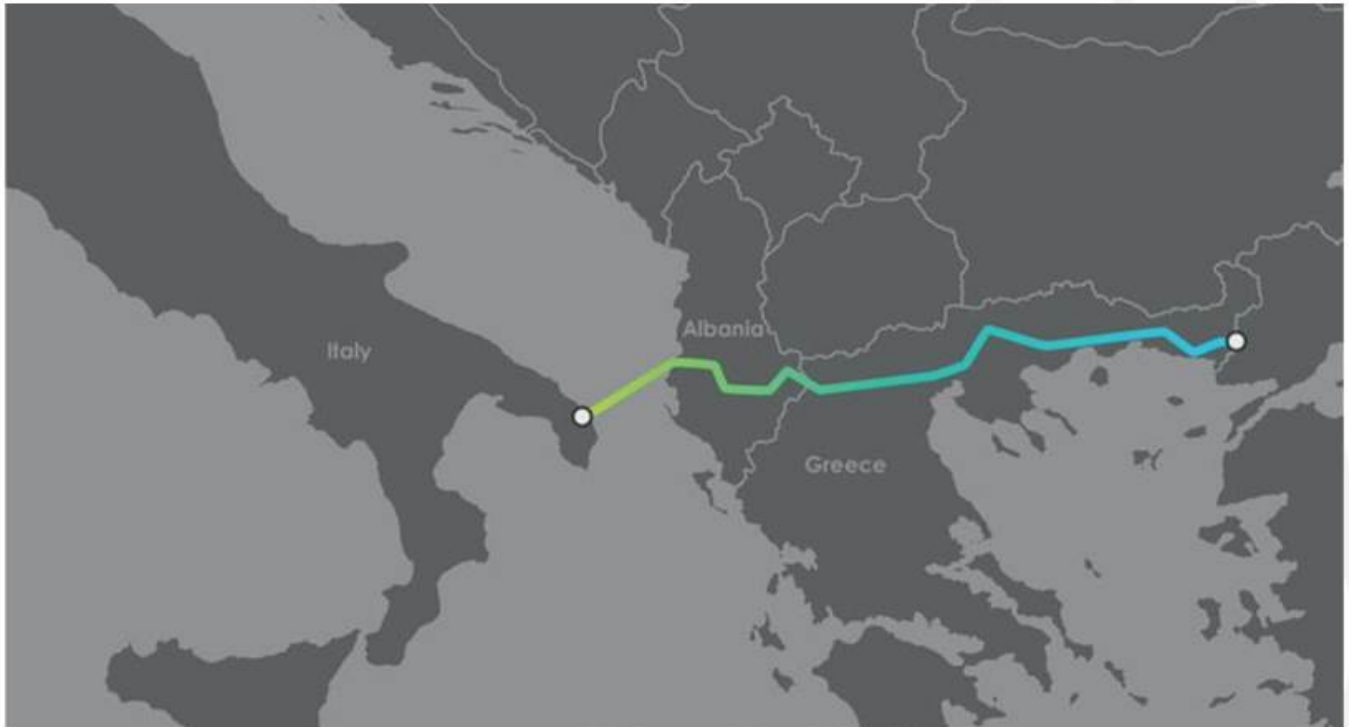




Trans Adriatic  
Pipeline



## **Nota tecnica: elaborazione dei risultati del “single point dilution test” eseguito nel punto ST\_BH2 (Piezo 4)**

Doc. n° IPL00-URS-000-Q-TRS-0007

Rev. 00

Aprile 2016

**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.



**IPL00-URS-000-Q-TRS-0007**  
**Rev.: 00**

**Company:** Trans Adriatic Pipeline AG

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

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

**Document Title:** **Nota tecnica: elaborazione dei risultati del “single point dilution test” eseguito nel punto ST\_BH2 (Piezo 4)**

Rev.	Purpose of Issue	Remark/Description	Orig.	Date
00	Issued for Information		AECOM URS	13.04.2016

**Final Purpose of Issue:** Issued for Information

	CONTRACTOR			TSP East	
	created by:	checked by:	approved by:	checked by:	accepted / approved by:
Name/Signature	L. Bonfanti 	S. Conti 	G. Lucchini 		
Date	13/04/2016	13/04/2016	13/04/2016		
Org. / Dept.	AECOM URS	AECOM URS	AECOM URS		
Document Status	<b>Preliminary</b>	<b>Checked</b>	<b>Approved</b>	<b>Checked</b>	<b>Accepted / Approved</b>

**Nota tecnica: elaborazione dei risultati del  
“single point dilution test” eseguito nel punto  
ST\_BH2 (Piezo 4)**

**TAP - Trans Adriatic Pipeline  
SOIL INVESTIGATION ITALY**

**Preparato per:  
Uniper Technologies GmbH**

**Aprile 2016**

## Informazioni per la Qualità

Nome del documento	Rif.	Preparato per	Preparato da	Data	Rivisto da
Nota tecnica: elaborazione dei risultati del "single point dilution test" eseguito nel punto ST_BH2 (Piezo 4)	Rev.00	Uniper Technologies GmbH	Luca Bonfanti	13/04/2016	S. Conti (PM)

## Revisioni

Revisione N.	Revisione (data)	Dettagli	Nome	Posizione
00	13/04/2016	Prima emissione	S. Conti	PM

Questo documento è stato preparato da AECOM URS Italia S.p.A. al solo uso del nostro cliente (il "Cliente") e in conformità con i principi generalmente accettati di consulenza, il bilancio per le tasse e i termini di riferimento concordati tra AECOM URS Italia S.p.A. e il Cliente. Tutte le informazioni fornite da terzi e di cui nel presente documento non è stato controllato o esplicitamente approvato da AECOM URS Italia S.p.A., salvo quanto diversamente specificato nel documento. Nessuna parte terza può fare affidamento su questo documento senza il previo ed esprimere accordo scritto di AECOM URS Italia S.p.A..

Project Title: **Trans Adriatic Pipeline – TAP**  
 Document Title: **Nota tecnica: elaborazione dei risultati del “single point dilution test” eseguito nel punto ST\_BH2 (Piezo 4)**

**IPL00-URS-000-Q-TRS-0007**  
Rev.: 00

## SOMMARIO

<b>1</b>	<b>INTRODUZIONE</b>	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>CARATTERISTICHE TECNICHE DEL PIEZOMETRO ST_BH2 (PIEZO 4)</b>	<b>5</b>
<b>3</b>	<b>DESCRIZIONE DELLA PROVA</b>	<b>7</b>
<b>3.1</b>	<b>Modalità operative</b>	<b>8</b>
<b>4</b>	<b>Interpretazione della prova</b>	<b>11</b>

## FIGURE NEL TESTO

Figura 1: Localizzazione dei piezometri installati	5
Figura 2: Colonna litostratigrafica del sondaggio ST_BH2 (PIEZO 4)	6
Figura 3: Correlazione strumentale tra concentrazione salina totale e conducibilità elettrica nelle acque di falda	7
Figura 4: Curve di conducibilità elettrica in funzione della profondità e del tempo	9
Figura 5: Andamento della conducibilità elettrica in funzione del tempo e della profondità	10

Project Title: **Trans Adriatic Pipeline – TAP**  
 Document Title: **Nota tecnica: elaborazione dei risultati del “single point dilution test” eseguito nel punto ST\_BH2 (Piezo 4)**

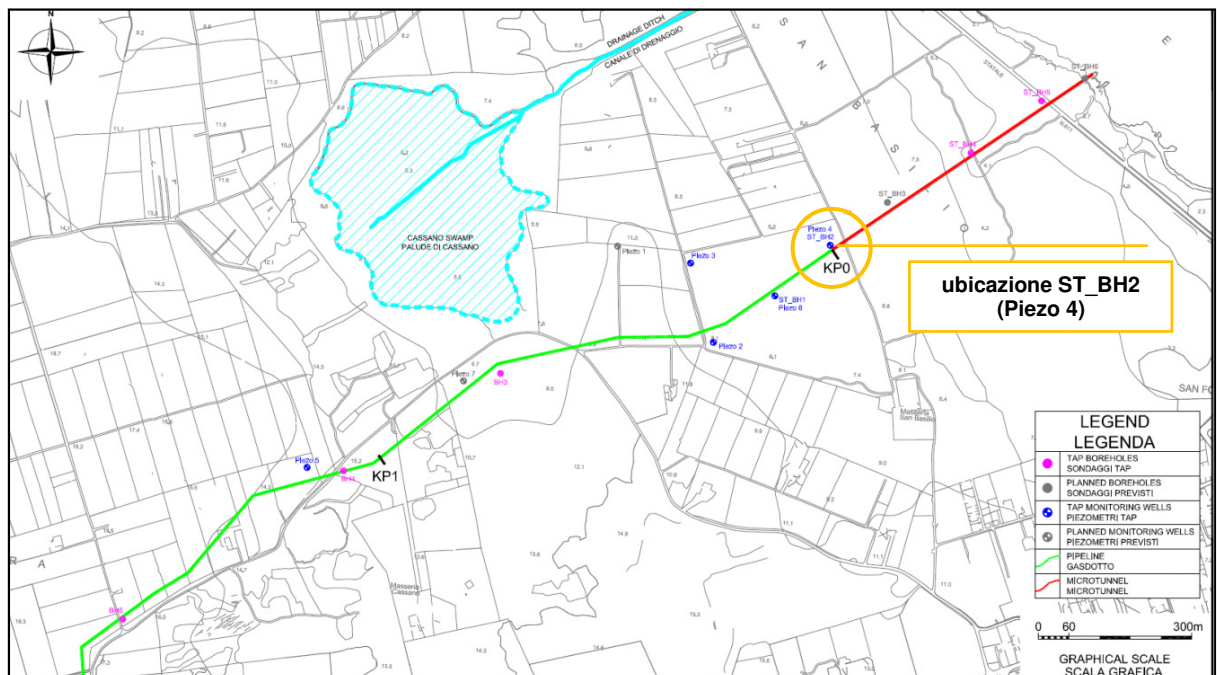
**IPL00-URS-000-Q-TRS-0007**  
 Rev.: 00

## 1 INTRODUZIONE

L’Autorità di Bacino della Puglia, con lettera Prot. Gen adbp A00\_Aff\_Gen 0000995 U 27/01/2016, avente come oggetto: Gasdotto TAP “Trans Adriatic Pipeline” – Verifica di ottemperanza alle prescrizioni del Decreto MATTM 0000223 dell’11/09/2014 – Prescrizioni A21 e A22, formulava alcune richieste finalizzate alla produzione di opportuna documentazione integrativa.

In particolare, in merito alla “verifica di non alterazione del regime idrogeologico locale a seguito delle opere da realizzarsi .....” venivano richieste “.....determinazioni inerenti la velocità di filtrazione (da analizzare tramite la costruzione di profili verticali di velocità, definibili anche tramite misura della diluizione nel tempo di un tracciante a differenti profondità)....” (Rif. pag. 3, punto 2).

Al fine di ottemperare a tale richiesta, in accordo con i consulenti tecnici di TAP, è stato condotto un “single point dilution test” nel piezometro ST\_BH2, altrimenti detto Piezo 4, la cui ubicazione è rappresentata nella seguente Figura 1.



**Figura 1: Localizzazione dei piezometri installati**

Nella presente nota tecnica si riportano le modalità esecutive della prova eseguita in data 21-22/03/2016 e le elaborazioni dei dati ottenuti.

## 2 CARATTERISTICHE TECNICHE DEL PIEZOMETRO ST\_BH2 (PIEZO 4)

Il piezometro PIEZO 4 è stato installato nel foro di sondaggio denominato ST\_BH2, che è stato dapprima perforato da 0 a 20 m di profondità dal p.c., con metodologia a rotazione e carotaggio continuo (diametro 101 mm). Dopo aver eseguito l’alesaggio a 127 mm di diametro, fino ad una profondità di 11 m dal p.c., nel foro è stato installato il piezometro costituito da una tubazione in

Project Title: **Trans Adriatic Pipeline – TAP**  
 Document Title: **Nota tecnica: elaborazione dei risultati del “single point dilution test” eseguito nel punto ST\_BH2 (Piezo 4)**


**IPL00-URS-000-Q-TRS-0007**  
 Rev.: 00

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.

Nella Tabella 1 seguente sono riportate le caratteristiche del piezometro, mentre nella Figura 2 la colonna stratigrafica.

Piezometro	Profondità	Lunghezza piezometro installato	X	Y	Quota testa pozzo m s.l.m.
ST_BH2/Piezo 4	20 m da p.c.	11 m da p.c.	277912	4465191	7,66

**Tabella 1: Caratteristiche del piezometro installato**

<b>CLIENTE:</b> E.ON. NEW BUILT & TECHNOLOGIES											
<b>PROGETTO:</b> TAP SOIL INVESTIGATION, ITALY											
<b>SITO:</b> MELENDUGNO (LE)	<b>Sondaggio</b> <input checked="" type="checkbox"/> <b>Piezometro</b> <input checked="" type="checkbox"/>										
	<b>Supervisore:</b> AP <b>Progetto n°:</b> 46318-441 <b>Data:</b> 11, 12 e 25, 26 Maggio 2015										
	<b>Impresa esecutrice:</b> Tecnoin <b>Sonda:</b> <b>Identificativo sondaggio:</b> ST_BH2 / Piezo 4										
	<b>Metodo di perforazione:</b> rotazione <b>diametro carotiere:</b> 101 mm <b>diametro sondaggio:</b> 101 mm (alesaggio a 127 mm)										
Profondità, m	Litologia	Descrizione	Campioni e/o SPT	Percentuale di carotaggio %				ROD, %			
								molto scadente	scadente	discreta	buona
0,15		Limo sabbioso bruno		0	0	0	0				
3,96		Sabbia giallastra	2,00-2,60 C1 U.S. 2,60-3,05 C2 D.S. SPT1 14-15-16 5,00-5,45 C3 D.S. SPT2 6-9-16								
5,00		Sabbia limosa biancastra	8,00-8,45 C4 D.S. SPT3 11-16-17								
10,00		Sabbia giallastra molto ben classata	11,00-11,45 C5 D.S. SPT4 6-9-8								
13,40		Calcarene giallastra molto fratturata	14,50-15,00 C6 D.S. (rock)								
15,10		Sabbia giallastra molto ben classata	17,00-17,45 C7 D.S. SPT5 23-27-32								
20,00											
		Prove Lefranc tra -5,00÷-6,00 e -9,00÷-10,00 m e -19,00÷20,00 m dal p.c.; Lugeon a -14÷15,00 m dal p.c.									

**Figura 2: Colonna litostratigrafica del sondaggio ST\_BH2 (PIEZO 4)**



Project Title: **Trans Adriatic Pipeline – TAP**  
 Document Title: **Nota tecnica: elaborazione dei risultati del “single point dilution test” eseguito nel punto ST\_BH2 (Piezo 4)**

**IPL00-URS-000-Q-TRS-0007**  
Rev.: 00

### 3 DESCRIZIONE DELLA PROVA

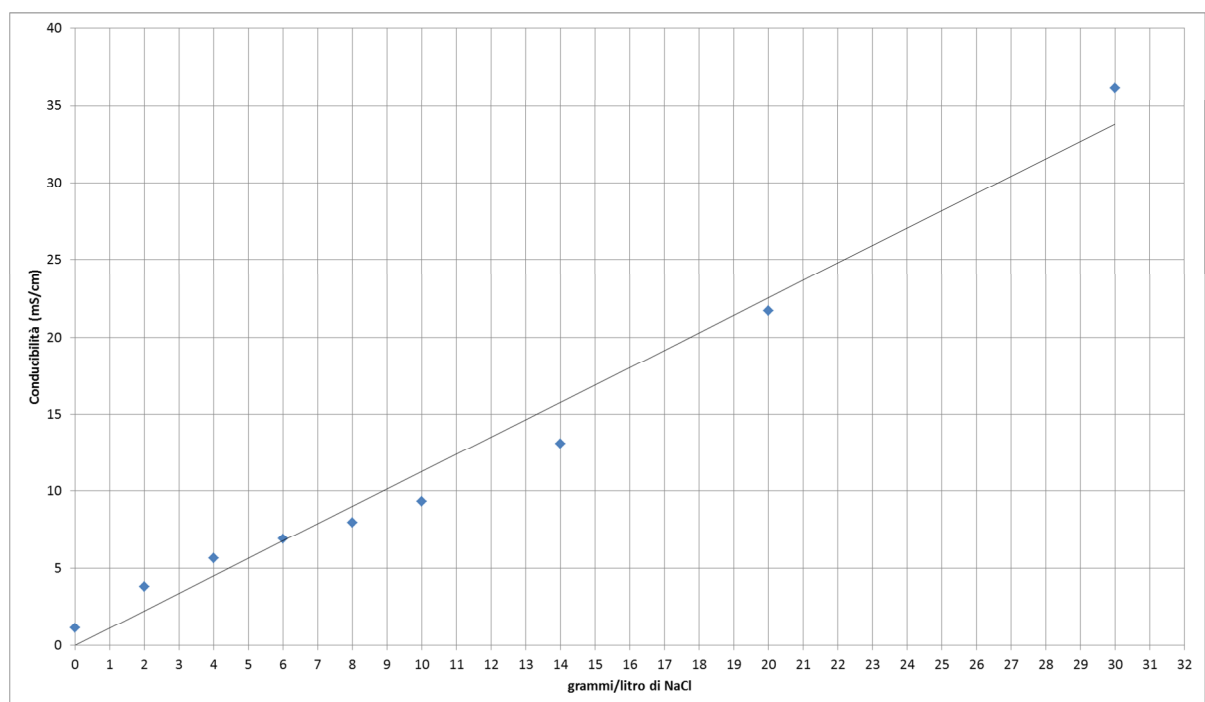
La tecnica utilizzata consiste nel monitorare, nel punto stesso di immissione, la diluizione di un tracciante operata dai filetti liquidi che attraversano il pozzo, fino alla sua completa sparizione. La variazione di concentrazione del tracciante nel tempo segue una legge di tipo esponenziale ed è in relazione con la velocità orizzontale apparente del flusso idrico nel mezzo poroso.

Il tracciamento, condotto secondo la pratica dell'immissione breve (modalità istantanea), è stato effettuato iniettando nel pozzo di misura una soluzione salina (NaCl): in questa fase si è operato in modo da ricercare una buona omogeneizzazione del tracciante all'interno del tratto fenestrato.

Il profilo di diluizione è stato ricavato da misure di conducibilità elettrica ripetute lungo la verticale del foro a intervalli di tempo crescente dalla perturbazione iniziale fino al ripristino della situazione naturale.


Prima di effettuare la prova è stato prelevato un campione di acqua di falda dallo stesso piezometro, con lo scopo di eseguire una serie di determinazioni sperimentali per la taratura dello strumento utilizzato nelle misure manuali (conduttivimetro) e per ricostruire sperimentalmente la curva che lega la concentrazione alla conducibilità, simulando in laboratorio la diluizione della salamoia tracciante su un campione di acqua di falda.

La curva di calibrazione viene riportata nella sottostante Figura 3



**Figura 3: Correlazione strumentale tra concentrazione salina totale e conducibilità elettrica nelle acque di falda**

Dal grafico soprastante si evince che la conducibilità elettrica e la concentrazione stanno fra loro in un rapporto di linearità.

	Page 8 of 12				
	Area Code	Comp. Code	System Code	Disc. Code	Doc.- Type
Project Title: <b>Trans Adriatic Pipeline – TAP</b> Document Title: <b>Nota tecnica: elaborazione dei risultati del “single point dilution test” eseguito nel punto ST_BH2 (Piezo 4)</b>	<b>IPL00-URS-000-Q-TRS-0007</b> Rev.: 00				

### 3.1 Modalità operative

Il test è stato svolto secondo le seguenti fasi:

#### Fase 1

- rilievo della soggiacenza della falda in corrispondenza del piezometro da testare, mediante freatimetro;
- ricostruzione del profilo di conducibilità in condizioni statiche all'interno del piezometro da testare, mediante misure con conduttivimetro da pozzo ogni 50 cm dal livello di falda fino a fondo foro;
- preparazione, all'interno di un serbatoio dedicato, della soluzione di cloruro di sodio (NaCl) ad alto titolo da immettere come tracciante nel piezometro da testare.

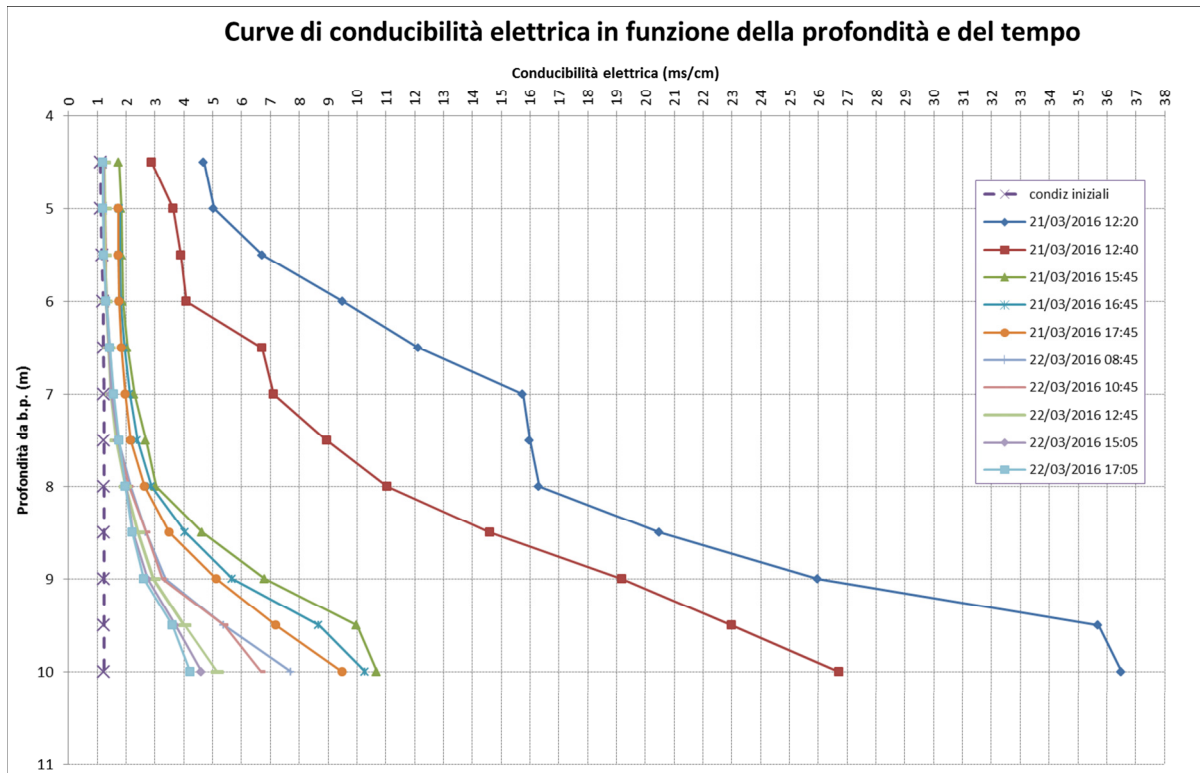
#### Fase 2

Al tempo  $t_0$ , la salamoia contenuta nel serbatoio è stata inserita nel pozzo da testare, per caduta libera, ed è stata miscelata all'acqua di falda attraverso il ricircolo con elettropompa sommersa; tale operazione è stata iniziata immediatamente dopo l'immissione della soluzione salina, fino a completa omogeneizzazione della salinità nell'intera colonna del piezometro.

#### Fase 3

I dati di variazione di conducibilità elettrica nelle acque dell'intera colonna del piezometro testato sono stati acquisiti manualmente, a intervalli di tempo prestabiliti e crescenti, mediante conduttivimetro da pozzo: le misure sono state effettuate all'interno del piezometro ogni 50 cm, dalla superficie freatica fino a fondo foro. In totale la prova è durata circa 30 ore con un totale di 11 letture per ogni intervallo sulla verticale.

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

 Document Title: **Nota tecnica: elaborazione dei risultati del “single point dilution test” eseguito nel punto ST\_BH2 (Piezo 4)**
**IPL00-URS-000-Q-TRS-0007**  
Rev.: 00


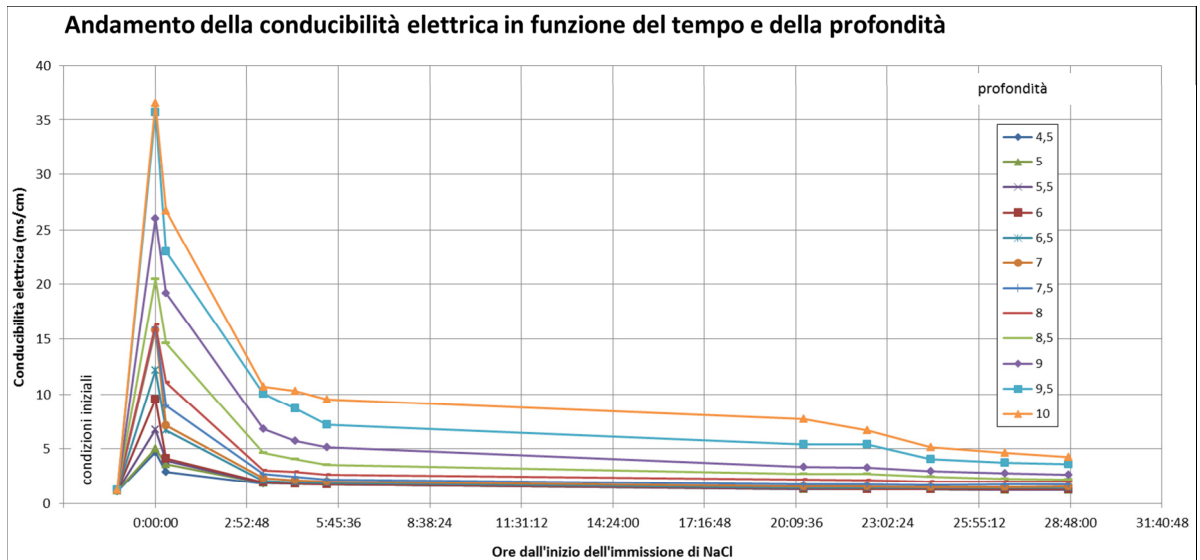
**Figura 4: Curve di conducibilità elettrica in funzione della profondità e del tempo**

Come è possibile osservare, nonostante la miscelazione iniziale, la distribuzione della conducibilità elettrica all'avvio della prova presenta valori maggiori alla base del pozzo e decrescenti verso l'alto. Tale fenomeno, dovuto alla maggiore densità della salamoia rispetto a quella dell'acqua di falda, non ha comunque impedito di interpretare la prova che non si basa sui valori di conducibilità elettrica riscontrati ma sulla sua variazione nel tempo.

Le misure sono state portate avanti per un periodo di monitoraggio di circa 28 ore.

Project Title: **Trans Adriatic Pipeline – TAP**  
 Document Title: **Nota tecnica: elaborazione dei risultati del “single point dilution test” eseguito nel punto ST\_BH2 (Piezo 4)**

**IPL00-URS-000-Q-TRS-0007**  
 Rev.: 00



**Figura 5: Andamento della conducibilità elettrica in funzione del tempo e della profondità**

Com'è possibile osservare, a parte le misure effettuate nell'ultimo metro e mezzo, dove la conducibilità risulta più alta fin dall'inizio, i valori di conducibilità ritornano paragonabili a quelli iniziali già alla 3 lettura dopo circa 4 ore di prova.

Project Title: **Trans Adriatic Pipeline – TAP**Document Title: **Nota tecnica: elaborazione dei risultati del “single point dilution test” eseguito nel punto ST\_BH2 (Piezo 4)****IPL00-URS-000-Q-TRS-0007**  
Rev.: 00

## 4 Interpretazione della prova

La tecnica utilizzata ha fornito risultati validi ai fini di una speditiva determinazione delle velocità orizzontali di deflusso nel sottosuolo. Nonostante gli svantaggi e le approssimazioni inevitabili con l'adozione di un tracciante di tipo elettrolitico, con possibili moti verticali legate alla variazione di densità, la prova ha mostrato una buona comparabilità dei dati ottenuti sulla verticale.

La prova ha interessato uno spessore saturo di 5,5 m, a partire da 4,5 m da b.p. (soggiacenza della falda) a 10 m da b.p.

Le misure di conducibilità elettrica, prima dell'inizio della prova in condizioni imperturbate, hanno evidenziato una condizione omogeneamente distribuita con valori di conducibilità elettrica di circa 1,2 mS/cm

L'elaborazione dei dati sperimentali è stata condotta a partire dalla correlazione tra la velocità di filtrazione ( $V_f$ ) e la diluizione nel tempo del tracciante:

$$V_f = - \left( \frac{V}{\alpha A t} \right) \ln \left( \frac{C_t}{C_o} \right)$$

dove:

$V$  = volume d'acqua;

$\alpha$  = coefficiente di correzione, che permette di considerare la distorsione del reticolo di flusso introdotta dalla struttura fisica del pozzo. In letteratura il coefficiente è stato tabulato da Klotz (1978) per differenti tipologie di tubi filtro: test di laboratorio e prove di campo hanno dimostrato che, nei casi in cui il coefficiente di permeabilità del filtro sia maggiore di quello dell'acquifero, il coefficiente di correzione tende ad assumere valori prossimi a 2 (Gaspar, 1987);

$A$  = sezione di  $V$  ortogonale alle linee di flusso;

$C_o$  = concentrazione massima nel pozzo;

$C_t$  = concentrazione nel pozzo al generico tempo  $t$ ;

$t$  = tempo di diluizione.

In condizioni sperimentali favorevoli, ottimizzate operando in sito con le opportune precauzioni, possono essere trascurati i contributi dei fattori di disturbo quali:

- velocità apparente derivante da convezione per contrasti di densità della soluzione tracciante legati a differenti valori di temperatura all'interno del tratto testato;
- velocità apparente causata dal mescolamento artificiale;
- velocità apparente legata alla diffusione intrinseca del tracciante utilizzato.

Project Title: **Trans Adriatic Pipeline – TAP**Document Title: **Nota tecnica: elaborazione dei risultati del “single point dilution test” eseguito nel punto ST\_BH2 (Piezo 4)****IPL00-URS-000-Q-TRS-0007**  
Rev.: 00

Per stimare la velocità effettiva di deflusso nell'acquifero ( **$V_r$** ), basta dividere la velocità darcyana ( **$V_f$** ) per la porosità efficace ( **$N_e$** ). Nel caso specifico la porosità efficace è stata assunta pari a 0,15.

Com'è possibile osservare nel grafico di Figura 5, a parte le misure effettuate nell'ultimo metro e mezzo, dove la conducibilità risulta più alta fin dall'inizio, i valori di conducibilità ritornano paragonabili a quelli iniziali già alla 3 lettura dopo circa 4 ore di prova.

L'elaborazione dei dati rilevati ha consentito di valutare che:

- la velocità di filtrazione si mantiene pressochè uniforme lungo tutto lo spessore investigato;
- il valore medio di velocità effettiva di deflusso nell'acquifero, in corrispondenza del piezometro ST\_BH2 (Piezo 4) è pari a circa  $3 \times 10^{-5}$  m/sec, equivalente a circa 2,6 m/giorno;