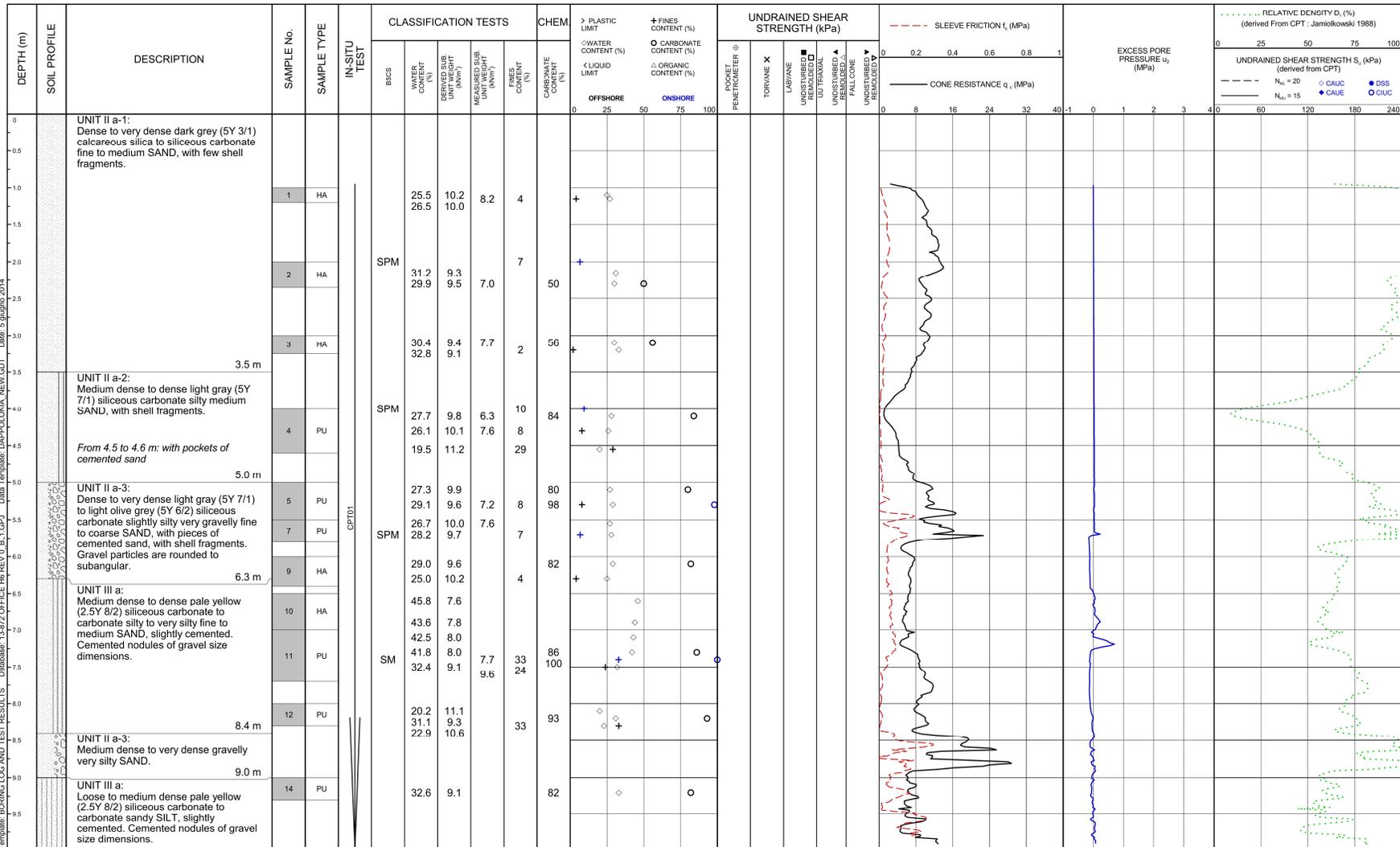
Project Number: 13-872
Client Project Number: ST14452

Start Date: 23/04/2014
End Date: 25/04/2014

Coordinates: (WGS84):
E 278,601.92 m
N 4,465,644.55 m

Water Depth: 4.6 m (Drillstring)
Sampler ID: 72 mm

Boring Number: BH-001
Location: Adriatic Sea
Sheet: 1 of 4



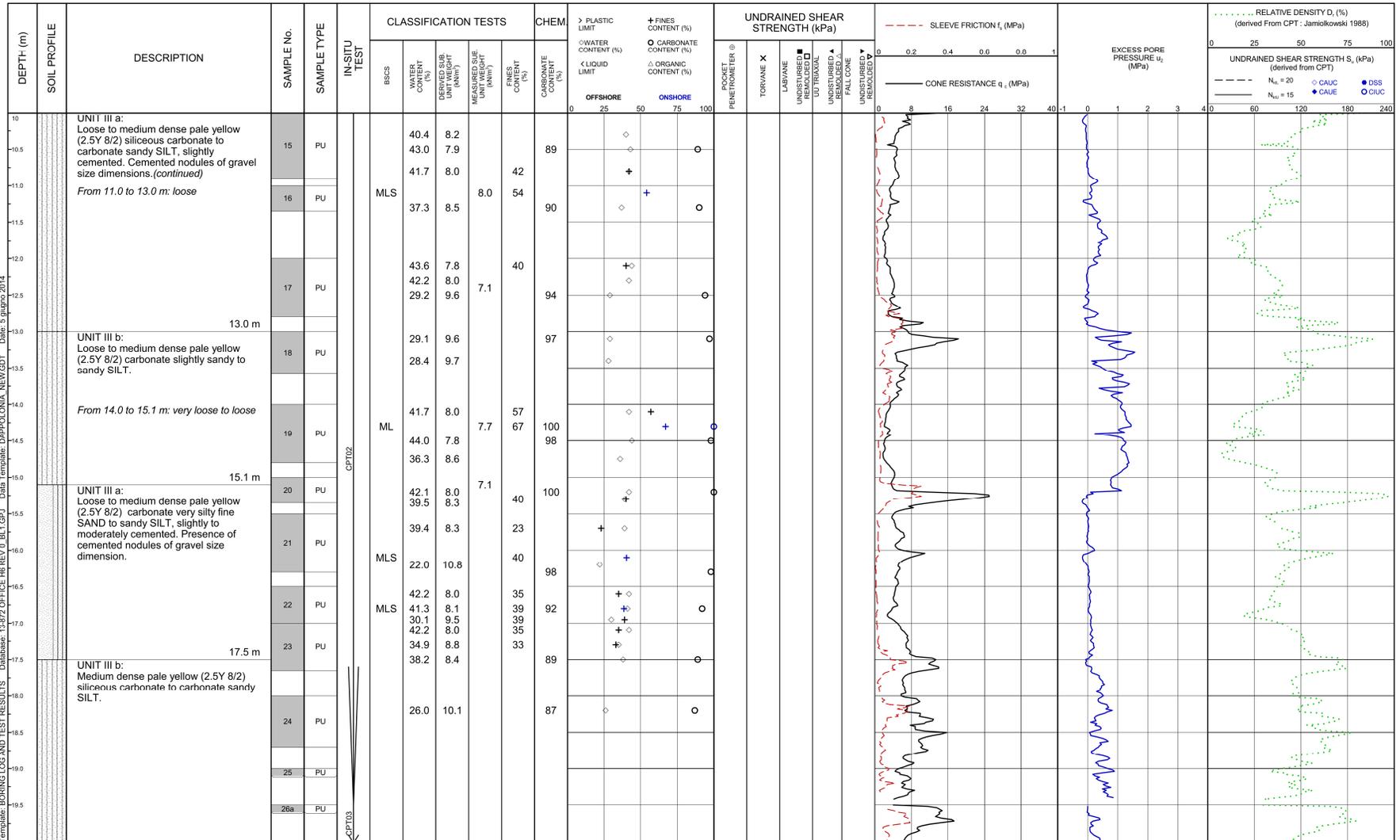
BORING LOG AND TEST RESULTS



Project: Nearshore Geotechnical Soil Investigation - Italian Landfall
 Client: Trans Adriatic Pipeline (TAP)
 Project Number: 13-872
 Client Project Number: ST14452
 Start Date: 23/04/2014
 End Date: 25/04/2014
 Coordinates: (WGS84):
 E 278,601.92 m
 N 4,465,644.55 m
 Water Depth: 4.6 m (Drillstring)
 Sampler ID: 72 mm

Boring Number: BH-001
 Location: Adriatic Sea
 Sheet: 2 of 4

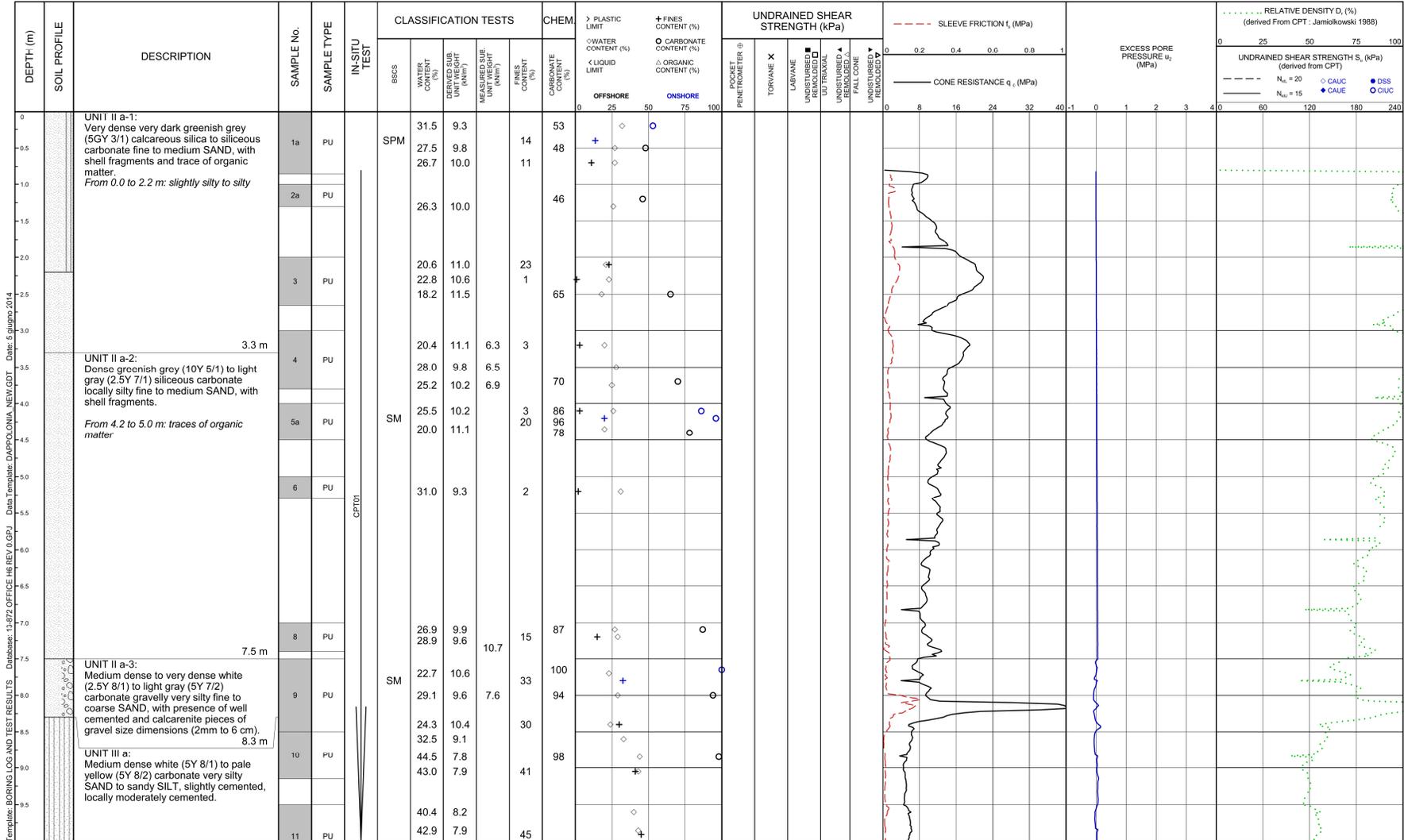
Drilling Method: Combined Sampling, Testing & Coring Remarks:



BORING LOG AND TEST RESULTS



Project: Nearshore Geotechnical Soil Investigation - Italian Landfall	Project Number: 13-872	Start Date: 26/04/2014	Coordinates: (WGS84): E 278,709.15 m N 4,465,717.03 m	Water Depth: 8.0 m (Drillstring)	Boring Number: BH-002-A
Client: Trans Adriatic Pipeline (TAP)	Client Project Number: ST14452	End Date: 26/04/2014		Sampler ID: 72 mm	Location: Adriatic Sea
Drilling Method: Combined Sampling & Coring	Remarks: CPT data from BH-002				Sheet: 1 of: 4



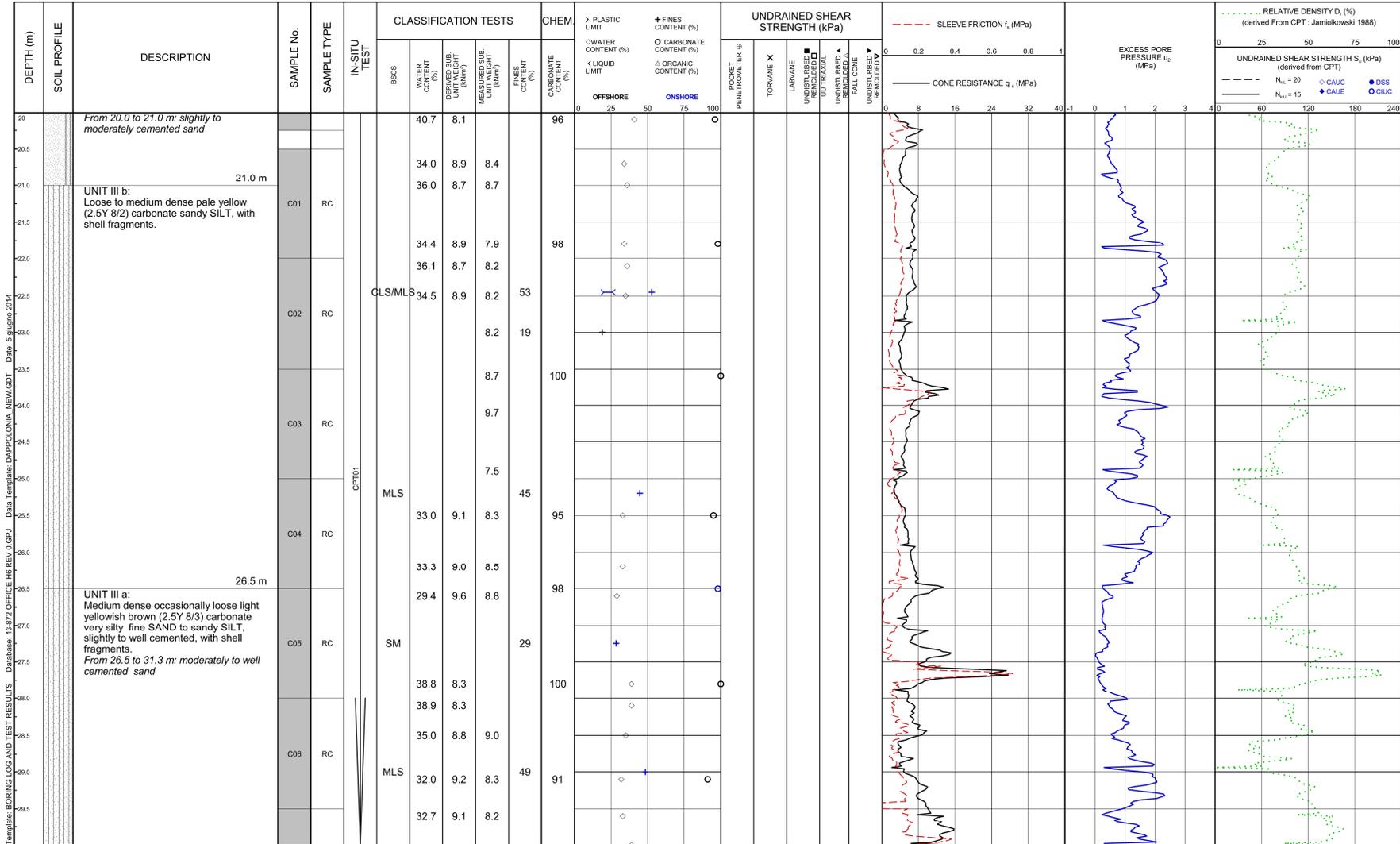
Template: BORING LOG AND TEST RESULTS Database: 13-872 OFFICE HR REV 0.GPJ Data Template: D'APOLONIA_NEW.GDT Date: 5 giugno 2014

BORING LOG AND TEST RESULTS



Project: Nearshore Geotechnical Soil Investigation - Italian Landfall
 Client: Trans Adriatic Pipeline (TAP)
 Project Number: 13-872
 Client Project Number: ST14452
 Start Date: 26/04/2014
 End Date: 26/04/2014
 Coordinates: (WGS84):
 E 278,709.15 m
 N 4,465,717.03 m
 Water Depth: 8.0 m (Drillstring)
 Sampler ID: 72 mm
 Drilling Method: Combined Sampling & Coring
 Remarks: CPT data from BH-002

Boring Number: BH-002-A
 Location: Adriatic Sea
 Sheet: 3 of 4



Template: BORING LOG AND TEST RESULTS - Database: 13-872 OFFICE H6 REV.0.GPJ - Data Template: D'APOLONIA NEW GDT - Date: 5 giugno 2014

BORING LOG AND TEST RESULTS



Project: Nearshore Geotechnical Soil Investigation - Italian Landfall	Project Number: 13-872	Start Date: 26/04/2014	Coordinates: (WGS84): E 278,709.15 m N 4,465,717.03 m	Water Depth: 8.0 m (Drillstring)
Client: Trans Adriatic Pipeline (TAP)	Client Project Number: ST14452	End Date: 26/04/2014		Sampler ID: 72 mm
Drilling Method: Combined Sampling & Coring		Remarks: CPT data from BH-002		

Boring Number: BH-002-A
Location: Adriatic Sea
Sheet: 4 of 4

DEPTH (m)	SOIL PROFILE	DESCRIPTION	SAMPLE No.	SAMPLE TYPE	INSITU TEST	CLASSIFICATION TESTS						CHEM	UNDRAINED SHEAR STRENGTH (kPa)	SLEEVE FRICTION f_s (MPa)	EXCESS PORE PRESSURE u_e (MPa)	RELATIVE DENSITY D_r (%) (derived from CPT - Jamiolkowski 1988)	
						WATER CONTENT (%)	DERIVED SUB UNSATURATED WATER CONTENT (%)	MEASURED SUB UNSATURATED WATER CONTENT (%)	FINES CONTENT (%)	CARBONATE CONTENT (%)	PLASTIC LIMIT						LIQUID LIMIT
3.0		UNIT III a: Medium dense occasionally loose light yellowish brown (2.5Y 8/3) carbonate very silty fine SAND to sandy SILT, slightly to well cemented, with shell fragments. <i>(continued)</i>	C07	RC	CPT01	39.0	8.3				99						
-0.5						42.5	8.0										
-1.0						41.0	8.1										
-1.5		End of borehole at 31.4 meters.															

APPENDICE B:
Stratigrafia del Pozzo EI 42

ENTE IRRIGAZIONE PUGLIA E LUCANIA

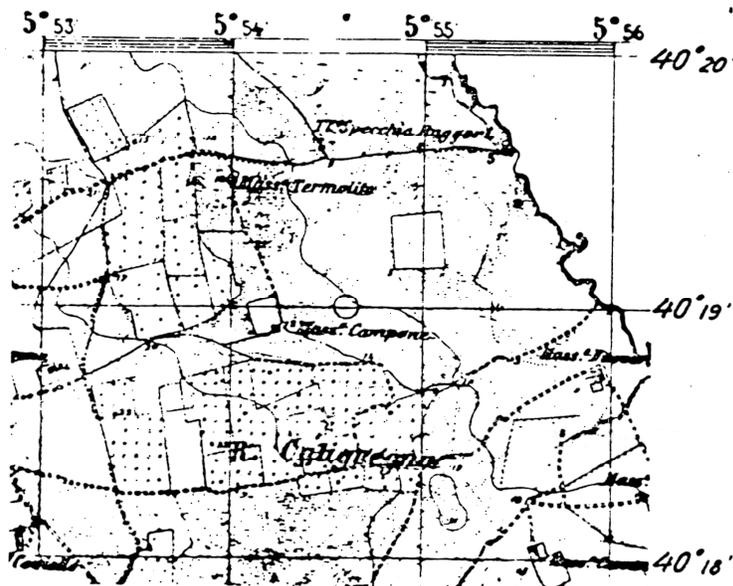
— B A R I —

POZZO n°42

II LOTTO PENISOLA SALENTINA

POSIZIONE TOPOGRAFICA

foglio N° 214 I - Martano



Scala - 1:50'000

Il pozzo n°42 è stato eseguito presso la Masseria Campone (agro di Melendugno) nel punto di coordinate geografiche 40°19'00" di latitudine e 5°54'36" di longitudine.

Trovasi in destra della strada Acquarica-Torre Specchia, ad una distanza dal mare di km. 1.5 circa.

La posizione altimetrica del boccapozzo è di mt. 12.249 sul livello del mare.

Il boccapozzo corrisponde al caposaldo n°1260 sul livello del mare.

