



	PROGETTISTA	 <b>Snamprogetti</b>	UNITÀ <b>000</b>	COMMESSA <b>P66990</b>
	LOCALITÀ	Regione Toscana – Emilia Romagna		<b>SPC. LA-E-83023</b>
	PROGETTO	Metanodotto Pontremoli - Cortemaggiore	Fg. 1 di 99	Rev. <b>0</b>

**METANODOTTO PONTREMOLI - CORTEMAGGIORE  
DN 900 (36"), P 75 bar**



**STUDI E INDAGINI SVOLTE  
NELL'AREA DI M. ZUCCHERO**

0	Emissione	Nisii	Morgante	Sciosci	Ott. '09
<b>Rev.</b>	<b>Descrizione</b>	<b>Elaborato</b>	<b>Verificato</b>	<b>Approvato</b>	<b>Data</b>

 	PROGETTISTA	 <b>Snamprogetti</b>	UNITÀ <b>000</b>	COMMESSA <b>P66990</b>
	LOCALITÀ Regione Toscana – Emilia Romagna		<b>SPC. LA-E-83023</b>	
	PROGETTO Metanodotto Pontremoli - Cortemaggiore		Fg. 2 di 99	Rev. <b>0</b>



## INDICE

<b>1</b>	<b>PREMESSA</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>METODOLOGIA DI LAVORO</b>	<b>5</b>
	2.1 Rilevamento geologico-strutturale e geomorfologico	6
	2.2 Caratterizzazione geomeccanica degli ammassi rocciosi	6
	2.3 Studio idrogeologico	6
	2.4 Indagini geognostiche	7
	2.4.1 Indagini dirette	8
	2.4.2 Indagini indirette	9
<b>3</b>	<b>CARATTERISTICHE FISICHE DELL'AREA</b>	<b>10</b>
	3.1 Inquadramento geomorfologico	11
	3.2 Inquadramento geologico-strutturale	11
	3.3 Caratterizzazione geomeccanica	14
	3.4 Assetto idrogeologico	15
	3.4.1 Morfologia e copertura vegetale	17
	3.4.2 Aspetti climatici	18
	3.4.3 Rete di drenaggio delle acque superficiali	20
	3.4.4 Sorgenti e schema del deflusso idrico sotterraneo	21
	3.4.5 Calcolo della permeabilità strutturale equivalente	23
	3.5 Indagini geognostiche	24
	3.5.1 Indagini dirette	24
	3.5.2 Indagini indirette	24
	3.6 Sintesi dei risultati	25
<b>4</b>	<b>CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE</b>	<b>27</b>
	<b>APPENDICE 1 - CARATTERIZZAZIONE GEOMECCANICA DELL'AMMASSO ROCCIOSO DI M. ZUCCHERO</b>	<b>28</b>
	<b>APPENDICE 2 - CARATTERIZZAZIONE DELLA PERMEABILITA' STRUTTURALE EQUIVALENTE DELL'AMMASSO ROCCIOSO DI M. ZUCCHERO</b>	<b>74</b>
	<b>APPENDICE 3 - INDAGINI DIRETTE NELL'AREA DI M. ZUCCHERO</b>	<b>83</b>
	<b>APPENDICE 4 - INDAGINI INDIRETTE NELL'AREA DI M. ZUCCHERO</b>	<b>95</b>

 <b>Snam</b> Rete Gas	<b>PROGETTISTA</b>	 <b>Snamprogetti</b>	<b>UNITÀ</b> <b>000</b>	<b>COMMESSA</b> <b>P66990</b>
	<b>LOCALITÀ</b> Regione Toscana – Emilia Romagna		<b>SPC. LA-E-83023</b>	
	<b>PROGETTO</b> Metanodotto Pontremoli - Cortemaggiore		Fg. 3 di 99	<b>Rev.</b> <b>0</b>

#### ALLEGATI

A1	Dis. LB-A-83222	Planimetria dell'area di M. Zuccherò (1:5.000)
A2	Dis. LB-B-83223	Carta geologico-geomorfologica dell'area di M. Zuccherò (1:5.000)".
A3	Dis. LB-5E-83224	Profilo altimetrico e sezione geologica dell'area di M.Zuccherò (1:5000)".
A4	Dis. LB-A-83225	Profilo Geomeccanico dell'area di M. Zuccherò (1:5.000)
A5	Dis. LB-B-83226	Carta idrogeologica dell'area di M. Zuccherò (1:10.000).
A6	Dis. LB-4D-83227	Indagini sismica a riflessione – Planimetria indagine
A7	Dis LB-4D-83228	Indagini sismica a riflessione – Sezione tempi e sezione di velocità
A8	Dis. LB-4D-83229	Indagini sismica a riflessione – Sezione profondità




	PROGETTISTA	 <b>Snamprogetti</b>	UNITÀ <b>000</b>	COMMESSA <b>P66990</b>
	LOCALITÀ	Regione Toscana – Emilia Romagna		<b>SPC. LA-E-83023</b>
	PROGETTO	Metanodotto Pontremoli - Cortemaggiore		Fg. 4 di 99

## 1 PREMESSA

La presente relazione è stata redatta al fine di illustrare le indagini e gli studi svolti, lungo il tracciato del “Metanodotto Pontremoli – Cortemaggiore DN 900 (36”)” in corrispondenza del tunnel previsto per l’attraversamento del massiccio del M. Zucchero per accertare la fattibilità tecnico-operativa dello stesso.

In considerazione delle complessità geologiche ed idrogeologiche presenti in questa area, le indagini sono state specificatamente rivolte alla caratterizzazione circostanziata dell’assetto geologico-strutturale, geomeccanico e idrogeologico della stessa area.

I risultati ottenuti hanno consentito di ottenere un inquadramento geologico-tecnico di dettaglio, utile per evidenziare eventuali problematiche realizzative dell’opera in sotterraneo.

 	PROGETTISTA	 <b>Snamprogetti</b>	UNITÀ <b>000</b>	COMMESSA <b>P66990</b>
	LOCALITÀ Regione Toscana – Emilia Romagna		<b>SPC. LA-E-83023</b>	
	PROGETTO Metanodotto Pontremoli - Cortemaggiore	Fg. 5 di 99	Rev. <b>0</b>	




## 2 METODOLOGIA DI LAVORO

La campagna di studio, condotta nell'area del M. Zucchero (vedi All. A1, Dis. 00-LB-A-83222) ha previsto le seguenti attività:

- rilevamento geologico-strutturale di superficie;
- caratterizzazione geomeccanica degli ammassi rocciosi mediante l'esecuzione di rilievi geomeccanici;
- studio idrogeologico, finalizzato alla caratterizzazione delle falde acquifere, delle sorgenti e delle eventuali opere di captazione;
- indagini dirette;
- indagini indirette;
- acquisizione e analisi dei dati bibliografici disponibili.

I principali obiettivi delle attività di indagine condotte sono stati:

- definizione delle caratteristiche litologiche, stratigrafiche e strutturali dei terreni;
- analisi dei contesti geomorfologici e caratterizzazione di dettaglio di eventuali fenomeni di dissesto gravitativo, in particolare nelle zone prossime all'ubicazione degli imbocchi della galleria;
- stima delle caratteristiche geomeccaniche degli ammassi rocciosi e dei litotipi interessati dal tracciato in galleria;
- studio delle caratteristiche della circolazione idrica profonda e delle conseguenze indotte dallo scavo della galleria sui livelli delle falde e quindi sul regime delle sorgenti e sul livello idrostatico dei pozzi.

 	PROGETTISTA	 <b>Snamprogetti</b>	UNITÀ <b>000</b>	COMMESSA <b>P66990</b>
	LOCALITÀ	Regione Toscana – Emilia Romagna		<b>SPC. LA-E-83023</b>
	PROGETTO	Metanodotto Pontremoli - Cortemaggiore		Fg. 6 di 99

## 2.1 Rilevamento geologico-strutturale e geomorfologico

Nell'ambito delle indagini effettuate è stata svolta come prima attività un rilevamento geologico e geomorfologico di dettaglio su piccola scala (1.5000) su una fascia di terreno di adeguata larghezza in asse con il tracciato in progetto.

L'obiettivo del rilievo geologico-geomorfologico è stato quello di determinare la distribuzione spaziale dei litotipi e delle loro discontinuità, i rapporti stratigrafici e tettonici tra le formazioni interessate, il contesto geomorfologico delle aree prossime agli imbocchi del tunnel.

Al termine del rilevamento sono state prodotte le seguenti cartografie:

- carta geologico-geomorfologica, in scala 1:5.000, con in evidenza le linee di disturbo tettonico accertate e/o presunte (vedi All. A2, Dis. LB-B-83223);
- profilo altimetrico e sezione geologica in asse tracciato lungo l'opera in trenchless, in scala 1:5.000 (vedi All. A3, Dis. LB-5E-83224).;

## 2.2 Caratterizzazione geomeccanica degli ammassi rocciosi

Il rilevamento di dati strutturali per l'area in oggetto è stato pianificato individuando alcuni affioramenti significativi per le formazioni geologiche presenti nella zona in esame, per ognuno dei quali è stato effettuato almeno un punto di stazione. L'ubicazione delle stazioni di misura è stata fatta considerando sia la loro prossimità al tracciato in progetto della galleria che la loro rappresentatività dell'ammasso roccioso deformato.

I risultati dei dati rilevati sono riportati in schede descrittive nelle quali sono riportate, per ciascuna tipologia di discontinuità (giunti di stratificazione, faglie e fratture), le seguenti informazioni: (i) giacitura, (ii) distanza dallo "zero" (origine) della scan-line di misura, (iii) persistenza, (iv) apertura, (v) natura del riempimento, (vi) consistenza del riempimento, (vii) scabrezza, (viii) alterazione, (ix) eventuale presenza di acqua (vedi Appendice 1).




I dati giaciturali misurati in campagna sono stati successivamente elaborati, al fine di individuare le famiglie di discontinuità principali, mediante il software *StereoWin 1.2*.

Le schede inoltre riportano i valori della somma del numero di discontinuità per metro cubo di roccia ( $J_v$ ), tenacità e Geological Strength Index (GSI).

Al termine delle analisi è stato realizzato un profilo geomeccanico in asse tunnel (Vedi All. A4, Dis. LB-A-83225) contenente le informazioni sulla classificazione geotecnica e geomeccanica (RMR e GSI) dei terreni interessati dal tunnel.

## 2.3 Studio idrogeologico

Le indagini idrogeologiche svolte sono state finalizzate alla valutazione degli assetti idrogeologici dell'area di M. Zuccherò e alle possibili interazioni con le opere in sotterraneo in progetto.

 	PROGETTISTA	 <b>Snamprogetti</b>	UNITÀ <b>000</b>	COMMESSA <b>P66990</b>
	LOCALITÀ Regione Toscana – Emilia Romagna		<b>SPC. LA-E-83023</b>	
	PROGETTO Metanodotto Pontremoli - Cortemaggiore		Fg. 7 di 99	Rev. <b>0</b>

Lo studio ha consentito di individuare sorgenti puntuali e lineari, definire le zone di alimentazione e di drenaggio preferenziali, quantificare l'attuale deflusso superficiale, ipotizzare l'estensione di una falda sotterranea e delineare le principali direzioni di deflusso sotterraneo all'origine delle principali emergenze idriche (vedi All. A5, Dis. 00-LB-B-83226).

La metodologia di indagine seguita ha comportato:



- a) acquisizione di tutti i dati bibliografici utili esistenti presso le pubbliche amministrazioni in riferimento agli aspetti climatici, geologici, idraulici ed acquedottistici;
- b) sopralluoghi e verifica di esistenza delle opere di presa, considerazioni sulla loro funzionalità ed esecuzione delle prove di portata, laddove possibile;
- c) verifica delle portate in arrivo alla sorgente e confronto con misure pregresse;
- d) rilevamento geolitologico sui territori investigati, per una miglior comprensione e verifica della cartografia geologica esistente, ricostruzione della stratigrafia con riferimento ai diversi gradi di permeabilità;
- e) ricostruzione della geometria delle formazioni serbatoio; schema di circolazione delle acque sotterranee;
- f) ipotesi sull'individuazione della superficie piezometrica;
- g) considerazioni sulle possibili interazioni tra le opere in sottterraneo in progetto e gli assetti idrogeologici definiti.

## 2.4 Indagini geognostiche

La campagna di studio ha previsto anche l'esecuzione di indagini dirette ed indirette nelle aree in oggetto per approfondire ed integrare i dati ottenuti dai rilievi geologico-strutturali di superficie. Nella seguente tabella sono riportate le indagini geognostiche svolte nella campagna di studio (vedi tab. 2.4/A).

**Tab.2.4/A: Caratteristiche dei sondaggi eseguiti e dei campioni prelevati**

TIPOLOGIA OPERA PREVISTA	TIPOLOGIA INDAGINE	LUNGHEZZA PROFILI (m)	PROFONDITA' ESPLORATA
Tunnel (TBM)	Sismica Riflessione	1 x 3800 Long.	500 m ca.
	Sondaggi	-	50 m Vert. (S37) 10 m Vert. (S37 bis) 10 m Vert. (S37 ter) 50 m Vert. (S38) 10 m Vert. (S38bis)

 <b>Snam</b> Rete Gas	<b>PROGETTISTA</b>  <b>Snamprogetti</b>	<b>UNITÀ</b> <b>000</b>	<b>COMMESSA</b> <b>P66990</b>
	<b>LOCALITÀ</b> Regione Toscana – Emilia Romagna		<b>SPC. LA-E-83023</b>
	<b>PROGETTO</b> Metanodotto Pontremoli - Cortemaggiore		Fg. 8 di 99

#### 2.4.1 Indagini dirette

L'indagine ha previsto l'esecuzione di cinque sondaggi a carotaggio con prelievo di campioni indisturbati e rimaneggiati ed esecuzione di prove penetrometriche in foro (S.P.T.).

Il carotaggio continuo è stato effettuato, conformemente alla natura dei terreni attraversati, utilizzando il sistema di perforazione tradizionale costituito da batteria di aste e carotiere semplice del diametro di 101 mm e carotiere doppio del tipo T6S con corona diamantata. La stabilizzazione del foro è stata ottenuta previo rivestimento, mediante tubazioni da 127 mm di diametro.

I terreni terebrati sono stati attentamente esaminati dal geologo presente in cantiere che ha provveduto a redigere le tabelle stratigrafiche di dettaglio e ad eseguire, sui terreni coesivi, prove di consistenza in sito mediante Pocket Penetrometer.

Le carote di terreno recuperate nei sondaggi sono state conservate in apposite cassette catalogatrici in plastica provviste di appositi divisori e coperchio.

Le caratteristiche dei sondaggi eseguiti sono riportata nella seguente tabella (vedi tab. 2.4/B).




**Tab. 2.4/B: Caratteristiche dei sondaggi eseguiti e dei campioni prelevati**

SONDAGGIO	UBICAZIONE	PROF (m)	CAMPIONI RIMANEGGIATI PROFONDITA' (m)	PROF FALDA (m)	S.P.T.
S37	Caboara	50,0	10,0-10,2 / 20,0 20,2 / 30,0-30,4 44,1-44,5 / 49,3-49,7	8,50	2
S37 bis	Caboara	10,0	2,0-2,45 / 7,0 -7,45	7,80	2
S37 ter	Caboara	10,0	2,0-2,45 / 7,0 -7,45	7,45	2
S38	Dugara	50,0	3,0- 3,4 / 10,0 10,4 / 20,0-20,4 30,0-30,4 / 40,0-40,4	-	5
S38 bis	Dugara	10,0	2,0-2,45 / 7,0 -7,45	3,77	2

Nel corso dei sondaggi sono state inoltre eseguite prove di resistenza alla penetrazione "SPT" utilizzando un'attrezzatura standard secondo le modalità di esecuzione indicate dalle "Raccomandazioni dell'Associazione Geotecnica Italiana" del 1977.

Gli elaborati stratigrafici dei sondaggi effettuati sono riportati in appendice (vedi Appendice 3).



 	PROGETTISTA	 <b>Snamprogetti</b>	UNITÀ <b>000</b>	COMMESSA <b>P66990</b>
	LOCALITÀ Regione Toscana – Emilia Romagna		<b>SPC. LA-E-83023</b>	
	PROGETTO Metanodotto Pontremoli - Cortemaggiore		Fg. 9 di 99	Rev. <b>0</b>

#### 2.4.2 Indagini indirette

La campagna di indagini indirette è stata svolta utilizzando profili di sismica a riflessione (vedi tab. 2.4/C).

**Tab. 2.4/C: Caratteristiche delle prospezioni geofisiche eseguite**



UBICAZIONE	TIPOLOGIA INDAGINE	LUNGHEZZA PROFILI (m)	PROFONDITA' ESPLORATA	ENERGIZZAZIONE
M. Zucchero	Sismica Riflessione	1 x 3800 Long.	500 m ca.	Esplosivo

Le prospezioni di sismica a riflessione effettuate hanno consentito la definizione di:

- modello del sottosuolo, in riferimento alla velocità di propagazione delle onde P;
- geometria e spessori delle principali unità sismo-stratigrafiche;
- andamento delle principali linee tettoniche.

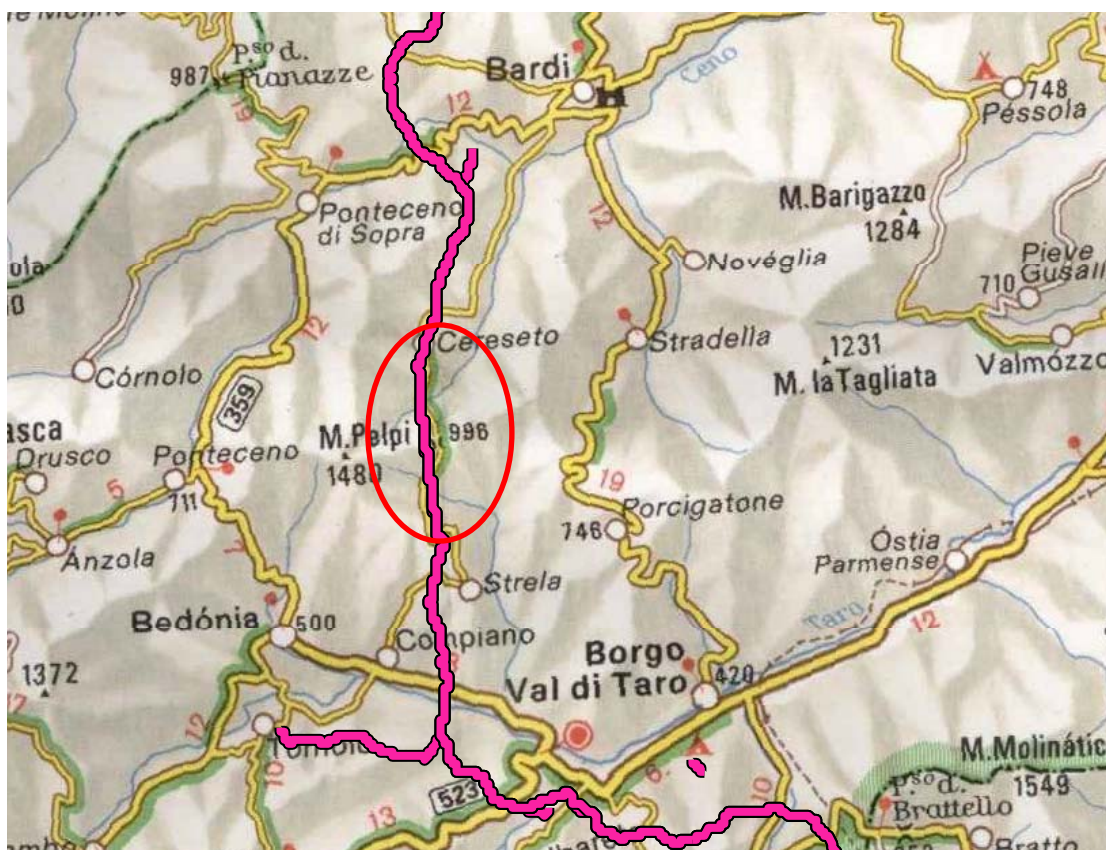
Questi obiettivi sono stati raggiunti determinando i profili di velocità di propagazione delle onde sismiche di compressione, lungo gli allineamenti di ricevitori (geofoni).

La metodologia utilizzata per l'indagine è illustrata in appendice (vedi Appendice 4); l'indagine ha prodotto una sezione sismica tempi-distanze (vedi All. A6, Dis. LB-4D-83227, All. 7 Dis. LB-4D-83228 e All. 8 Dis. LB-4D-83229).

 <b>Snam</b> Rete Gas	<b>PROGETTISTA</b>  <b>Snamprogetti</b>	<b>UNITÀ</b> <b>000</b>	<b>COMMESSA</b> <b>P66990</b>
	<b>LOCALITÀ</b> Regione Toscana – Emilia Romagna		<b>SPC. LA-E-83023</b>
	<b>PROGETTO</b> Metanodotto Pontremoli - Cortemaggiore		Fg. 10 di 99

### 3 CARATTERISTICHE FISICHE DELL'AREA




L'area di studio della galleria Monte Zucchero si sviluppa nel territorio dei comuni di Borgo Val di Taro, Bardi e Compiano, in Provincia di Parma (vedi fig. 3/A).



**Fig. 3/A:** Corografia in scala 1:800.000 dell'area di Monte Zucchero. La linea in viola identifica il tracciato in progetto, il cerchio in rosso evidenzia l'area di studio.

Il territorio in studio risulta interamente montuoso, con quote che variano dai 400 m s.l.m. del fondovalle fino ai 1000 m s.l.m. delle creste. I principali rilievi sono disposti lungo la dorsale della Costa della Colla, con sviluppo in direzione E-O, la cui massima altitudine è rappresentata dal M. Zucchero (1032 m s.l.m.), versante orientale del Monte Pelpi.

Il tracciato prevede l'attraversamento del rilievo di M. Zucchero mediante una galleria, lunga circa 3,550 km, che si imposta nell'alto fondovalle del T. Ingegna (a quota 603 m s.l.m.), affluente in sinistra del F. Taro, e termina nella porzione alta del fondovalle del T. Toncina (a quota 617 m s.l.m.), affluente in destra del T. Ceno (vedi All. A1, Dis. LB-A-83222).

 	PROGETTISTA	 <b>Snamprogetti</b>	UNITÀ <b>000</b>	COMMESSA <b>P66990</b>
	LOCALITÀ Regione Toscana – Emilia Romagna		<b>SPC. LA-E-83023</b>	
	PROGETTO Metanodotto Pontremoli - Cortemaggiore		Fg. 11 di 99	Rev. <b>0</b>

### 3.1 Inquadramento geomorfologico

Nell'area prevalgono le azioni morfogenetiche delle acque correnti superficiali e della gravità. Numerose sono le valli principali e le vallecole secondarie che disegnano una fitta rete di drenaggio superficiale e alimentano i principali corsi d'acqua. Queste valli sono contraddistinte da un netto profilo a "V" ed hanno un carattere fortemente torrentizio. Le valli si allargano solo nel tratto finale, mentre nel tratto medio-alto sono spesso presenti notevoli accumuli di materiale detritico.

I versanti sono in più tratti interessati da fenomeni gravitativi, con volumi ed estensioni dei depositi franosi estremamente variabili. Nelle unità argillose prevalgono i fenomeni di colata e di scivolamento rotazionale. Al contatto tra i litotipi argillosi ed arenacei si hanno spesso movimenti gravitativi di entrambe le unità, con coinvolgimento dei materiali detritici di copertura.

Nell'area settentrionale di M. Zucchero, presso l'abitato di Dugara, sono presenti antichi fenomeni di scorrimento, solo localmente riattivati, ed un fenomeno di colamento a carattere superficiale di scarso rilievo (vedi All. A2, Dis. LB-B-83223).

Nell'area meridionale di M. Zucchero, presso i nuclei abitati di Caboara e Arola, possono essere individuati ulteriori movimenti di massa. Sono fenomeni franosi di tipo scorrimento, prevalentemente rotazionale, impostati al passaggio tra i termini più argillosi e i sottostanti più arenacei. Talvolta la porzione più superficiale dell'accumulo può essere riattivata anche sotto forma di locali fenomeni di colamento. I fenomeni di quest'area meridionale, pur avendo spessori di materiale coinvolto superiori ai precedenti, non comportano problematiche rilevanti.



### 3.2 Inquadramento geologico-strutturale

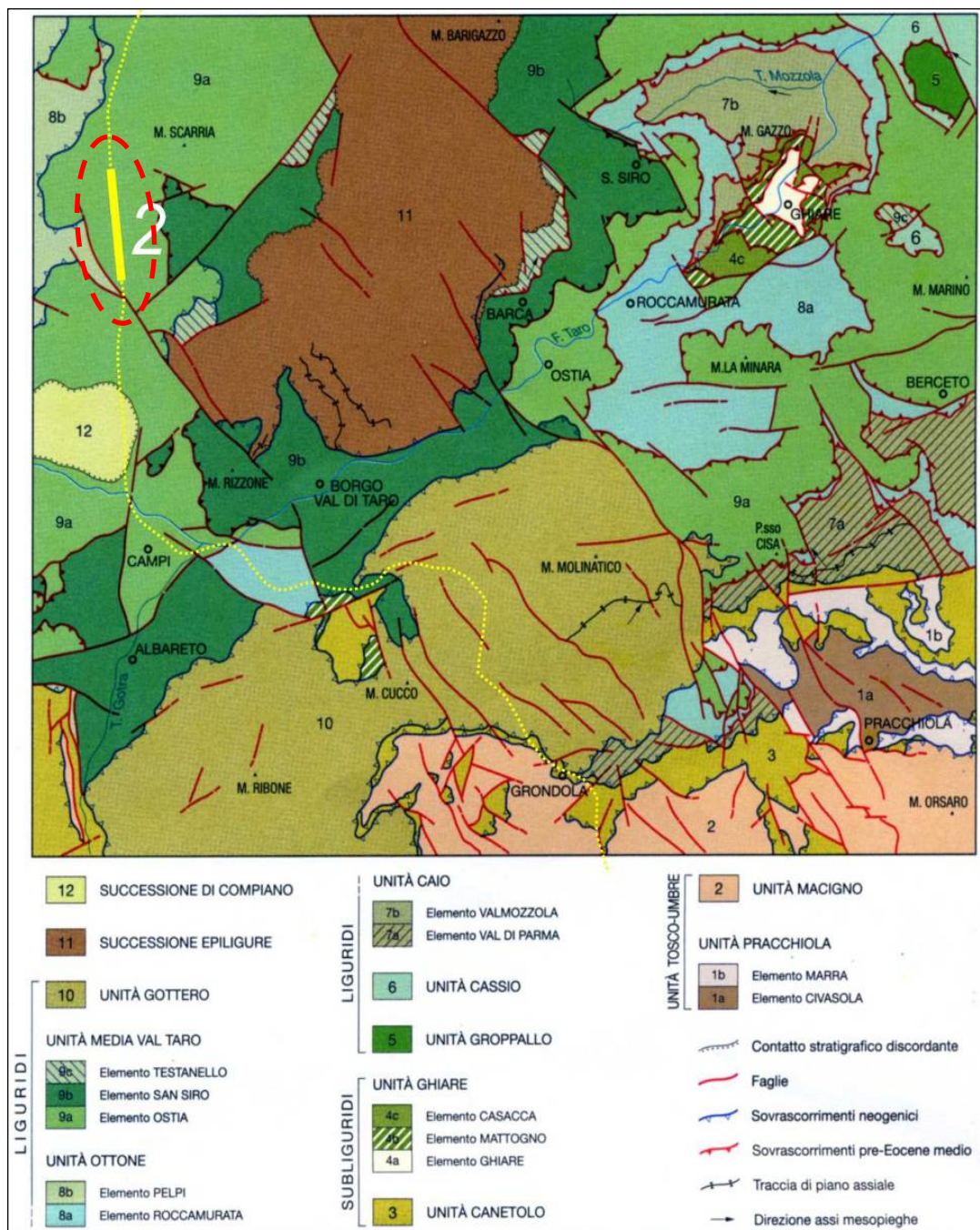
Nell'area del rilievo di M. Zucchero affiorano alcuni termini dell'Unità Media Val Taro, appartenente al dominio ligure esterno.

L'Unità Media Val Taro si identifica in una successione ricostruita con ampi margini di incertezza in quanto i termini che la compongono presentano per lo più contatti di natura tettonica. La ricostruzione di questa successione si basa quindi su un notevole numero di osservazioni effettuate su tutta l'area, integrate da un considerevole numero di analisi biostratigrafiche. In Figura 3.2/A è riportato uno schema tettonico dell'area in studio.



Si riconosce una successione che copre un intervallo compreso tra il Cretacico inferiore ed il Maastrichtiano e dall'alto al basso così composta:

- Flysch di Testanello;
- Arenarie di Campi;
- Arenarie di Scabiazza;
- Argilliti di San Siro;
- Argille a palombini.

 <b>Snam</b> Rete Gas	<b>PROGETTISTA</b>  <b>Snamprogetti</b>	<b>UNITÀ</b> <b>000</b>	<b>COMMESSA</b> <b>P66990</b>
	<b>LOCALITÀ</b> Regione Toscana – Emilia Romagna		<b>SPC. LA-E-83023</b>
	<b>PROGETTO</b> Metanodotto Pontremoli - Cortemaggiore		Fg. 12 di 99



**Fig. 3.2/A:** Schema tettonico dell'area di M. Zuccherò (in rosso l'area di interesse, in giallo il tracciato in progetto, da AA.VV., 2000, modificato)

 <b>Snam</b> Rete Gas	PROGETTISTA	 <b>Snamprogetti</b>	UNITÀ 000	COMMESSA P66990
	LOCALITÀ Regione Toscana – Emilia Romagna		SPC. LA-E-83023	
	PROGETTO Metanodotto Pontremoli - Cortemaggiore	Fg. 13 di 99	Rev. 0	

Nell'area di studio affiorano solamente i termini delle Argille a palombini di Monte Rizzone e le Arenarie di Scabiazza.

Le Argille a palombini di Monte Rizzone (AMR) affiorano in modo sempre piuttosto limitato, accompagnando le Arenarie di Scabiazza nelle zone di Caboara e Arola (a sud di M. Zuccherò). L'unità si presenta come un'alternanza di argilliti grigio scure, verdastre e nocciola e calcari micritici grigi, in strati sottili e medi, talora spessi, rivestiti in qualche caso da incrostazioni di ossidi neri; gli strati calcarei mostrano frequentemente una base calcarenitica fine laminata ed un tetto marnoso. Localmente si intercalano arenarie fini grigio scure laminate in sottili alternanze e argilliti marnose grigie in strati spessi.




Questa formazione è caratterizzata da una deformazione tettonica molto intensa, che complica la valutazione dello spessore geometrico. Una stima approssimativa, definita in aree prossime a quella di studio, indica spessori di circa 200 m; l'analisi dell'associazione a nannofossili calcarei, permette di riferire la formazione al Cretacico Inferiore (Hauteriviano-Aptiano).

Le Argille a palombini sono in contatto tettonico con le sovrastanti Arenarie di Scabiazza. La formazione è costituita da una successione che inizia con sottili alternanze di argilliti nerastre e arenarie litiche fini e medie laminate, che passano gradualmente ad arenarie fini e molto fini in strati sottili e molto sottili, con un tetto di marna argillosa grigio-nocciola regolarmente alternate da sottili livelli di argilliti grigio scure. Salendo nella successione si inseriscono intercalazioni di una litozona caotica (SCBa), costituita da marne siltose grigie in strati torbidity molto spessi con letto arenitico e conglomeratico a clasti minuti di derivazione prevalentemente sedimentaria (Mezzadri, 1964). Tale litozona mostra frequenti variazioni di spessore che a luoghi ne impediscono la rappresentazione cartografica. Verso il tetto l'unità passa di frequente ad una litozona pelitica policroma (SCBb).

La sedimentazione è torbidity con l'inserimento di episodi di frana sottomarina. I campioni raccolti, molti dei quali sterili o con rare faune a nannofossili calcarei (caratteristica peculiare delle Arenarie di Scabiazza anche in altre unità tettoniche), contengono associazioni riferibili al Coniaciano-Santoniano, in accordo con i dati di letteratura (Villa, 1991). Non si possono però escludere età più vecchie per la parte basale, non databile perché priva di carbonati nelle peliti, ed età più recenti (Campaniano?) per la parte sommitale dove la litozona pelitica policroma (SCBb), risulta sempre sterile.

Il rilevamento geologico di dettaglio alla scala 1:5.000 ha evidenziato la presenza di estesi affioramenti appartenenti alla formazione delle Arenarie di Scabiazza (circa il 90% dell'intera superficie). Questa formazione si presenta con uno stile deformativo molto marcato, caratterizzato da strutture plicative a tutte le scale. In parte minore, nell'area di studio affiorano sedimenti riconducibili alle sottostanti Argille a palombini di Monte Rizzone (vedi All. A2, Dis. LB-B-83223).

In generale, le pieghe alla macroscale sono da rovesciate a coricate e presentano trend assiali con direzioni NE-SW con piani assiali sub-orizzontali. Queste pieghe sono associate ad una prima fase deformativa, e sono caratterizzate probabilmente da livelli di scollamento ubicati all'interno delle sottostanti Argille a palombini. Nelle Arenarie di Scabiazza, pieghe coricate isoclinaliche sono osservabili anche alla mesoscale;

 	PROGETTISTA	 <b>Snamprogetti</b>	UNITÀ <b>000</b>	COMMESSA <b>P66990</b>
	LOCALITÀ Regione Toscana – Emilia Romagna		<b>SPC. LA-E-83023</b>	
	PROGETTO Metanodotto Pontremoli - Cortemaggiore		Fg. 14 di 99	Rev. <b>0</b>

caratterizzate da superfici di scollamento impostate nei livelli pelitici presenti all'interno della stessa formazione.

Sempre alla mesoscala sono osservabili, inoltre, pieghe dritte con fianchi marcatamente più aperti aventi trend assiali NW-SE. Queste pieghe, probabilmente appartengono ad una seconda fase deformativa, post-oligocenica.

L'estrapolazione in profondità dei dati di superficie, associati ai dati provenienti dall'indagine geofisica (vedi Appendice 4), ha consentito la realizzazione di una sezione geologica (scala 1:5.000) in asse con il tracciato previsto per la galleria (vedi All. A3, Dis. LB-5E-83224). Da questa si evince chiaramente che lo stile deformativo dominante è quello plicativo con pieghe a doppia vergenza, con geometrie molto variabili: molto strette, rovesce, coricate, aperte e dritte. Associate a queste vi sono minori accavallamenti (retroscorrimento di Caboara-Arola) e strutture trascorrenti positive e negative (flower positive e negative).




Una delle maggiori incertezze nella costruzione della sezione geologica risiede nella esatta ubicazione del passaggio tra le Arenarie di Scabiazza e le sottostanti Argille a palombini. Questo è da attribuire in prima analisi, all'estrema variazione di spessore delle Arenarie di Scabiazza, causato dall'intensa tettonizzazione della formazione, e, in secondo luogo, alla mancanza, nell'area di studio, di affioramenti nei quali sia stato possibile osservare il passaggio con la formazione sovrastante.

### 3.3 Caratterizzazione geomeccanica

La caratterizzazione geomeccanica dei litotipi costituenti il rilievo di Monte Zuccherò è stata eseguita sui dati acquisiti in 5 stazioni geostrutturali, ubicate nell'area di interesse (vedi Appendice 1).

Per ciascuna delle stazioni di misura, le schede tecniche del rilevamento geomeccanico, le rappresentazioni stereografiche dei piani di discontinuità, le caratteristiche delle famiglie di discontinuità, le prove sclerometriche, i valori di RMR per ciascuna famiglia di discontinuità e le foto dell'affioramento di misura sono riportate nell'Appendice 1.

Al termine dei rilevamenti e delle analisi delle misure è stato possibile definire i valori medi dei parametri geomeccanici caratterizzanti i due litotipi più frequenti nell'area di studio (vedi tab. 3.3/A e 3.3/B).

 	PROGETTISTA	 <b>Snamprogetti</b>	UNITÀ 000	COMMESSA P66990
	LOCALITÀ Regione Toscana – Emilia Romagna		SPC. LA-E-83023	
	PROGETTO Metanodotto Pontremoli - Cortemaggiore		Fg. 15 di 99	Rev. 0

**Tab. 3.3/A: Valori e giudizi medi dei principali parametri geomeccanici ottenuti per le Arenarie di Scabiazza.**

Parametro Geomeccanico	Frazione	Valore medio	Giudizio	Giudizio (in presenza di acqua)
GSI	-	50-70	“roccia fratturata – molto fratturata”	-
RMR <sub>base</sub>	-	61-67	“roccia buona”	“roccia discreta - scadente”
Tenacità	argillitica	R1	“roccia molto debole”	-
	arenacea	R4	“roccia resistente”	-

**Tab. 3.3/B: Valori e giudizi medi dei principali parametri geomeccanici ottenuti per le Argille a palombini.**

Parametro Geomeccanico	Valore medio	Giudizio	Giudizio (in presenza di acqua)
GSI	20-30	“roccia disintegrata”	-
RMR <sub>base</sub>	46	“roccia discreta”	“roccia discreta”
Tenacità	R1	“roccia molto debole”	-



I risultati della caratterizzazione geomeccanica dell’ammasso roccioso di M. Zucchero hanno consentito di realizzare un profilo geomeccanico in asse tunnel riportante una stima dei valori geotecnici e geomeccanici (RMR e GSI) dei terreni attesi in fase di avanzamento dello scavo (vedi All. A4, Dis. LB-A-83225).

### 3.4 Assetto idrogeologico

Le caratteristiche geolitologiche e geostrutturali del rilievo montuoso di M. Zucchero, delineano un profilo idrogeologico dell’area particolarmente complesso.

L’analisi dell’assetto idrico del rilievo è stata condotta valutando tutti i fattori che condizionano il deflusso sotterraneo delle acque, tra i quali:

- caratteristiche fisico-meccaniche dei litotipi costituenti il substrato;
- caratteristiche fisico-meccaniche, estensione e spessori dei materiali di copertura;
- tipo di morfologia, tipo e grado di copertura vegetale;
- clima regionale e precipitazioni;

 <b>Snam</b> Rete Gas	PROGETTISTA	 <b>Snamprogetti</b>	UNITÀ 000	COMMESSA P66990
	LOCALITÀ Regione Toscana – Emilia Romagna		SPC. LA-E-83023	
	PROGETTO Metanodotto Pontremoli - Cortemaggiore		Fg. 16 di 99	Rev. 0

- rete di drenaggio delle acque superficiali;
- andamento strutturale delle formazioni interessate dal bacino idrogeologico.

Le precipitazioni, la morfologia e le caratteristiche dei materiali di copertura condizionano la quantità di acqua di infiltrazione nel sottosuolo, mentre lo spessore del materiale di copertura, la natura fisica del substrato e il suo andamento strutturale influenzano la circolazione idrica sotterranea, e le modalità di scaturigine con la quale l'acqua viene a giorno.

L'analisi del deflusso idrico sotterraneo è stata svolta partendo da una caratterizzazione del tipo e grado di permeabilità (porosità intrinseca del materiale o fenomeni di fratturazione e/o carsismo) che caratterizza le formazioni costituenti il rilievo di M. Zuccherò. Frequentemente, la permeabilità dei vari litotipi varia all'interno di una stessa formazione a causa di variazioni delle caratteristiche di alterazione, fratturazione, giacitura, ecc.

Di seguito, si fornisce una breve descrizione, dal punto di vista idrogeologico, delle unità presenti nell'area in esame. Si è preferito elencare i differenti litotipi esistenti piuttosto che le formazioni geologiche, in quanto queste ultime sono costituite da alternanze di litologie aventi, dal punto di vista della permeabilità, diverse caratteristiche.



#### 1) Terreni di copertura

Sono costituiti da alluvioni, colluvioni, detriti di falda e materiali di frana e caratterizzati da un grado di permeabilità elevato per porosità. Rappresentano quindi un facile veicolo d'infiltrazione nel sottosuolo per le acque superficiali, quando le condizioni morfologiche e di copertura vegetale lo permettono. In condizioni di giacitura particolari, contatto con formazioni a permeabilità media o ridotta, possono essere sede di acquiferi minori, con possibili manifestazioni sorgentizie. Nell'area in studio, si riconoscono lungo le fasce al piede delle zone collinari e delle superfici di versante caratterizzate da spessori variabili.

#### 2) Arenarie

Le arenarie sono permeabili per fratturazione. La rigidità di queste rocce risponde alle sollecitazioni dinamiche dell'attività tettonica in modo rigido, preferendo i processi di fratturazione e fagliazione, anche se in passato tali formazioni geologiche hanno subito delle deformazioni plastiche testimoniate dal riconoscimento di numerose pieghe a piccola e media scala. Ne deriva una struttura ove il reticolo determinato dai vari piani di fratturazione diventa un buon mezzo per la circolazione delle acque sotterranee. La natura mineralogica delle arenarie, inoltre, favorisce il grado di mineralizzazione delle acque in essa circolanti. La facilità all'alterazione dei componenti feldspatici e micacei, presenti in queste arenarie d'altro canto, può però occludere queste vie di circolazione, limitando la permeabilità nelle arenarie ad un grado medio. Nell'area di M. Zuccherò le arenarie sono il litotipo prevalente, massicciamente diffuse all'interno della formazione di Scabiazza, frammiste a litologie più terrose (marne e peliti) con uno sviluppo verticale di qualche centinaio di metri, talora ritmate con altre litologie meno permeabili. Il diffuso reticolo di fratture che però interessa queste rocce



 <b>Snam</b> Rete Gas	PROGETTISTA	 <b>Snamprogetti</b>	UNITÀ 000	COMMESSA P66990
	LOCALITÀ Regione Toscana – Emilia Romagna		SPC. LA-E-83023	
	PROGETTO Metanodotto Pontremoli - Cortemaggiore		Fg. 17 di 99	Rev. 0

sembra però compensare la minore potenzialità di roccia serbatoio per l'approvvigionamento idrico, dovuto all'alternanza.

3) Marne, calcari marnosi, siltiti, peliti

La componente argillosa comune a questi litotipi, nonché l'intensa foliazione dei livelli, rendono queste rocce praticamente impermeabili. La loro proprietà di assorbire anche le deformazioni più intense, comportandosi in modo plastico, fa sì che queste rocce non presentino sistemi di fratturazione tali da poter consentire una circolazione idrica significativa. Vengono quindi esaltate le capacità di costituire limiti di permeabilità ad acquiferi circolanti in formazioni soprastanti, in modo tale che, quando le condizioni strutturali e topografiche lo consentono, tali contatti possono rappresentare un livello di emergenza delle acque del sottosuolo. Questi litotipi sequenziano le arenarie nella formazione di Scabiazza.

4) Argille

Le argille rappresentano l'unità sedimentaria a maggior grado di impermeabilità, mantengono questa peculiarità anche nelle formazioni più antiche, in quanto i processi deformativi che in unità più rigide determinano l'instaurarsi dei sistemi di fratture, nelle argille vengono assorbiti dal loro alto grado di plasticità. Ne consegue che tali litotipi rappresentano la base delle rocce serbatoio e il loro affioramento in superficie si accompagna con la venuta a giorno delle acque sotterranee.

3.4.1 Morfologia e copertura vegetale




La morfologia e la copertura vegetale influiscono sulle possibilità di infiltrazione delle acque superficiali e meteoriche nel sottosuolo: le aree pianeggianti sono ovviamente più favorevoli a trattenere l'acqua piovana rispetto alle aree in pendio, in quanto quest'ultime favoriscono il ruscellamento superficiale delle acque.

La copertura vegetale fitta e boschiva come quella presente nella zona in esame, limita fortemente l'impatto al suolo della pioggia, permettendo quindi una migliore infiltrazione nel terreno, in quanto distribuisce in un tempo più lungo la quantità d'acqua caduta.

Dal punto di vista morfologico, come già precedentemente detto, il territorio è prevalentemente acclive, tuttavia le pendenze medie non risultano quasi mai particolarmente accentuate in virtù della disposizione stratigrafica delle unità rocciose presenti (spesso sub-orizzontale) e della disomogeneità delle componenti litologiche che le compongono (alternanze ritmiche di rocce a comportamento erosivo differente). Le pendenze risultano più elevate (>45°) in corrispondenza di incisioni fluviali o di estesi affioramenti argillosi.

In ogni caso l'area in pendenza ha sfavorito la formazione di uno spesso strato di suolo, se non nelle zone pianeggianti. Le coltri detritiche sui versanti sono ricoperte da terreno vegetale di scarso spessore.

Dal punto di vista vegetazionale, l'area è quasi interamente coperta da formazioni boschive a latifoglie.

 	PROGETTISTA	 <b>Snamprogetti</b>	UNITÀ <b>000</b>	COMMESSA <b>P66990</b>
	LOCALITÀ Regione Toscana – Emilia Romagna		<b>SPC. LA-E-83023</b>	
	PROGETTO Metanodotto Pontremoli - Cortemaggiore	Fg. 18 di 99	Rev. <b>0</b>	

### 3.4.2 Aspetti climatici

Il regime delle precipitazioni per tutte le stazioni pluviometriche esaminate è tipicamente appenninico-sublitoraneo: si evidenziano due minimi stagionali, con quello estivo più marcato dell'invernale, e due massimi stagionali, con quello autunnale superiore a quello primaverile. Solitamente Novembre è il mese più piovoso e Luglio il più siccitoso.

Sono stati reperiti attraverso il Consorzio Idrico Integrato gestito dalla società Montagna 2000 S.p.a., i dati di Temperatura e Piovosità del trentennio di riferimento 1961-1990 e del decennio 1993-2003 riferiti alla stazione meteorologica di Borgo Val di Taro, posta a 411 m s.l.m., latitudine 48,48° e longitudine 09,76°.

I dati espressi nelle tabelle seguenti, mostrano una temperatura media annua compresa tra 10° e 11°C, che la classificazione dei climi del Koppen pone tra quelli temperati subcontinentali della media montagna e delle valli interne delle Alpi e degli Appennini.

Riassumendo i valori del trentennio 1961-1990:



- precipitazione media annua: 1066 mm
- mese mediamente più piovoso: novembre (143 mm)
- max precipitazione assoluta giornaliera: 195,40 mm
- mese mediamente meno piovoso: luglio (43 mm)
- temperatura media annuale: 10,15°C
- mese mediamente più freddo: gennaio (1,2°C)
- mese mediamente più caldo: luglio (20,4°C)
- temperatura minima assoluta: -18°C (7 feb 1988)
- temperatura massima assoluta: 31°C (16 lug 1982)

I seguenti dati sono comparati alle stazioni meteoclimatiche limitrofe quali (vedi tab. 3.4/A):

- Borgo Val di Taro                                      quota 411 m s.l.m.
- Bedonia (Pelpirana)                                      quota 554 m s.l.m.
- M. Zatta                                                              quota 1125 m s.l.m.

**Tab. 3.4/A: Valori meteoclimatici relativi alle stazioni presenti nell'area di interesse.**

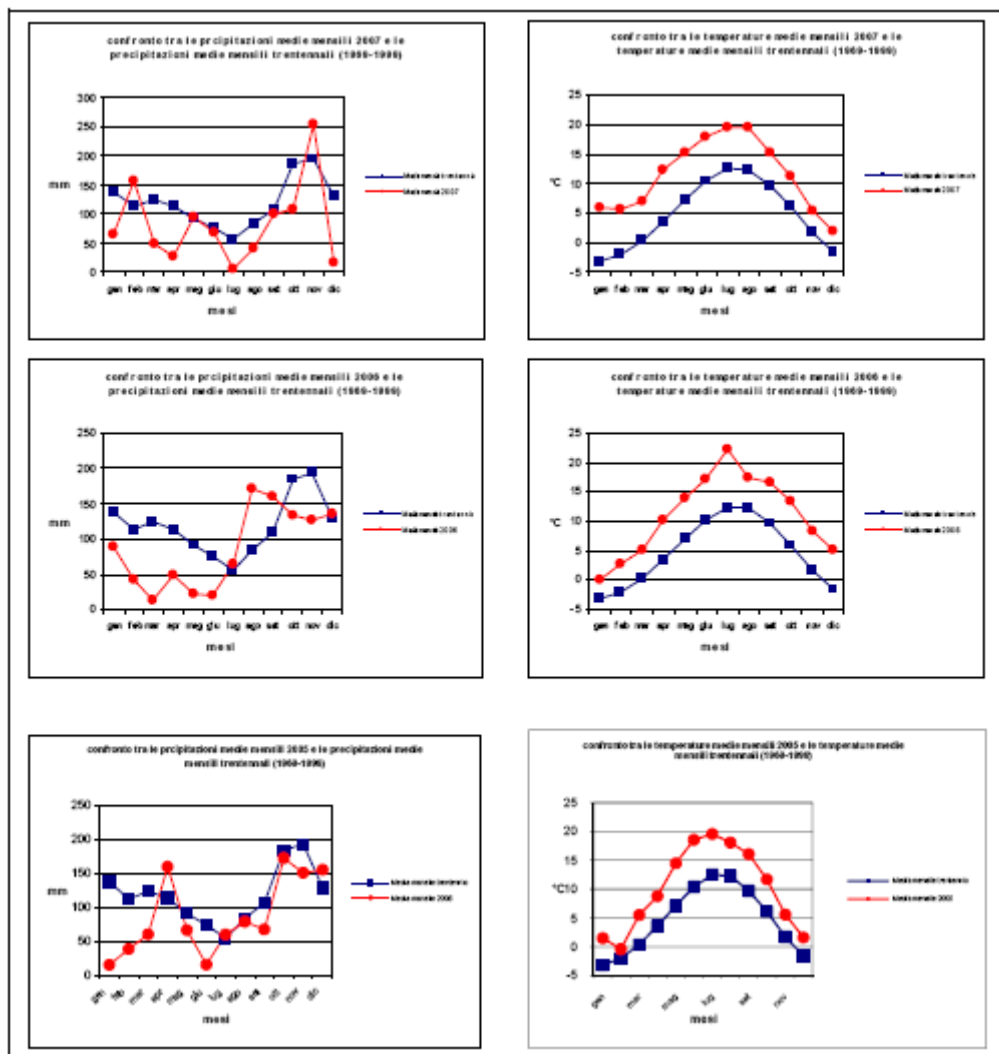
ANNO	PRECIPITAZIONI ( mm complessivi anno )		
	BEDONIA	BORGO VAL DI TARO	M.te ZATTA
1980	1210	1121	2212
1981	1065	851	2073
1982	1562	1196	2767
1983	957	826	1797
1984	1513	1345	2696
1985	1217	942	2458
1986	1077	1047	1156
1987	1732	1286	/
1988	1049	1049	/
1989	1129	861	/
1990	1213	/	1515
1991	910	960	1110

 <b>Snam</b> Rete Gas	<b>PROGETTISTA</b>  <b>Snamprogetti</b>	<b>UNITÀ</b> <b>000</b>	<b>COMMESSA</b> <b>P66990</b>
	<b>LOCALITÀ</b> Regione Toscana – Emilia Romagna		<b>SPC. LA-E-83023</b>
	<b>PROGETTO</b> Metanodotto Pontremoli - Cortemaggiore		Fg. 19 di 99



Elaborando i dati di piovosità e temperatura reperiti, si sono potuti ricavare alcuni andamenti statistici, tali da caratterizzare il regime termo-pluviometrico dell'area (vedi fig. 3.4/A).

Da queste si possono pertanto fare le seguenti considerazioni:

- la sensibile diminuzione della piovosità negli anni 2005, 2006 e 2007 sia rispetto all'ultimo decennio, sia rispetto al trentennio 1961-1990; tale diminuzione viene valutata rispetto alla media trentennale dal 13% al 21%;
- il segnale termico stagionale seppur sempre presente e chiaramente riconoscibile è caratterizzato da un sostanziale aumento delle temperature rispetto al trentennio di riferimento.



**Fig.3.4/A: Dati di piovosità e temperatura delle stazioni nell'area di studio.**

 <b>Snam</b> Rete Gas	PROGETTISTA	 <b>Snamprogetti</b>	UNITÀ 000	COMMESSA P66990
	LOCALITÀ Regione Toscana – Emilia Romagna		SPC. LA-E-83023	
	PROGETTO Metanodotto Pontremoli - Cortemaggiore		Fg. 20 di 99	Rev. 0

### 3.4.3 Rete di drenaggio delle acque superficiali



La natura litologica delle rocce che costituiscono l'area in esame (arenarie e peliti) condizionano la formazione di incisioni fluviali caratterizzate da erosione molto accentuata, talora sono presenti accumuli di piccole frane, sviluppatasi sui fianchi stessi delle maggiori incisioni, che ostruiscono in parte la sezione idraulica..

Il reticolo idrografico nella sua disposizione e nei suoi caratteri principali si distingue in due reti di drenaggio preferenziali: uno disposto verso Nord e l'altro verso Sud fino a costituire rispettivamente il T. Toncina e il T. Ingegna (vedi tab. 3.4/B). I due reticoli individuati sono separati da un netto spartiacque superficiale coincidente con le massime quote presenti nella zona di studio: dorsale Costa della Colla.

Entrambi i reticoli si sviluppano in modo capillare poco al di sotto dello spartiacque superficiale, tra i 950 m e i 900 m di quota, mediante una forma dendritica arborescente, con ramificazioni fino al III-IV ordine. Le misure idrografiche effettuate durante la campagna di rilevamento indicano aumenti di portata lungo l'asta fluviale, dall'origine degli impluvi fino alla confluenza con i corsi d'acqua principali, da attribuire ai contributi di sorgenti lineari, piccole falde sospese o interferenze con la falda profonda.

**Tab.3.4/B: Valori idrografici dei principali corsi d'acqua nell'area di interesse.**

Staz.	Q (l/sec)	Data	Ora	Cond.el	T (°C)	TDS	Località	Rio
1	40	25/5/2009	16.10	490	18,2	104	Molino	Stocco
2	70	25/5/2009	16.30	475	17,6	132	Molino	Fontana
3	5,0	25/5/2009	17.05	502	11,9	105	Caboara	Burroni
4	0,5	25/5/2009	17.27	492	16,9	112	Arola	Castellà
5	1,6	25/5/2009	17.55	488	19,4	109	Arola	Stocco
6	0,0	25/5/2009	18.15	0	0	0	Caboara	Fontana
7	5,0	25/5/2009	18.25	490	13,2	104	Il Groppo	Cana
8	0,3	26/5/2009	11.00	318	13,4	411	Dugara	Mora
9	0,4	26/5/2009	11.15	401	12,7	527	Dugara	--
10	5/6	26/5/2009	12.10	325	13,8	416	Dugara	Cappello
11	25/30	26/5/2009	14.20	373	14,2	472	Dugara	Cogno
12	35/40	26/5/2009	14.35	344	15,9	417	Sidolo	Dugara
13	0,0	26/5/2009	16.10	0	0	0	Farfanaro	Roncazzo
14	25/30	26/5/2009	16.15	338	14,4	296	Farfanaro	Foiani

 <b>Snam</b> Rete Gas	<b>PROGETTISTA</b>  <b>Snamprogetti</b>	<b>UNITÀ</b> <b>000</b>	<b>COMMESSA</b> <b>P66990</b>
	<b>LOCALITÀ</b> Regione Toscana – Emilia Romagna		<b>SPC. LA-E-83023</b>
	<b>PROGETTO</b> Metanodotto Pontremoli - Cortemaggiore		Fg. 21 di 99



**Tab.3.4/B: Valori idrografici dei principali corsi d'acqua nell'area di interesse (seguito)**

Staz.	Q (l/sec)	Data	Ora	Cond.el	T (°C)	TDS	Località	Rio
15	¾	26/5/2009	16.30	338	12	454	Farfanaro	Cerrasco
16	0,0	27/5/2009	15.00	0	0	0	--	--
17	1,5	27/5/2009	15.30	308	13,6	396	Dugara	Pendia
18	0,8	27/5/2009	16.00	427	12,4	566	Dugara	Campazzo
19	0,0	27/5/2009	16.30	0	0	0	M.del Faggio	--
20	2,9	27/5/2009	16.50	320	13,9	412	M.del Faggio	--
21	40/50	27/5/2009	17.00	272	16,0	329	M.del Faggio	Fontana Mura
22	0,0	27/5/2009	17.10	0	0	0	Il Groppo	Lubbia
23	0,6	27/5/2009	17.15	499	19,1	560	Tolara	Mezzadri
25	0,0	27/5/2009	17.25	0	0	0	Cà Mezzadri	Piana
26	0,0	27/5/2009	17.25	0	0	0	Cà Mezzadri	Macchie
28	120	28/5/2009	18.20	450	16	510	Cà Mezzadri	Mezzadri
29	40/50	28/5/2009	18.30	400	14,8	503	Dugara	Roncazzo
30	20	29/5/2009	10.10	399	15,2	410	Dugara	Dugara
31	1,3	28/5/2009	10.50	301	14,4	347	Dugara	Cogna
32	0,8	28/5/2009	11.10	322	14,4	411	Dugara	--
33	2,5	28/5/2009	11.25	301	16,1	341	Farfanaro	Colla
34	0,2	28/5/2009	11.40	288	16,1	329	Farfanaro	--
35	2	28/5/2009	12.15	407	14,6	510	Dugara	Cogna
36	120	28/5/2009	12.30	468	14,9	548	Farfanaro	T. Torcina
37	12,5	28/5/2009	12.45	294	17,0	384	Farfanaro	Farfanaro

#### 3.4.4 Sorgenti e schema del deflusso idrico sotterraneo

Il deflusso idrico sotterraneo nelle Arenarie di Scabiazza è da considerarsi la più importante unità acquifera presente nell'area di studio. Si tratta di un enorme acquifero arenaceo fratturato più volte ripiegato e accavallato su se stesso, confinato stratigraficamente al letto dal sistema Argille a palombini di M. Rizzone le quali costituiscono l'acquicluda principale.

L'acquifero è a sua volta costituito da alternanze ritmiche di arenarie e peliti, perciò talora è possibile incontrare fenomeni sorgivi all'interno delle suddette successioni per effetto del contrasto di permeabilità relativa che i due terreni presentano. Queste modeste manifestazioni non possono essere posizionate come fenomeni puntuali per le esigue portate ma in un contesto realmente più vasto costituiscono zone di recapito significative da cui traggono alimentazione i reticoli idrografici.

 <b>Snam</b> Rete Gas	<b>PROGETTISTA</b>  <b>Snamprogetti</b>	<b>UNITÀ</b> <b>000</b>	<b>COMMESSA</b> <b>P66990</b>
	<b>LOCALITÀ</b> Regione Toscana – Emilia Romagna		<b>SPC. LA-E-83023</b>
	<b>PROGETTO</b> Metanodotto Pontremoli - Cortemaggiore		Fg. 22 di 99

Il rilevamento delle sorgenti superficiali e i dati reperiti dalla società gestore dell'acquedotto di Borgo Val di Taro (Montagna 2000) è illustrato nella seguente tabella (vedi tab. 3.4/C). In particolare, le sorgenti sono tutte disposte in prossimità delle zone di recapito dei due reticoli idrografici principali posizionate poche decine di metri al di sopra degli abitati di Dugara e Caboara, probabilmente laddove la superficie piezometrica dell'acquifero di base intercetta la superficie topografica, all'interno di una fascia compresa tra gli 830 m e i 900 m di altitudine.

**Tab. 3.4/C: Valori idrografici dei principali corsi d'acqua nell'area di interesse.**

<i>Nome</i>	<i>Quota</i>	<i>Tipo</i>	<i>T (°C)</i>	<i>Cond.el</i>	<i>data</i>	<i>Q (l/sec)</i>	<i>T aria</i>	<i>Rio</i>
Caboara1	894	perenne	12,1	640	18/9/2008	Non misurab.	17,0	Fontana
Arola	788	perenne	12,2	788	18/9/2008	0,7	22,0	Castello
Fuià	889	perenne	12,0	443	18/9/2008	0,7	16,0	Cana
CaboaraS	855	perenne	12,0	324	18/9/2008	Non misurab.	18,0	Cana
Gropo	804,5	perenne	11,8	412	18/9/2008	0,4	18,0	Cana
FarfanaroA	824	perenne	11,4	663	22/9/2008	0,26	15,0	Roncazzo
FarfanaroB	824,5	perenne	12,0	707	18/9/2008	0,05	15,0	Roncazzo
Sambuceto1	877	perenne	10,7	558	16/5/2008	0,2	18,0	Mulinetto
Sambuceto2	887	perenne	10,5	523	16/5/2008	0,18	19,0	Mulinetto
Tinella	895	perenne	11,0	545	11/6/2008	0,4	27,0	Stacco
Pelpi	1170	perenne	7,5	232	27/5/2009	Non misurab.	----	----



La totalità delle sorgenti possiede carattere perenne, nonostante nei mesi di Settembre e Ottobre la loro portata è ridotta al minimo con valori che non superano i 2 l/sec.

La conducibilità elettrica misurata sembra non discostarsi molto da quelli riscontrati nelle acque superficiali, con valori che variano rispettivamente tra 788  $\mu\text{S}/\text{cm}$  e 324  $\mu\text{S}/\text{cm}$  per le acque sotterranee, e tra 502  $\mu\text{S}/\text{cm}$  e 272  $\mu\text{S}/\text{cm}$  e per le acque superficiali. La classificazione proposta da Celico nel 1988, fa ricadere queste acque a cavallo tra le acque oligominerali e le medio-minerali.

Anche le temperature sembrano conservare univoca variabilità a seconda del punto di prelievo. In corrispondenza dei tratti in cui il rio mostra degli aumenti di portata viene registrata anche una diminuzione nella temperatura anche di 3-4 °C per effetto della miscelazione con acque sotterranee. In base alla classificazione vigente le acque che scaturiscono dalle sorgenti riconosciute vengono denominate come *fredde*.

In mancanza di dati continui relativi alle portate nei vari anni pregressi non è stato possibile ricostruire l'idrogramma caratteristico della sorgente, stimare il suo andamento e la sua sostenibilità sia su base annuale che pluriennale, e quindi consentire un'ipotesi adeguata sulle quantità di risorse idriche presenti nella sede acquifera da cui esse traggono origine.

La carta idrogeologica redatta a seguito dei rilievi e delle indagini svolte nell'area di M. Zuccherò è allegata alla presente relazione (vedi All. A5, Dis. LB-B-83226).

 <b>Snam</b> Rete Gas	<b>PROGETTISTA</b>	 <b>Snamprogetti</b>	<b>UNITÀ</b> <b>000</b>	<b>COMMESSA</b> <b>P66990</b>
	<b>LOCALITÀ</b> Regione Toscana – Emilia Romagna		<b>SPC. LA-E-83023</b>	
	<b>PROGETTO</b> Metanodotto Pontremoli - Cortemaggiore		Fg. 23 di 99	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Sulla base delle considerazioni emerse dall'analisi dei dati geologici e idrogeologici reperiti durante la fase di campagna è stato possibile formulare una serie di ipotesi sulla circolazione idrica delle acque sotterranee:



- il rilievo montuoso di Monte Zuccherò è costituito da un acquifero fratturato arenaceo (Arenarie di Scabiazza) interessato da diverse pieghe asimmetriche le maggiori delle quali vergenti verso i settori meridionali dell'area di studio;
- la coincidenza tra i principali elementi idrografici (spartiacque sotterraneo e superficiale) sembra essere il motivo che guida la disposizione simmetrica sia del reticolo idrografico e l'articolazione del deflusso delle acque superficiali, sia dell'ubicazione delle principali sorgenti puntuali che alimentano i nuclei abitati presenti nell'area;
- l'alimentazione pluviometrica dell'area sarebbe dapprima condotta dalla zona insatura alla falda sotterranea attraverso un fitto reticolo di fratture, per poi essere guidate fino alla zona di recapito della sorgente dalla stratificazione e dall'assetto geologico-strutturale dell'intero sistema idrogeologico, similmente a quello che potrebbe essere rappresentato da un acquifero carbonatico;
- il confronto tra le acque superficiali e acque sotterranee non sembra delimitare un passaggio così netto, almeno sulla base di quelli che sono i loro parametri fisici, cosicché si presume che i periodi di circolazione dei fluidi all'interno dell'acquifero e i tempi di percorrenza dalla zona di alimentazione alla scaturigine non siano poi così elevati. Ad avvalorare questa ipotesi è stata inoltre la rapida diminuzione di portata osservata nelle varie incisioni durante i periodi privi di precipitazioni meteoriche;
- l'acquifero di Monte Zuccherò possiede al suo interno un'unica dimensione acquifera la cui superficie piezometrica dovrebbe trovarsi all'interno di una fascia compresa tra i 750 m e i 900 m s.l.m. e dalla quale traggono alimentazione le sorgenti presenti a Nord e a Sud degli spartiacque idrogeologici.

#### 3.4.5 Calcolo della permeabilità strutturale equivalente

Nel corso del presente lavoro sono state effettuate una serie di misure strutturali su diversi litotipi posti a quote topografiche differenti, al fine di identificare i set di fratture principali che svolgono un ruolo importantissimo nella circolazione idrica sotterranea.

I dati sono stati analizzati attraverso una metodologia statistica che ha consentito di definire la distribuzione delle discontinuità e delle loro caratteristiche, a scala dell'affioramento, e di ottenere valori sperimentali del tensore di conducibilità idraulica. E' necessario però precisare che il valore finale di conducibilità ottenuto mediante tale metodologia non considera eventuali imprecisioni sui valori ottenuti, originati dalle esemplificazioni ed assunzioni che il modello pone come necessarie all'applicazione della metodologia. Pertanto, il metodo restituisce un range di valori all'interno del quale si presume che sia presente la conducibilità idraulica effettiva dell'ammasso roccioso, nell'ipotesi di ammasso isotropo.

L'applicazione è stata eseguita in quattro stazioni disposte in maniera omogenea all'interno del territorio in esame. Le schede delle misure e i principali parametri e i risultati ottenuti sono riportati in Appendice (vedi Appendice 2).

 <b>Snam</b> Rete Gas	PROGETTISTA	 <b>Snamprogetti</b>	UNITÀ <b>000</b>	COMMESSA <b>P66990</b>
	LOCALITÀ Regione Toscana – Emilia Romagna		<b>SPC. LA-E-83023</b>	
	PROGETTO Metanodotto Pontremoli - Cortemaggiore		Fg. 24 di 99	Rev. <b>0</b>

### 3.5 Indagini geognostiche

#### 3.5.1 Indagini dirette

L'ubicazione dei sondaggi eseguiti nell'area di M. Zucchero (vedi tab. 2.4/B) è riportata sulla planimetria dell'area di studio (vedi All. A1, Dis. LB-A-83222), mentre gli elaborati stratigrafici sono riportati in appendice (vedi Appendice 3).

#### 3.5.2 Indagini indirette

L'ubicazione delle indagini geofisiche eseguite nell'area di M. Zucchero (vedi tab. 2.4/B) è riportata sulla planimetria allegata (vedi All. A6, Dis. LB-4D-83227), mentre la sezione tempi/velocità e la sezione profondità sono rappresentate sulle specifiche tavole allegate (vedi All. A7, Dis. LB-4D-83228 e All. A8, Dis. LB-4D-83229).

L'interpretazione dei dati sismici a riflessione si basa sull'individuazione di eventi riflettenti il più possibile continui, sull'analisi delle variazioni delle caratteristiche qualitative (frequenza, ampiezza, continuità), sul riconoscimento delle geometrie associate a particolari assetti strutturali e/o stratigrafici. L'interpretazione dell'indagine sismica svolta è stata prevalentemente di natura geometrica e geofisica.

Dall'analisi del profilo (vedi All. A7, Dis. LB-4D-83228) si può notare che questo ha un'orientazione circa S-N, pertanto interseca in maniera molto obliqua le strutture tettoniche principali, aventi direzione appenninica, cioè NO-SE. Queste possono risultare pertanto apparentemente spostate rispetto alla posizione reale, e con pendenze ridotte.

La qualità del dato, funzione della presenza di disturbi superficiali, è decisamente buona, e ciò rende quasi immediata l'interpretazione del profilo, nonostante la notevole complessità strutturale che lo contraddistingue.



Nel primo tratto del profilo, fino circa alla CDP 270 (All. A7, Dis. LB-4D-83228) si ha un assetto giaciturale con immersione verso N. La facies sismica appare caratterizzata da una frequenza maggiore, con eventi leggermente più discontinui.

Nel tratto successivo, tra le CDP 250 e 500 l'immagine sismica evidenzia una complessa struttura compressiva, con faglie inverse, probabilmente bordata sul lato nord da una superficie di sovrascorrimento che emerge in superficie attorno alla CDP 570. Questa struttura compressiva è caratterizzata da una facies sismica peculiare con una famiglia di eventi sub-paralleli decisamente continui, anche se con una frequenza bassa. Il carattere sismico sembra coerente con la presenza di una sequenza piano stratificata, laminata, con frequenti passaggi litologici.

Le faglie che interessano la struttura compressiva sono molto ben evidenziate dal dato sismico, in particolare tra le CDP 220 e 470. Nel tratto frontale della struttura si ha una zona caoticizzata tra le CDP 470 e 510.

Nel tratto terminale del profilo, dove i riflettori appaiono più discontinui, l'assetto giaciturale è con pendenze verso Nord. Al di sotto della superficie di sovrascorrimento che emerge alla CDP circa 570, si ha una blanda ondulazione, con culminazione tra le CDP 550 e 600. In corrispondenza di questa struttura profonda ed in generale nel tratto terminale del profilo, si manifesta un incremento nella velocità di stack.



 <b>Snam</b> Rete Gas	PROGETTISTA	 <b>Snamprogetti</b>	UNITÀ 000	COMMESSA P66990
	LOCALITÀ	Regione Toscana – Emilia Romagna		<b>SPC. LA-E-83023</b>
	PROGETTO	Metanodotto Pontremoli - Cortemaggiore	Fg. 25 di 99	Rev. <b>0</b>

### 3.6 Sintesi dei risultati




Sulla base dei risultati dei rilievi di superficie e delle indagini geognostiche eseguite nell'area di Monte Zuccherò interessata dal tunnel in progetto, si evidenziano le seguenti caratteristiche geologiche, strutturali, idrogeologiche, geomorfologiche e geomeccaniche (le descrizioni sono riferite al profilo geomeccanico - vedi All. A4, Dis. LB-A-83225):

#### 1. Caratteristiche litostratigrafiche e strutturali:

- l'ammasso roccioso di M. Zuccherò è costituito dalle formazioni delle *Arenarie di Scabiazza* (alternanze di argilliti e arenarie in strati da molto sottili a spessi con spessore totale di circa 700 m) sovrascorse sulle *Argille a palombini di Monte Rizzone* (alternanza di argilliti e calcari micritici, in strati da sottili a spessi con spessore totale di circa 200 m);
- lo stile deformativo dominante è caratterizzato da strutture plicative a tutte le scale, con andamenti assiali orientati NE-SW e NW-SE a cui sono associati motivi minori di accavallamento e strutture trascorrenti;
- sono presenti numerose zone di faglia, caratterizzate da volumi di roccia fratturata di ampiezza variabile, soprattutto lungo la porzione centro-meridionale dell'asse galleria;
- si evidenziano passaggi litostratigrafici critici attesi tra le progressive 2900 e 3200 m dell'asse galleria.

#### 2. Caratteristiche geomeccaniche:

- *Arenarie di Scabiazza*:  
sono costituite da un'alternanza di arenarie con tenacità R4 (resistente) e peliti con tenacità R1 (molto debole), il cui rapporto peliti/arenarie è pari a 0,8-0,9; si rinvencono 2 set prevalenti di fratture ortogonali alla stratificazione e perpendicolari tra loro con spaziatura estremamente stretta-stretta (NW-SE) e stretta-larga (NE-SW); sono presenti inoltre, altri 2 set secondari aventi spaziatura stretta-moderata (E-W) e stretta-larga (N-S, presente solo nella frazione pelitica);  
in presenza di strati dritti o blandamente piegati, la roccia risulta fratturata-molto fratturata e l'ammasso roccioso è classificabile come discreto-scadente (RMR=28-40, classe geomeccanica III-IV).  
in presenza di strati piegati o rovesci, la roccia risulta molto fratturata e l'ammasso roccioso viene classificato come scadente (RMR=28-33, classe geomeccanica IV);
- *Argille a palombini di Monte Rizzone*:  
presentano una tenacità R1 (molto debole);  
presentano due set principali di fratture perpendicolari tra loro ed orientati ortogonalmente alla stratificazione con spaziatura estremamente stretta-stretta (NW-SE e NE-SW); è presente, inoltre, un set secondario di fratture aventi spaziatura stretta (NE-SW a basso angolo);  
la formazione è classificata come scadente-molto scadente (RMR=20, classe geomeccanica IV-V).




 	PROGETTISTA	 <b>Snamprogetti</b>	UNITÀ <b>000</b>	COMMESSA <b>P66990</b>
	LOCALITÀ Regione Toscana – Emilia Romagna		<b>SPC. LA-E-83023</b>	
	PROGETTO Metanodotto Pontremoli - Cortemaggiore		Fg. 26 di 99	Rev. <b>0</b>

3. Caratteristiche idrogeologiche:

- l'ammasso roccioso di M. Zucchero costituisce un rilevante acquifero fratturato arenaceo;
- la superficie piezometrica principale si trova posizionata intorno agli 830-850 m s.l.m.;
- sono presenti n. 11 sorgenti perenni captate ad uso idropotabile (gestite dalla Soc. Montagna 2.000) oltre una serie di scaturigini naturali di minor rilevanza.

4. Caratteristiche geomorfologiche:

- non si evidenziano particolari problematiche di carattere geomorfologico in prossimità delle aree individuate per l'imbocco e l'uscita del tunnel.

 	PROGETTISTA	 <b>Snamprogetti</b>	UNITÀ <b>000</b>	COMMESSA <b>P66990</b>
	LOCALITÀ Regione Toscana – Emilia Romagna		<b>SPC. LA-E-83023</b>	
	PROGETTO Metanodotto Pontremoli - Cortemaggiore		Fg. 27 di 99	Rev. <b>0</b>

#### 4 CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE



Gli studi e le indagini condotte sull'area di M. Zucchero, interessata dal tunnel in progetto, hanno evidenziato un contesto geologico, geotecnico e idrogeologico obiettivamente complesso, in cui emergono due principali elementi di criticità per la realizzazione del tunnel in oggetto:

- depauperamento degli acquiferi del M. Zucchero  
diminuzione di portata e/o estinzione delle sorgenti del sistema acquedottistico della zona;
- elevata pericolosità esecutiva per instabilità del fronte di scavo:  
scadenti proprietà geomeccaniche dei terreni;  
elevati battenti idrici (superiori a 200 m).

La realizzazione del tunnel, che prevede un imbocco meridionale a una quota di 603 m s.l.m., un imbocco settentrionale a 617 m s.l.m. e una lunghezza di circa 3,550 km, risulta pertanto fortemente problematica.

Dette criticità hanno portato a ricercare una soluzione di passaggio alternativa incentrata su un tracciato che prevede la posa della condotta con scavo della trincea a cielo aperto.



Si è così proceduto a individuare una variante che da località il Molino, risale il versante meridionale della dorsale Costa della Colla – M. Zucchero lungo la linea di massima pendenza, passando in sinistra dell'abitato di Caboara, fino alla sommità di M. Zucchero, percorre poi una breve sella a quota 1.000 m circa e discende lungo le creste del versante settentrionale, passando in sinistra dell'abitato di Dugara. Questa variante si ricongiunge con il tracciato in progetto in prossimità del fondovalle del T. Toncina (vedi All. A1, Dis. LB-A-83222).

	<b>PROGETTISTA</b>	 <b>Snamprogetti</b>	<b>UNITÀ</b> <b>000</b>	<b>COMMESSA</b> <b>P66990</b>
	<b>LOCALITÀ</b> Regione Toscana – Emilia Romagna		<b>SPC. LA-E-83023</b>	
	<b>PROGETTO</b> Metanodotto Pontremoli - Cortemaggiore		Fg. 28 di 99	<b>Rev.</b> <b>0</b>

## APPENDICE 1

### CARATTERIZZAZIONE GEOMECCANICA DELL'AMMASSO ROCCIOSO

DI M. ZUCCHERO

 <b>Snam</b> Rete Gas	<b>PROGETTISTA</b>	 <b>Snamprogetti</b>	<b>UNITÀ</b> <b>000</b>	<b>COMMESSA</b> <b>P66990</b>
	<b>LOCALITÀ</b> Regione Toscana – Emilia Romagna		<b>SPC. LA-E-83023</b>	
	<b>PROGETTO</b> Metanodotto Pontremoli - Cortemaggiore		Fg. 29 di 99	<b>Rev.</b> <b>0</b>

## 1 Generalità

Con riferimento alle attività di rilevamento di dati strutturali in sito, relative allo studio geomeccanico di supporto alla progettazione esecutiva della galleria Monte Zuccherò, comuni di Bardi e Compiano (Pr), nel presente documento vengono illustrati i risultati dei rilievi geomeccanici delle formazioni geologiche interessate dallo scavo.

Il rilevamento di dati strutturali è stato organizzato individuando per le Formazioni geologiche presenti nella zona in esame (vedi Tav. 4.1) alcuni affioramenti significativi, per ognuno dei quali è stato effettuato almeno un punto di stazione. L'ubicazione delle 5 stazioni di misura è stata scelta considerando sia la loro prossimità al tracciato della galleria che la loro rappresentatività dell'ammasso roccioso deformato (Fig. 4.36). Le prime 4 stazioni di misura sono state effettuate all'interno di fossati di origine fluviale, la quinta lungo la scarpata artificiale a ridosso della SP 9.



I risultati dei dati rilevati sono illustrati mediante schede descrittive (Stazione 1 - Stazione 5) contenenti per ogni tipologia di discontinuità (giunti di stratificazione, faglie e fratture) le seguenti informazioni: (i) giacitura, (ii) distanza dallo "zero" (origine) della scan-line di misura, (iii) persistenza, (iv) apertura, (v) natura del riempimento, (vi) consistenza del riempimento, (vii) scabrezza, (viii) alterazione, (ix) eventuale presenza di acqua.

I dati sono stati successivamente elaborati al fine di individuare le famiglie di discontinuità principali. Questo è stato possibile grazie ad un'elaborazione mediante il software StereoWin 1.2 partendo dai dati giaciture misurati in campagna. Per ogni stazione geomeccanica è stata ricavata la proiezione stereografica (reticolo di Schmidt) relativa ai poli dei piani, alla loro concentrazione e alla giacitura media delle famiglie di discontinuità principali. Per ogni famiglia di discontinuità è stato quindi riportato il valore medio dei dati (iii) – (ix) sopradetti.

La giacitura viene riportata secondo la regola "dip azimuth / dip angle". Le spaziature riportate nelle tabelle riassuntive per ogni singola famiglia di discontinuità, intese come le distanze fra due discontinuità contigue appartenenti alla stessa famiglia, sono state misurate lungo le scan-line e di seguito elaborate statisticamente, ricavando frequenze, medie, deviazioni standard e quindi riportate graficamente tramite istogrammi di frequenza.

Le schede inoltre riportano i valori della somma del numero di discontinuità per metro cubo di roccia ( $J_v$ ), tenacità e Geological Strength Index (GSI). Il coefficiente  $J_v$  viene calcolato sulla base dei dati ricavati da tre scan-line orientate a 45° l'una dall'altra, utilizzando la formula  $J_v = (N^\circ \text{ fratture scan-line 1} / \text{lunghezza scan-line 1}) + (N^\circ \text{ fratture scan-line 2} / \text{lunghezza scan-line 2}) + (N^\circ \text{ fratture scan-line 3} / \text{lunghezza scan-line 3})$ . Tale coefficiente viene poi usato per il calcolo dell'RQD mediante la formula di Palmstrom (1982):  $RQD = 115 - 3.3 \times J_v$ .

Ai fini della compilazione delle schede si è fatto riferimento alle "Metodologie per la descrizione quantitativa delle discontinuità nelle masse rocciose" RACCOMANDAZIONI ISRM per il grado di alterazione delle masse rocciose (Tabella 1) e per la tenacità (Tabella 2). Per la definizione dell'indice GSI si è fatto riferimento alla documentazione bibliografica ufficiale sul criterio di rottura di Hoek-Brown, in particolare "GSI: a geologically friendly tool for rock mass strength estimation" (Hoek & Marinos, 2001, Fig. 4.37). Per ogni stazione geomeccanica è stata definita la proiezione stereografica (reticolo di Schmidt) relativa ai poli dei piani, alla loro concentrazione e

 <b>Snam</b> Rete Gas	<b>PROGETTISTA</b>  <b>Snamprogetti</b>	<b>UNITÀ</b> <b>000</b>	<b>COMMESSA</b> <b>P66990</b>
	<b>LOCALITÀ</b> Regione Toscana – Emilia Romagna		<b>SPC. LA-E-83023</b>
	<b>PROGETTO</b> Metanodotto Pontremoli - Cortemaggiore		Fg. 30 di 99

alla giacitura media delle famiglie di discontinuità principali, al fine di ottenere un valor medio rappresentativo per ciascuno dei suddetti parametri.

La giacitura è stata riportata secondo la regola "dip azimuth / dip angle". Le spazature riportate per ogni singola famiglia di discontinuità, intese come le distanze fra due discontinuità contigue appartenenti alla stessa famiglia, sono state misurate lungo le scan-line e di seguito elaborate statisticamente, ricavando frequenze, medie, deviazioni standard e quindi riportate graficamente tramite istogrammi di frequenza.



Il coefficiente  $J_v$  è stato calcolato sulla base dei dati ricavati da tre scan-line orientate a 45° l'una dall'altra, utilizzando la formula  $J_v = (N^\circ \text{ fratture scan-line 1} / \text{lunghezza scan-line 1}) + (N^\circ \text{ fratture scan-line 2} / \text{lunghezza scan-line 2}) + (N^\circ \text{ fratture scan-line 3} / \text{lunghezza scan-line 3})$ .

Tale coefficiente è poi usato per il calcolo dell'RQD mediante la formula di Palmstrom (1982):  $RQD = 115 - 3.3 \times J_v$ .

Ai fini della compilazione delle schede si è fatto riferimento alle "Metodologie per la descrizione quantitativa delle discontinuità nelle masse rocciose" RACCOMANDAZIONI ISRM per il grado di alterazione delle masse rocciose (vedi tab 1/A) e per la tenacità (vedi tab. 1/B).

**Tab. 1/A: Grado di alterazione delle masse rocciose (RACCOMANDAZIONI ISRM).**



Denominazione	Descrizione	Grado
Fresca	Non vi sono segni visibili di alterazione del materiale roccioso; tutt'al più una leggera decolorazione sulla superficie delle maggiori discontinuità.	1
Leggermente alterata	La decolorazione indica un'alterazione del materiale roccioso e delle superfici di discontinuità. Tutto il materiale roccioso può essere decolorato e talvolta può essere esternamente meno resistente della roccia fresca all'interno.	2
Moderatamente alterata	Meno della metà del materiale roccioso è decomposto e/o disgregato come un terreno. Roccia fresca o decolorata è presente o come uno scheletro continuo o all'interno di singoli blocchi.	3
Fortemente alterata	Più della metà del materiale roccioso è decomposto e/o disgregato come un terreno. Roccia fresca o decolorata è presente o come uno scheletro discontinuo o all'interno di singoli blocchi.	4
Completamente alterata	Tutto il materiale roccioso è decomposto e/o disgregato come un terreno. La struttura massiva originaria è ancora largamente intatta.	5
Suolo residuale	Tutto il materiale roccioso è diventato un terreno. Le strutture della massa e dei materiali rocciosi sono distrutte. Vi è un forte cambiamento di volume ma il terreno non ha subito trasporti significativi.	6

 <b>Snam</b> Rete Gas	<b>PROGETTISTA</b>	 <b>Snamprogetti</b>	<b>UNITÀ</b> <b>000</b>	<b>COMMESSA</b> <b>P66990</b>
	<b>LOCALITÀ</b> Regione Toscana – Emilia Romagna		<b>SPC. LA-E-83023</b>	
	<b>PROGETTO</b> Metanodotto Pontremoli - Cortemaggiore		Fg. 31 di 99	<b>Rev.</b> <b>0</b>







**Tab. 1/B: Indice manuale di tenacità(RACCOMANDAZIONI ISRM).**

Grado	Denominazione	Prove di identificazione	Resistenza a compressione uniaassiale (MPa)
S1	Argilla molto morbida	Facilmente penetrabile di molti centimetri con il pugno.	< 0,025
S2	Argilla morbida	Facilmente penetrabile di molti centimetri con il pollice.	0,025-0,25
S3	Argilla soda	Può essere penetrata di diversi centimetri con il pollice, con sforzo moderato.	0,05-0,10
S4	Argilla rigida	Facilmente intaccata col pollice ma penetrata solo con grande sforzo.	0,10-0,25
S5	Argilla molto rigida	Facilmente intaccata con l'unghia del pollice.	0,25-0,50
S6	Argilla dura	Intaccata con difficoltà con l'unghia del pollice.	> 0,50
R0	Roccia estremamente debole	Intaccata con l'unghia del pollice.	0,25-1,0
R1	Roccia molto debole	Si frammenta con un colpo deciso dato con la punta del martello da geologo; può essere scalfita con il coltello.	1,0-5,0
R2	Roccia debole	Può essere scalfita con difficoltà; un colpo deciso con la punta del martello lascia un'impronta profonda.	5,0-25
R3	Roccia mediamente resistente	Non può essere graffiata o scalfita con il coltello; un campione può essere rotto con un unico colpo deciso del martello.	25-50
R4	Roccia resistente	È necessario più di un colpo di martello per rompere un campione.	50-100
R5	Roccia molto resistente	Sono necessari molti colpi di martello per rompere un campione.	100-250
R6	Roccia estremamente resistente	Il campione può essere solo scheggiato con il martello.	> 250

La definizione dell'indice GSI è stata eseguita con riferimento alla documentazione bibliografica ufficiale (vedi tab. 1/C) sul criterio di rottura di Hoek-Brown, in particolare "GSI: a geologically friendly tool for rock mass strength estimation" (Hoek & Marinos, 2001).

 <b>Snam</b> Rete Gas	<b>PROGETTISTA</b>  <b>Snamprogetti</b>	<b>UNITÀ</b> <b>000</b>	<b>COMMESSA</b> <b>P66990</b>
	<b>LOCALITÀ</b> Regione Toscana – Emilia Romagna		<b>SPC. LA-E-83023</b>
	<b>PROGETTO</b> Metanodotto Pontremoli - Cortemaggiore		Fg. 32 di 99

**Tab. 1/C: Determinazione di GSI per ammassi rocciosi fratturati (da Hoek e Marinos, 2000).**

GEOLOGICAL STRENGTH INDEX per rocce fratturate (Hoek & Marinos, 2000)		CONDIZIONI DELLE DISCONTINUITÀ*			
STRUTTURA		GRADO di INTERCONNESSIONE FRA I FRAMMENTI DI ROCCIA			
	INTATTA o MASSIVA - roccia sana con poche discontinuità ad ampia spaziatura	90			N/A
	FRATTURATA - ammasso roccioso non disturbato, con tre sistemi di famiglie di giunto che isolano blocchi a forma prevalentemente cubica	80	70		
	MOLTO FRATTURATA - ammasso parzialmente disturbato con quattro o più famiglie di giunto a formare blocchi angolari a più facce		60	50	
	PIEGATA - ammasso disturbato tettonicamente, a pieghe, con diverse famiglie di giunti. Piani di stratificazione o di scistosità a grande persistenza			40	
	DISINTEGRATA - ammasso molto fratturato con debole interconnessione fra i blocchi, frammenti di roccia angolari e arrotondati				30
	LAMINATA/FAGLIATA - ammasso non suddiviso in blocchi, piani di scistosità a fitta spaziatura, piani di taglio/foglie				20
		N/A	N/A		10



\* **CONDIZIONI DELLE DISCONTINUITÀ\***  
 MOLTO BUONE: giunti molto rugosi, non alterati  
 BUONE: giunti rugosi, leggermente alterati, ossidati  
 MEDIOCRİ: giunti lisci, superficie moderatamente alterata  
 SCADENTI: giunti levigati, superfici alterate con riempimento compatto o frammenti angolari  
 MOLTO SCADENTI: giunti levigati, superfici alterate con riempimento argilloso molle

## 2 Caratterizzazione degli ammassi rocciosi

Per gli ammassi rocciosi è stata seguita la metodologia Rock Mass Rating (RMR) di Bieniawski. Questo metodo consente di assegnare coefficienti numerici ai parametri che caratterizzano l'ammasso roccioso e di stimare l'affioramento in termini qualitativi e, attraverso correlazioni empiriche, quantitativi come la resistenza al taglio.

Il sistema Rock Mass Rating (RMR), noto anche con il nome di "Classificazione Geomeccanica", venne sviluppato da Bieniawski nel 1973 per gallerie in rocce



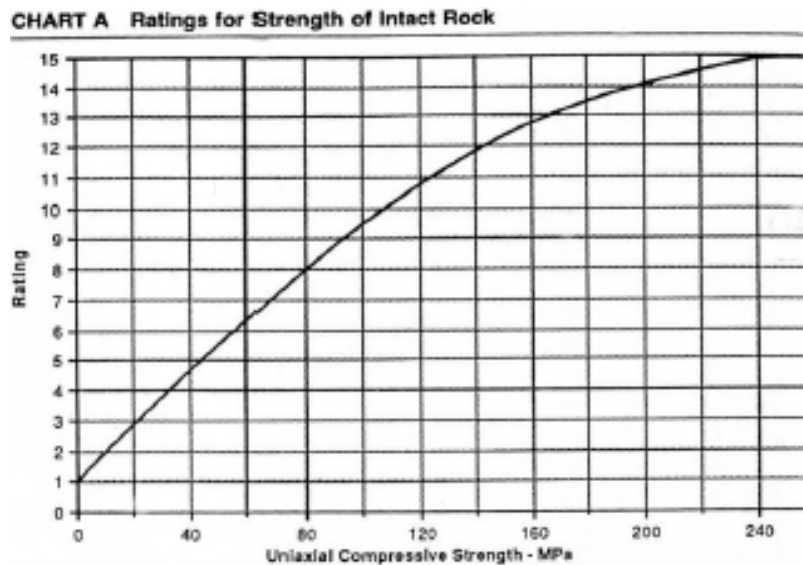
 <b>Snam</b> Rete Gas	PROGETTISTA	 <b>Snamprogetti</b>	UNITÀ 000	COMMESSA P66990
	LOCALITÀ Regione Toscana – Emilia Romagna		SPC. LA-E-83023	
	PROGETTO Metanodotto Pontremoli - Cortemaggiore	Fg. 33 di 99	Rev. 0	

competenti fratturate. Nella sua ultima versione (1989), la classificazione dell'ammasso roccioso secondo il sistema RMR si basa sui seguenti cinque parametri:

1. resistenza a compressione monoassiale del materiale intatto;
2. Rock Quality Designation (RQD);
3. spaziatura delle discontinuità;
4. condizioni delle discontinuità;
5. condizioni dell'acqua nel sottosuolo.

Ciascun parametro non deve necessariamente dare un ugual contributo al comportamento dell'ammasso roccioso. Pertanto a tali parametri vengono applicati una serie di intervalli di importanza; il punteggio più alto corrisponde a condizioni dell'ammasso migliori.

Per ogni famiglia delle discontinuità vengono valutate condizioni medie e i punteggi vengono interpolati utilizzando le tabelle di riferimento riportate nelle figure seguenti (vedi Fig. 2/A ÷ 2/E).



**Fig. 2/A:** Classificazione RMR, punteggi relativi alla resistenza alla compressione uni assiale delle singole famiglie di discontinuità (da BIENIAWSKI, 1989).




 	PROGETTISTA	 <b>Snamprogetti</b>	UNITÀ <b>000</b>	COMMESSA <b>P66990</b>
	LOCALITÀ	Regione Toscana – Emilia Romagna		<b>SPC. LA-E-83023</b>
	PROGETTO	Metanodotto Pontremoli - Cortemaggiore		Fg. 34 di 99

CHART B Ratings for RQD

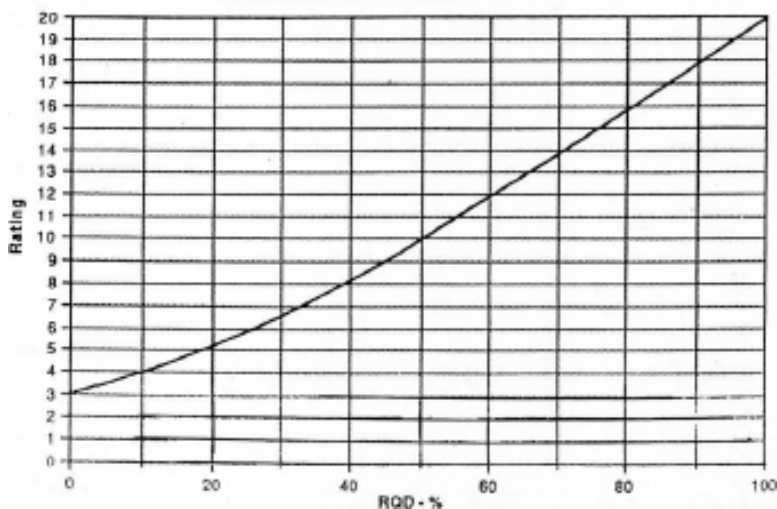


Fig 2/B: **Classificazione RMR, punteggi relativi all'indice RQD (da BIENIAWSKI, 1989).**

CHART C Ratings for Discontinuity Spacing

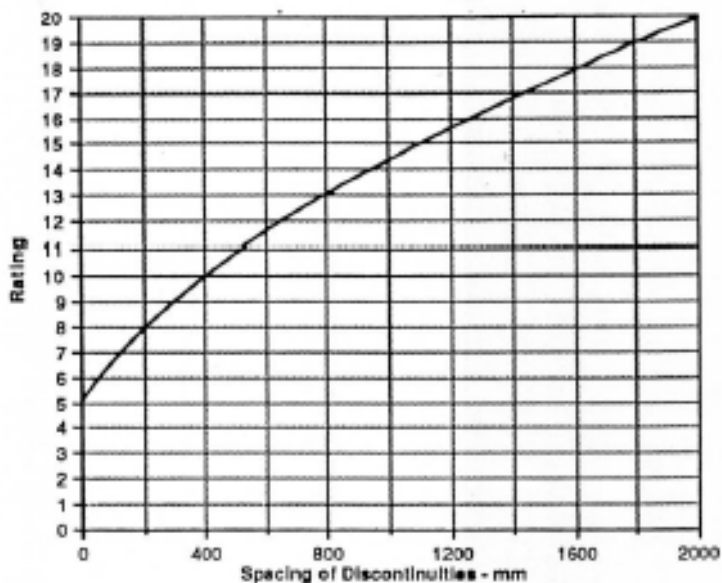


Fig. 2/C: **Classificazione RMR, punteggi relativi alla spaziatura delle singole famiglie di discontinuità (da BIENIAWSKI, 1989).**




 	PROGETTISTA	 <b>Snamprogetti</b>	UNITÀ 000	COMMESSA P66990
	LOCALITÀ Regione Toscana – Emilia Romagna		SPC. LA-E-83023	
	PROGETTO Metanodotto Pontremoli - Cortemaggiore		Fg. 35 di 99	Rev. 0

CHART D Chart for Correlation between RQD and Discontinuity Spacing

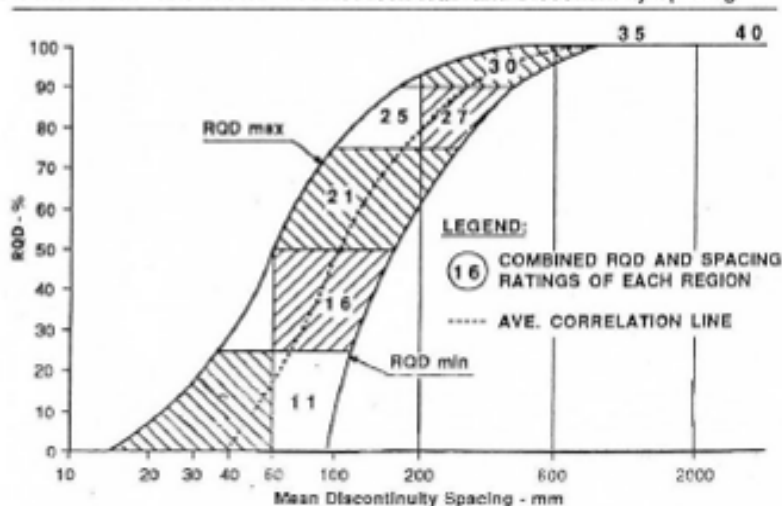




Fig. 2/D: **Classificazione RMR, punteggi relativi alla relazione tra RQD e la spaziatura delle singole famiglie di discontinuità (da BIENIAWSKI, 1989).**

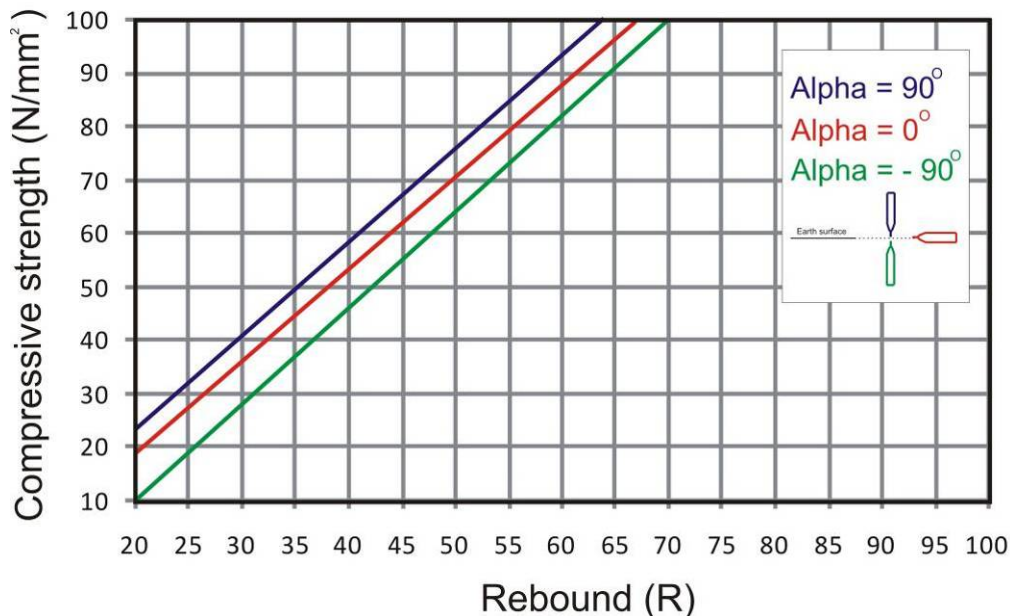
CHART E Guidelines for classification of Discontinuity Conditions					
Parameter	Ratings				
Disc. Length	< 1m	1 ÷ 3 m	3 ÷ 10 m	10 ÷ 20 m	> 20 m
	6	4	2	1	0
Roughness	Very rough	Rough	Slightly rough	Smooth	Slikensided
	6	5	3	1	0
	Hard filling			Soft filling	
Infilling	None	< 5 mm	> 5 mm	< 5 mm	> 5 mm
	6	4	2	2	0
Weathering	Unweathered	Slightly weathered	Mod. weathered	Highly weathered	Decomposed
	6	5	3	1	0

Fig. 2/E: **Classificazione RMR, punteggi relativi alle condizioni dei giunti (da BIENIAWSKI, 1989)**

La Figura 2/D è utilizzata nel caso nei casi in cui il parametro RQD o il parametro che individua la spaziatura delle discontinuità sia mancante.

Per quanto riguarda la stima della resistenza alla compressione monoassiale, si è fatto riferimento alle misure acquisite in sito mediante il martello di Schmidt e alle prove di indice manuale (vedi fig. 2/F), secondo le raccomandazioni ISRM "Metodologie per la descrizione quantitativa delle discontinuità nelle masse rocciose". I valori di rimbalzo del martello di Schmidt sono stati adeguatamente corretti come raccomandato dalla casa costruttrice (PROCEQ).

 <b>Snam</b> Rete Gas	<b>PROGETTISTA</b>  <b>Snamprogetti</b>	<b>UNITÀ</b> <b>000</b>	<b>COMMESSA</b> <b>P66990</b>
	<b>LOCALITÀ</b> Regione Toscana – Emilia Romagna		<b>SPC. LA-E-83023</b>
	<b>PROGETTO</b> Metanodotto Pontremoli - Cortemaggiore		Fg. 36 di 99





**Fig. 2/F:** Calcolo della compressione monoassiale sulla base dei valori di rimbalzo del martello di Schmidt sono stati adeguatamente corretti come raccomandato dalla casa costruttrice (PROCEQ).

Ad ogni parametro viene assegnato un punteggio (rating) all'interno dell'intervallo di importanza che lo caratterizza ed infine si perviene ad un valore globale per l'ammasso sommando i punteggi relativi a ciascun parametro. Tale valore globale, ottenuto utilizzando i primi cinque parametri ( $RMR_{base}$ ), viene successivamente utilizzato per il calcolo dei coefficienti di coesione ( $c$ ), angolo di attrito interno ( $\phi$ ) e di deformabilità ( $E_d$ ) dell'ammasso roccioso fratturato.

Il coefficiente RMR varia tra 0 e 100 e può essere suddiviso in 5 intervalli (0 ÷ 20, 21 ÷ 40, 41 ÷ 60, 61 ÷ 80, 81 ÷ 100) all'interno dei quali l'ammasso roccioso presenta diversi valori delle caratteristiche di resistenza, tempo medio di auto portanza e lunghezza massima di scavo stabile (vedi tab. 2/A).

**Tab. 2/A:** Classi di roccia determinate in funzione dei valori RMR ottenuto.

somma dei punteggi (RMR)	100 ÷ 81	80 ÷ 61	60 ÷ 41	40 ÷ 21	20 ÷ 0
classe	I	II	III	IV	V
descrizione della roccia	molto buona	buona	discreta	scadente	molto scadente

 <b>Snam</b> Rete Gas	PROGETTISTA	 <b>Snamprogetti</b>	UNITÀ 000	COMMESSA P66990
	LOCALITÀ Regione Toscana – Emilia Romagna		SPC. LA-E-83023	
	PROGETTO Metanodotto Pontremoli - Cortemaggiore		Fg. 37 di 99	Rev. 0

**Scheda di rilevamento geomeccanico  
STAZIONE 1**

**Tracciato** Galleria Monte Zuccherò

**Data rilevamento** 24/05/2009

**Provincia** Parma

**Coordinate**

**Comune** Borgo Val di Taro

N 44° 32' 164"

**Località** Rio dei Burroni

E 009° 42' 158"

**Quota (l.m.m.)** 570

**Dimensioni dell'affioramento:** 6 x 3.5m

**Versante:** N4E/90 (direz./incl.)



**Litologia:** Flysch di Scabiazza,

Alternanza di arenarie e peliti con banchi di spessore decimetrico. Strati dritti ripiegati.



**Colore:** banchi arenacei grigio chiari, interstrati pelitici grigio scuri

**Morfologia:** scarpata naturale lungo il fosso del Rio dei Cappelli



N°.	Tipo	Direzione di Imm (°)	Incl. (°)	Dist.dall'origine (cm)	Pers. (m)	Apertura (mm)	Natura del riempimento	Consistenza del riempimento	Scabrezza	Alt.	Acqua
1	G	102	24	5	1,500	0	nessuno	nessuno	1	1	1
2	J	250	84	10	0,270	0	nessuno	nessuno	2	2	1
3	J	325	78	18	0,068	0,8	nessuno	nessuno	1	1	1
4	J	250	60	28	0,170	0,1	nessuno	nessuno	2	1	1
5	J	250	58	38	0,140	9	calcite	duro	1	1	1
6	J	360	78	42	0,065	0,4	nessuno	nessuno	2	1	1
7	G	102	15	42,1	0,068	0,3	nessuno	nessuno	2	1	1
8	J	20	72	53	0,031	0,1	nessuno	nessuno	1	-	1
9	J	20	72	54	0,031	0,1	nessuno	nessuno	1	1	1
10	J	150	89	57	2,400	1,5	nessuno	nessuno	2	1	1
11	G	102	24	58	0,006	0,1	nessuno	nessuno	1	1	1
12	G	102	23	59,75	0,006	0,1	nessuno	nessuno	1	1	1
13	G	102	22	61	0,006	0,1	nessuno	nessuno	1	1	1
14	G	102	20	61,5	0,006	0,1	nessuno	nessuno	1	1	1
15	G	102	25	63,25	0,006	0,1	nessuno	nessuno	1	1	1
16	G	102	21	65	0,006	0,1	calcite	duro	1	2	1
17	G	102	23	66,75	0,006	0,1	nessuno	nessuno	2	2	1
18	G	102	23	68,5	0,006	0,1	nessuno	nessuno	1	2	1
19	G	102	22	70,25	0,006	0,1	nessuno	nessuno	2	2	1
20	G	102	20	72	0,006	0,1	nessuno	nessuno	1	2	1
21	G	102	25	73	0,006	0,1	nessuno	nessuno	2	2	1
22	G	102	21	73,75	0,006	0,1	nessuno	nessuno	1	2	1
23	G	102	23	75,5	0,006	0,1	nessuno	nessuno	2	2	1
24	G	102	23	77,25	0,006	0,1	nessuno	nessuno	1	2	1
25	G	102	22	79	0,006	0,1	nessuno	nessuno	2	2	1

 <b>Snam</b> Rete Gas	PROGETTISTA	 <b>Snamprogetti</b>	UNITÀ 000	COMMESSA P66990
	LOCALITÀ Regione Toscana – Emilia Romagna		SPC. LA-E-83023	
	PROGETTO Metanodotto Pontremoli - Cortemaggiore		Fg. 38 di 99	Rev. 0

N°.	Tipo	Direzione di Imm (°)	Incl. (°)	Dist.dall'origine (cm)	Pers. (m)	Apertura (mm)	Natura del riempimento	Consistenza del riempimento	Scabrezza	Alt.	Acqua
26	J	18	20	80	0,008	0,1	nessuno	nessuno	1	2	1
27	J	76	25	82	0,004	0,8	nessuno	nessuno	2	1	1
28	J	172	21	83	0,003	0,1	nessuno	nessuno	1	2	1
29	G	102	23	83,5	0,001	0,1	nessuno	nessuno	1	1	1
30	J	300	80	84	0,001	0,1	nessuno	nessuno	2	2	1
31	G	210	85	87	0,008	0,1	nessuno	nessuno	1	2	1
32	G	102	25	91	0,009	0,1	nessuno	nessuno	1	1	1
33	G	102	24	94	0,007	0,1	nessuno	nessuno	1	1	1
34	G	102	26	95	0,001	0,1	nessuno	nessuno	2	1	1
35	G	102	25	96	0,001	0,1	nessuno	nessuno	1	1	1
36	G	102	25	100	0,008	0,1	nessuno	nessuno	1	1	1
37	G	102	22	102	0,004	0,1	nessuno	nessuno	1	1	1
38	G	102	24	103	0,004	0,1	nessuno	nessuno	1	1	1
39	J	210	80	104	0,006	0,1	nessuno	nessuno	1	1	1
40	G	102	28	105	0,004	0,1	nessuno	nessuno	1	1	1
41	G	102	23	108	0,004	0,1	nessuno	nessuno	1	1	1
42	J	210	80	109	0,003	0,1	nessuno	nessuno	1	2	1
43	G	102	25	111	0,005	0,1	nessuno	nessuno	1	1	1
44	G	102	23	118	0,011	0,1	nessuno	nessuno	1	2	1
45	G	102	22	119	0,004	0,1	nessuno	nessuno	1	2	1
46	J	210	80	120	0,003	0,1	nessuno	nessuno	1	1	1
47	J	300	82	122	0,004	0,1	nessuno	nessuno	1	2	1
48	G	102	23	123	0,003	0,1	nessuno	nessuno	1	1	1
49	G	102	24	124	5,000	0	nessuno	nessuno	4	1	1
50	J	345	78	136	0,130	2	nessuno	nessuno	1	2	1
51	J	347	75	154	0,058	1,5	nessuno	nessuno	1	2	1
52	G	102	24	161	1,050	0	nessuno	nessuno	2	-	1
53	J	200	80	170	0,072	0,1	nessuno	nessuno	1	1	1
54	J	210	84	176	0,016	0,1	nessuno	nessuno	1	1	1
55	J	200	81	180	0,013	0,1	nessuno	nessuno	2	2	1
56	J	220	84	183	0,015	0,1	nessuno	nessuno	2	-	1
57	G	102	20	185	0,210	0,1	nessuno	nessuno	2	1	1
58	J	300	75	186	0,090	1	nessuno	nessuno	1	1	1
59	J	330	80	198	0,140	5	non coesivo	soffice	1	2	1
60	G	102	21	203	0,470	0	nessuno	nessuno	3	1	1
61	G	102	22	207	0,470	1	nessuno	nessuno	4	2	1
62	G	102	23	218	0,470	2	non coesivo	soffice	3	2	1
63	G	102	26	239	0,470	0	nessuno	nessuno	3	2	1
64	J	330	79	240	0,100	0,1	nessuno	nessuno	3	2	1
65	J	325	77	241	0,018	-	nessuno	nessuno	2	2	1
66	J	170	50	242	0,018	0,1	nessuno	nessuno	2	2	1

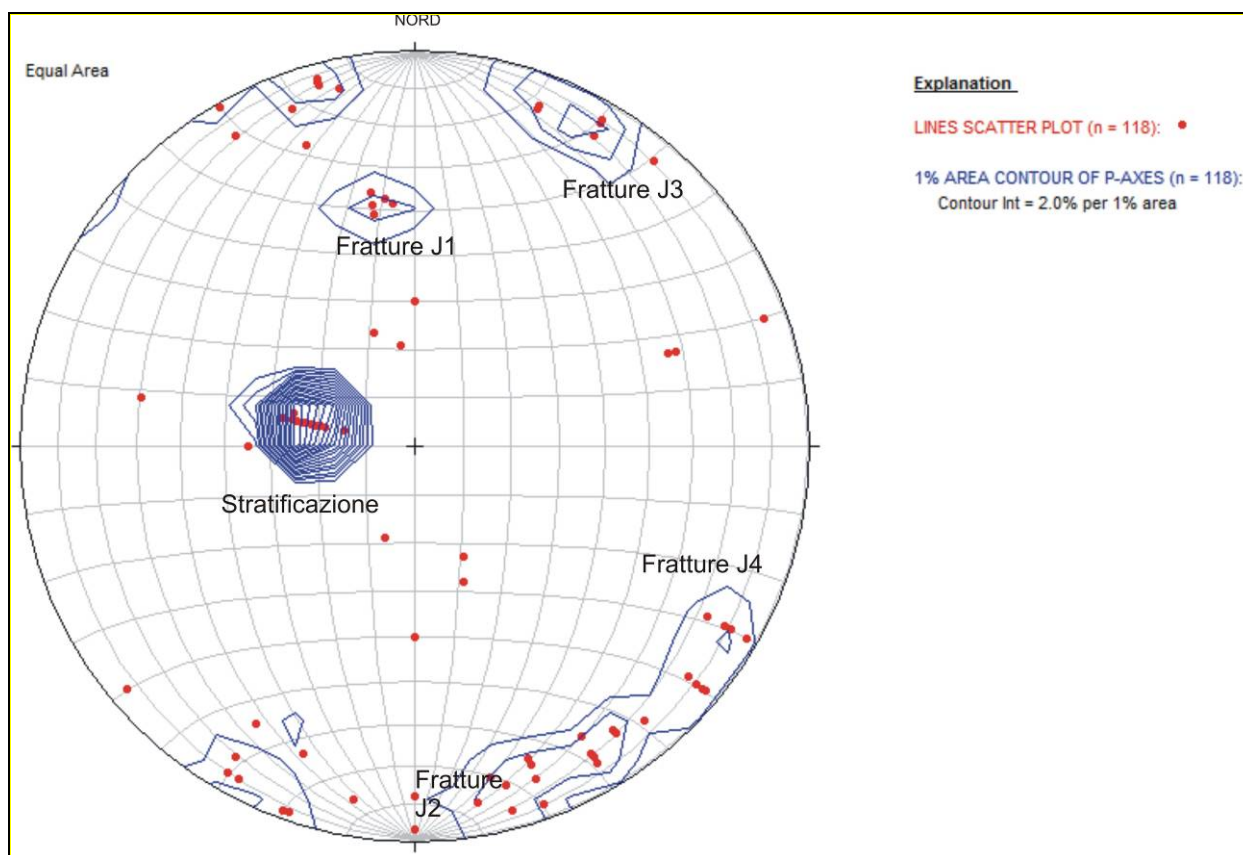
 <b>Snam</b> Rete Gas	PROGETTISTA	 <b>Snamprogetti</b>	UNITÀ 000	COMMESSA P66990
	LOCALITÀ Regione Toscana – Emilia Romagna		SPC. LA-E-83023	
	PROGETTO Metanodotto Pontremoli - Cortemaggiore		Fg. 39 di 99	Rev. 0

N°.	Tipo	Direzione di Imm (°)	Incl. (°)	Dist.dall'origine (cm)	Pers. (m)	Apertura (mm)	Natura del riempimento	Consistenza del riempimento	Scabrezza	Alt.	Acqua
67	J	175	52	250	0,018	0,5	nessuno	nessuno	2	2	1
68	J	173	53	252	0,025	-	nessuno	nessuno	2	1	1
69	J	300	87	282	0,008	-	nessuno	nessuno	2	1	1
70	J	50	85	303	0,013	0,2	nessuno	nessuno	2	1	1
71	G	102	19	308	1,050	0,8	nessuno	nessuno	1	1	1
72	J	345	85	310	0,500	0	nessuno	nessuno	2	1	1
73	J	20	88	310,5	0,055	0,1	nessuno	nessuno	1	3	1
74	J	30	85	311	0,015	0,8	nessuno	nessuno	1	1	1
75	G	102	26	313	1,020	0	nessuno	nessuno	1	3	1
76	J	20	88	321	0,130	0,1	nessuno	nessuno	1	3	1
77	J	19	88	330	0,130	0,1	nessuno	nessuno	1	3	1
78	J	360	87	335	0,150	0,1	nessuno	nessuno	3	3	1
79	J	340	86	340	0,013	2	nessuno	nessuno	2	2	1
80	J	30	80	348	0,011	1	nessuno	nessuno	1	1	1
81	J	28	85	360	0,017	3	nessuno	nessuno	2	2	1
82	J	350	81	369	0,008	2	nessuno	nessuno	2	1	1
83	G	102	26	375	0,013	2	nessuno	nessuno	2	1	1
84	J	170	50	380	0,015	1	nessuno	nessuno	2	1	1
85	J	170	52	390	0,015	1	nessuno	nessuno	2	1	1
86	J	170	55	405	0,015	1	nessuno	nessuno	2	1	1
87	J	200	80	420	0,016	1	nessuno	nessuno	3	3	1
88	G	105	26	430	0,063	0	nessuno	nessuno	1	2	1
89	J	100	60	435	0,015	2	nessuno	nessuno	2	1	1
90	J	90	35	440	0,022	1	nessuno	nessuno	2	2	1
91	F	180	30	450	-	-	nessuno	nessuno	2	2	1
92	J	165	85	485	0,003	1	nessuno	nessuno	1	1	1
93	J	30	70	490	0,007	1	nessuno	nessuno	3	2	1
94	J	165	85	495	0,003	1	nessuno	nessuno	1	1	1
95	J	165	86	498	0,003	1	nessuno	nessuno	1	1	1
96	J	165	84	503	0,003	1	nessuno	nessuno	1	1	1
97	J	168	82	504	0,003	1	nessuno	nessuno	1	1	1
98	J	310	83	509	0,003	3	nessuno	nessuno	1	1	1
99	J	310	85	511	0,003	3	nessuno	nessuno	1	1	1
100	J	310	80	513	0,003	1	nessuno	nessuno	1	1	1
101	J	310	86	515	0,003	1	nessuno	nessuno	1	1	1
102	J	330	82	518	0,002	1	nessuno	nessuno	1	2	1
103	J	210	80	525	0,002	1	nessuno	nessuno	1	2	1
104	J	340	79	529	0,003	1	nessuno	nessuno	2	2	1
105	J	340	75	532	0,003	1	nessuno	nessuno	2	2	1
106	J	340	73	534	0,003	1	nessuno	nessuno	2	2	1
107	J	340	79	536	0,003	1	nessuno	nessuno	2	2	1

 <b>Snam</b> Rete Gas	<b>PROGETTISTA</b>  <b>Snamprogetti</b>	<b>UNITÀ</b> <b>000</b>	<b>COMMESSA</b> <b>P66990</b>
	<b>LOCALITÀ</b> Regione Toscana – Emilia Romagna		<b>SPC. LA-E-83023</b>
	<b>PROGETTO</b> Metanodotto Pontremoli - Cortemaggiore		Fg. 40 di 99




N°.	Tipo	Direzione di Imm (°)	Incl. (°)	Dist.dall'origine (cm)	Pers. (m)	Apertura (mm)	Natura del riempimento	Consistenza del riempimento	Scabrezza	Alt.	Acqua
108	J	320	80	538	0,003	1	nessuno	nessuno	2	2	1
109	J	330	74	545	0,015	1	nessuno	nessuno	3	3	1
110	J	10	80	551	0,014	1	nessuno	nessuno	2	1	1
111	G	102	25	555	1,030	2	nessuno	nessuno	1	1	1
112	J	300	75	556	0,004	1	nessuno	nessuno	2	2	1
113	J	150	80	570	0,004	1	nessuno	nessuno	2	1	1
114	J	340	30	573	0,008	2	nessuno	nessuno	2	2	1
115	J	160	80	575	0,002	1	nessuno	nessuno	1	2	1
116	J	160	70	579	0,002	1	nessuno	nessuno	1	2	1
117	J	160	25	580	0,010	5	non coesivo	soffice	2	1	1
118	J	360	40	590	0,009	2	non coesivo	soffice	3	2	1

## STAZIONE 1



Rappresentazione stereografica delle aree di isofrequenza dei poli dei piani di discontinuità presenti nella Stazione 1 (reticolo di Schmidt, reticolo inferiore).



 	PROGETTISTA	 <b>Snamprogetti</b>	UNITÀ <b>000</b>	COMMESSA <b>P66990</b>
	LOCALITÀ	Regione Toscana – Emilia Romagna		<b>SPC. LA-E-83023</b>
	PROGETTO	Metanodotto Pontremoli - Cortemaggiore		Fg. 41 di 99

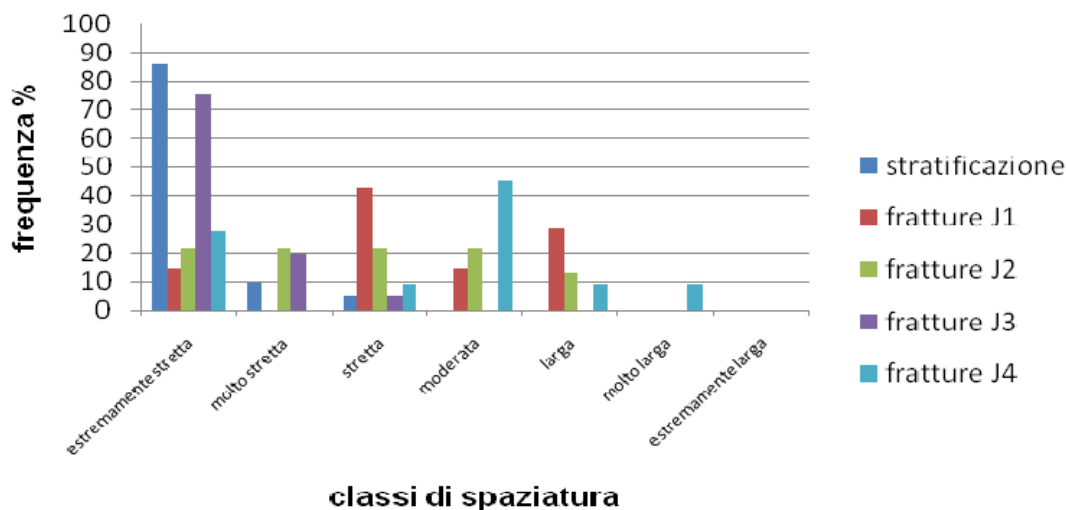
### Caratteristiche principali delle famiglie di discontinuità riscontrate nella stazione 1

Tipo	Direzione d'immersione (°)	Inclinazione (°)	Persistenza (m)	Apertura (mm)	Natura del riempimento	Consistenza del riempimento	Scabrezza	Alterazione	Acqua
Stratificazione	102,6	25,2	0,30	0,3	Nessuno	Nessuno	1,6	1,4	1
Fratture J1	170,7	52	0,02	0,7	Nessuno	Nessuno	1,9	1,6	1
Fratture J2	345,2	80,1	0,14	1,5	Nessuno	Nessuno	1,6	1,6	1
Fratture J3	206,3	81,1	0,29	0,5	Nessuno	Nessuno	1,4	1,8	1
Fratture J4	301,8	81,9	0,17	1,2	Nessuno	Nessuno	1,4	1,4	1




### Spaziatura delle famiglie di discontinuità riscontrate nella stazione 1

Tipo	Numero dati	Media (cm)	Moda (cm)	Minimo (cm)	Massimo (cm)	Deviat. Stand. (cm)
Stratificazione	42	1,21	0,11	0,03	15,25	2,97
Fratture J1	7	40,2	-	1,53	121,93	49,34
Fratture J2	23	21,2	2,79	0,93	108,17	27,88
Fratture J3	20	1,46	1,52	0,03	7,48	1,83
Fratture J4	11	44,79	1,83	1,83	207,93	58,42

### Stazione 1 - famiglie di discontinuità



Frequenza della spaziatura delle diverse famiglie di discontinuità rilevate nella Stazione 1.

 	PROGETTISTA	 <b>Snamprogetti</b>	UNITÀ <b>000</b>	COMMESSA <b>P66990</b>
	LOCALITÀ Regione Toscana – Emilia Romagna		<b>SPC. LA-E-83023</b>	
	PROGETTO Metanodotto Pontremoli - Cortemaggiore		Fg. 42 di 99	Rev. <b>0</b>

Valori R ottenuti attraverso prove sclerometriche (strumento PROCEQ Schmidt test hammer type L)						
Stratificazione (alpha 74°)	Fratture J1 (alpha 38°)	Fratture J2 (alpha 12°)	Fratture J3 (alpha 25°)	Fratture J4 (alpha 16°)	Host rock arenaceo	Host rock pelitico
31	-	52	33	40	30	-
30	-	51	38	51	40	-
37	-	61	34	53	43	-
35	-	58	32	50	42	-
36	-	59	34	54	47	-
36	-	60	30	44	49	-
38	-	59	29	53	48	-
41	-	44	30	46	39	-
40	-	54	30	50	45	-
37	-	60	31	56	47	-
32	-	55	34	52		
33	-	60	32	51		
34	-	62	30	56		
35	-	61	28	56		
32	-	62	32	53		
30	-	64	32	55		
34	-	64	31	52		
42	-	60	31	56		
33	-	64	29	54		
33	-	62	33	53		




JV = 54,2 giunti/m<sup>3</sup>

Tenacità= R4 roccia resistente (strati arenacei), R1 roccia molto debole (interstrati pelitici)

GSI = 50-60

#### ROCK MASS RATING (RMR) DI BIENIAWSKI

Calcolo dei punteggi RMR per ciascuna famiglia di discontinuità					
	Stratificazione	Fratture J1	Fratture J2	Fratture J3	Fratture J4
Resistenza alla compress. monoass.(MPa) [R1]	37	< 10	86	36	71
<b>PUNTEGGIO</b>	<b>4</b>	<b>0</b>	<b>9</b>	<b>4</b>	<b>7</b>
RQD (%) [R2]	30,2	97,0	96,8	93,9	96,1
<b>PUNTEGGIO</b>	<b>7</b>	<b>19</b>	<b>19</b>	<b>19</b>	<b>19</b>
Spaziatura media (mm)[R3]	12	402	212	146	448
<b>PUNTEGGIO</b>	<b>6</b>	<b>10</b>	<b>8</b>	<b>7</b>	<b>10</b>
Persistenza media (m) [R4]	0,30	0,02	0,14	0,29	0,17
<b>PUNTEGGIO</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>6</b>

 	PROGETTISTA	 <b>Snamprogetti</b>	UNITÀ <b>000</b>	COMMESSA <b>P66990</b>
	LOCALITÀ Regione Toscana – Emilia Romagna		<b>SPC. LA-E-83023</b>	
	PROGETTO Metanodotto Pontremoli - Cortemaggiore	Fg. 43 di 99	Rev. <b>0</b>	

### ROCK MASS RATING (RMR) DI BIENIAWSKI (seguito)

Calcolo dei punteggi RMR per ciascuna famiglia di discontinuità					
	Stratificazione	Fratture J1	Fratture J2	Fratture J3	Fratture J4
Apertura media (mm) [R4]	0,3	0,7	1,5	0,5	1,2
<b>PUNTEGGIO</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>1</b>	<b>4</b>	<b>1</b>
Scabrezza media [R4]	Piana Rugosa	Piana Rugosa	Piana Rugosa	Piana Rugosa	Piana Rugosa
<b>PUNTEGGIO</b>	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>
Riempimento medio [R4]	Nessuno	Nessuno	Nessuno	Nessuno	Nessuno
<b>PUNTEGGIO</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>6</b>
Alterazione media [R4]	Non Alterato	Poco Alterato	Poco Alterato	Poco Alterato	Non Alterato
<b>PUNTEGGIO</b>	<b>6</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>6</b>
Acqua [R5]	Asciutto	Asciutto	Asciutto	Asciutto	Asciutto
<b>PUNTEGGIO</b>	<b>15</b>	<b>15</b>	<b>15</b>	<b>15</b>	<b>15</b>

### Valore $RMR_{base}$ per ciascuna famiglia di discontinuità

	Stratificazione	Fratture J1	Fratture J2	Fratture J3	Fratture J4
$RMR_{base}$	<b>55</b>	<b>68</b>	<b>70</b>	<b>67</b>	<b>71</b>

**Punteggio  $RMR_{base}$  medio: 66,2**

**Punteggio RMR: 61,2 ROCCIA BUONA**



### Parametri di resistenza al taglio (valori di picco)

$$c = 5 * RMR = 306 \text{ KPa}$$

$$\phi = 0.5 * RMR + 5 = 35,6^\circ$$




### Caratteristiche di deformabilità (valori di picco)

$$Ed = 2 * RMR - 100 = 22,4 \text{ GPa}$$

 <b>Snam</b> Rete Gas	<b>PROGETTISTA</b>  <b>Snamprogetti</b>	<b>UNITÀ</b> <b>000</b>	<b>COMMESSA</b> <b>P66990</b>
	<b>LOCALITÀ</b> Regione Toscana – Emilia Romagna		<b>SPC. LA-E-83023</b>
	<b>PROGETTO</b> Metanodotto Pontremoli - Cortemaggiore		Fg. 44 di 99



**Immagini fotografiche dell'affioramento della Stazione 1.**

 	PROGETTISTA	 <b>Snamprogetti</b>	UNITÀ 000	COMMESSA P66990
	LOCALITÀ	Regione Toscana – Emilia Romagna		<b>SPC. LA-E-83023</b>
	PROGETTO	Metanodotto Pontremoli - Cortemaggiore		Fg. 45 di 99

### Scheda di rilevamento geomeccanico

#### STAZIONE 2

**Tracciato** Galleria Monte Zucchero

**Data rilevamento** 25/05/2009

**Provincia** Parma

**Coordinate**

**Comune** Borgo Val di Taro (Parma)

N 44° 32' 164"

**Località** Rio dei Burroni

E 009° 42' 158"

**Quota (l.m.m.)** 570

**Dimensioni dell'affioramento:** 12 × 6 m

**Versante:** N120E/90 (direz./incl.)



**Litologia:** Flysch di Scabiazza,

Alternanza di arenarie e peliti con banchi di spessore decimetrico. Strati dritti e rovesciati ripiegati a scala dacametrica da una piega, il cui piano assiale sub-orizzontale è affiorante lungo la scarpata analizzata.



**Colore:** banchi arenacei grigio chiari, interstrati pelitici grigio scuri

**Morfologia:** scarpata naturale lungo il fosso del Rio dei Burroni.



N°.	Tipo	Direzione di Imm. (°)	Incl. (°)	Dist.dall'origine (cm)	Pers. (m)	Apertura (mm)	Natura del riempimento	Consistenza del riempimento	Scabrezza	Alt.	Acqua
1	G	85	23	15	1,56	0	nessuno	nessuno	1	1	1
2	G	85	23	19	1,58	0	nessuno	nessuno	1	1	1
3	J	190	80	20	0,04	1	nessuno	nessuno	2	2	1
4	J	250	70	28	0,04	2	nessuno	nessuno	3	1	1
5	J	220	70	30	0,02	0,1	nessuno	nessuno	2	1	1
6	J	280	80	35	0,02	1	nessuno	nessuno	2	1	1
7	G	85	23	36	1,4	0	nessuno	nessuno	1	1	1
8	G	85	23	39	1,5	0	nessuno	nessuno	1	1	1
9	J	245	70	41	0,045	1	nessuno	nessuno	1	1	1
10	J	340	75	42	0,045	1	nessuno	nessuno	2	2	1
11	J	240	70	47	0,045	0	calcite	duro	1	1	1
12	G	82	23	48	1,4	0	nessuno	nessuno	1	1	1
13	G	83	23	51	1,5	0	nessuno	nessuno	2	1	1
14	J	200	80	52	0,015	1	nessuno	nessuno	1	1	1
15	J	340	80	53	0,03	1	nessuno	nessuno	2	2	1
16	G	86	23	55	1,3	0	nessuno	nessuno	1	1	1
17	J	350	80	56	0,01	1	nessuno	nessuno	2	1	1
18	G	85	23	57	1,45	0	nessuno	nessuno	2	1	1
19	G	85	23	61	1,5	0	nessuno	nessuno	1	1	1
20	J	245	70	65	0,04	1	nessuno	nessuno	3	3	1
21	G	84	23	68	1,5	0	nessuno	nessuno	2	1	1
22	G	82	23	71	1,4	0	nessuno	nessuno	1	1	1
23	J	255	70	73	0,045	1	nessuno	nessuno	1	1	1

 <b>Snam</b> Rete Gas	PROGETTISTA	 <b>Snamprogetti</b>	UNITÀ 000	COMMESSA P66990
	LOCALITÀ Regione Toscana – Emilia Romagna		SPC. LA-E-83023	
	PROGETTO Metanodotto Pontremoli - Cortemaggiore		Fg. 46 di 99	Rev. 0

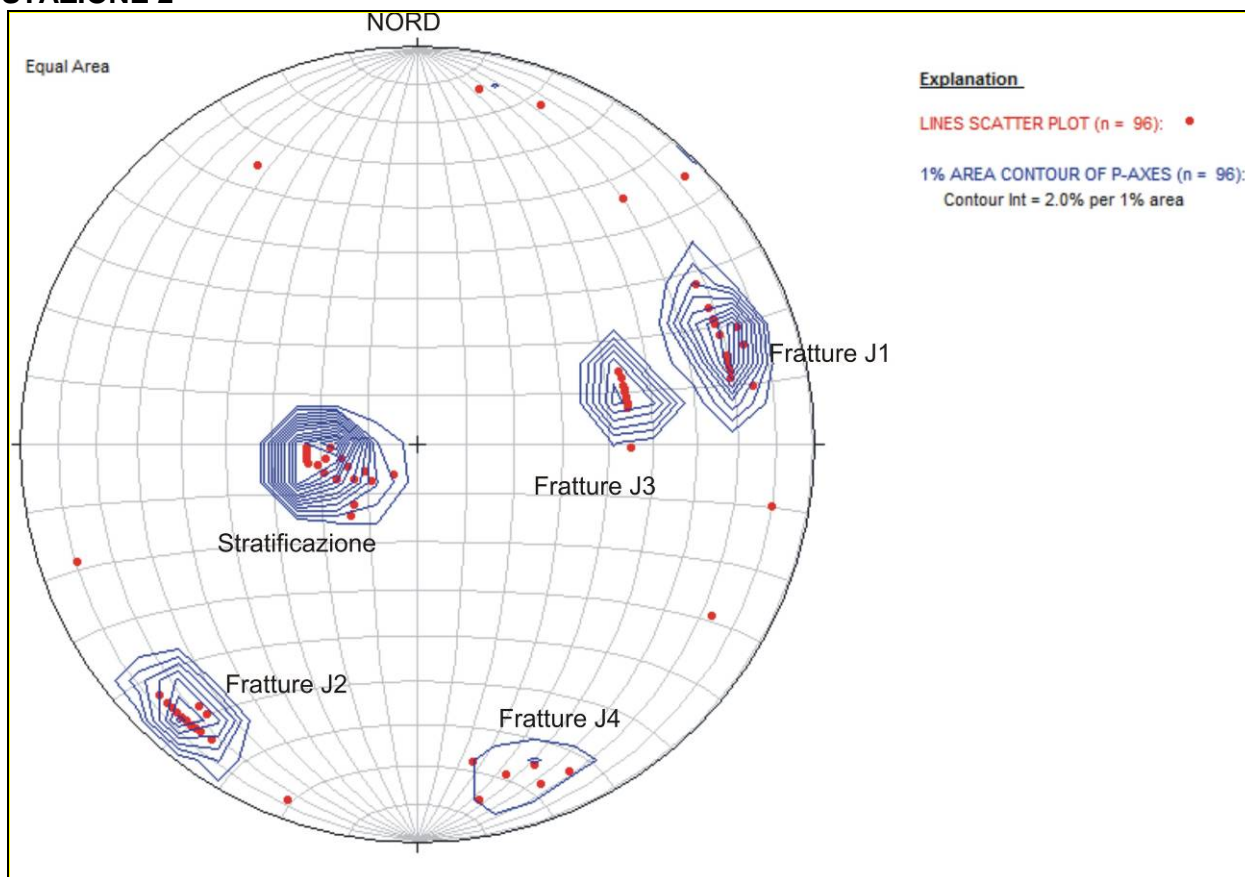
N°.	Tipo	Direzione di Imm. (°)	Incl. (°)	Dist.dall'origine (cm)	Pers. (m)	Apertura (mm)	Natura del riempimento	Consistenza del riempimento	Scabrezza	Alt.	Acqua
24	J	300	75	75	0,045	1	nessuno	nessuno	1	2	1
25	J	350	70	78	0,04	0,1	nessuno	nessuno	1	1	1
26	J	225	85	81,5	0,05	0,1	nessuno	nessuno	1	1	1
27	G	80	23	82	1,3	0	nessuno	nessuno	2	1	1
28	G	88	23	86	1,36	0	nessuno	nessuno	1	1	1
29	J	40	80	88	0,12	0,3	calcite	duro	1	2	1
30	G	85	23	91	1,42	0	nessuno	nessuno	2	1	1
31	G	84	23	94	1,42	0	nessuno	nessuno	1	1	1
32	G	87	23	98	1,42	0	nessuno	nessuno	2	1	1
33	J	43	80	100	0,12	0,1	calcite	duro	1	2	1
34	J	260	75	109	0,1	0,1	nessuno	nessuno	1	3	1
35	J	44	80	111	0,1	0,1	calcite	duro	1	3	1
36	J	250	75	124	0,1	3	non coesivo	soffice	1	2	1
37	G	85	23	130	1,6	0	nessuno	nessuno	1	1	1
38	J	250	70	162	0,09	0,1	nessuno	nessuno	3	3	1
39	G	81	19	163	1,5	0	nessuno	nessuno	2	1	1
40	G	72	15	168	1,2	0	nessuno	nessuno	1	1	1
41	J	41	80	169	0,03	0,1	calcite	duro	2	2	1
42	G	63	12	175	1,34	0	nessuno	nessuno	2	1	1
43	J	253	75	179	0,02	0,1	nessuno	nessuno	2	3	1
44	J	254	70	184	0,04	3	nessuno	nessuno	2	2	1
45	J	256	70	185	0,02	0,1	nessuno	nessuno	2	1	1
46	J	38	80	190	0,015	0,1	calcite	duro	1	1	1
47	J	35	80	194	0,015	5	nessuno	nessuno	1	1	1
48	J	38	75	197	0,015	0,1	calcite	duro	1	1	1
49	J	40	75	204	0,015	0,1	nessuno	nessuno	3	1	1
50	J	257	70	205	0,015	0,1	nessuno	nessuno	2	1	1
51	J	20	85	210	0,035	0,1	calcite	duro	1	1	1
52	J	271	45	215	0,03	3	nessuno	nessuno	2	3	1
53	J	258	45	216	0,06	1	nessuno	nessuno	1	1	1
54	J	259	45	218	0,06	1	nessuno	nessuno	1	1	1
55	J	259	45	219	0,06	1	nessuno	nessuno	1	1	1
56	J	260	45	221	0,06	1	nessuno	nessuno	1	1	1
57	J	258	45	223	0,06	1	nessuno	nessuno	1	1	1
58	J	257	45	227	0,06	1	nessuno	nessuno	1	1	1
59	G	38	8	230	1,54	0	nessuno	nessuno	1	1	1
60	J	37	80	235	0,01	2	non coesivo	soffice	3	1	1
61	J	44	80	241	0,03	1	calcite	duro	1	1	1
62	J	256	70	245	0,02	0,1	nessuno	nessuno	2	2	1
63	J	345	75	248	0,02	0,1	nessuno	nessuno	1	1	1
64	J	41	80	250	0,02	0,1	calcite	duro	1	1	1
65	J	256	45	251	0,02	0	calcite	duro	1	1	1

 <b>Snam</b> Rete Gas	PROGETTISTA	 <b>Snamprogetti</b>	UNITÀ 000	COMMESSA P66990
	LOCALITÀ Regione Toscana – Emilia Romagna		SPC. LA-E-83023	
	PROGETTO Metanodotto Pontremoli - Cortemaggiore		Fg. 47 di 99	Rev. 0

N°.	Tipo	Direzione di Imm. (°)	Incl. (°)	Dist.dall'origine (cm)	Pers. (m)	Apertura (mm)	Natura del riempimento	Consistenza del riempimento	Scabrezza	Alt.	Acqua
66	J	255	45	253	0,02	0,1	nessuno	nessuno	1	1	1
67	J	255	45	254	0,02	0,1	nessuno	nessuno	1	1	1
68	J	254	45	255	0,02	0,1	nessuno	nessuno	1	1	1
69	J	40	80	257	0,02	0,1	nessuno	nessuno	1	1	1
70	J	252	45	260	0,02	0,1	nessuno	nessuno	1	1	1
71	G	52	12	265	1,43	0	nessuno	nessuno	2	1	1
72	J	150	70	266	0,03	0	calcite	duro	1	1	1
73	J	335	80	272	0,03	1	nessuno	nessuno	1	1	1
74	G	61	15	275	1,38	0	nessuno	nessuno	1	1	1
75	G	67	18	280	1,4	0	nessuno	nessuno	2	1	1
76	J	250	75	286	0,02	1	nessuno	nessuno	1	1	1
77	G	73	20	295	1,45	0	nessuno	nessuno	1	1	1
78	J	250	45	303	0,05	4	nessuno	nessuno	1	1	1
79	G	78	21	310	1,5	0	nessuno	nessuno	2	1	1
80	J	248	70	312	0,02	1	nessuno	nessuno	2	2	1
81	G	88	18	328	1,2	-	nessuno	nessuno	1	1	1
82	J	258	70	330	0,02	0,1	nessuno	nessuno	1	1	1
83	J	39	80	333	0,02	1	calcite	duro	1	1	1
84	J	255	70	335	0,02	0,1	nessuno	nessuno	1	1	1
85	G	73	20	339	1	-	nessuno	nessuno	1	1	1
86	J	250	70	343	0,02	0,1	nessuno	nessuno	1	1	1
87	G	85	23	350	1,55	0	nessuno	nessuno	1	1	1
88	J	254	70	356	0,03	1	nessuno	nessuno	2	2	1
89	J	250	70	360	0,035	1,5	non coesivo	soffice	1	2	1
90	G	80	16	361	0,8	-	nessuno	nessuno	1	1	1
91	J	240	70	366	0,04	1	nessuno	nessuno	2	3	1
92	J	46	80	377	0,04	2	calcite	duro	2	2	1
93	G	76	18	378	1,1	-	nessuno	nessuno	1	1	1
94	J	42	80	380	0,05	1	nessuno	nessuno	2	2	1
95	J	247	70	386	0,05	0	calcite	duro	1	1	1
96	J	250	70	400	0,05	0	calcite	duro	1	1	1

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA P66990
	LOCALITÀ	Regione Toscana – Emilia Romagna		SPC. LA-E-83023
	PROGETTO	Metanodotto Pontremoli - Cortemaggiore	Fg. 48 di 99	Rev. 0

## STAZIONE 2



Rappresentazione stereografica delle aree di isofrequenza dei poli dei piani di discontinuità presenti nella Stazione 2 (reticolo di Schmidt, emisfero inferiore).



### Caratteristiche principali delle famiglie di discontinuità riscontrate nella stazione 2

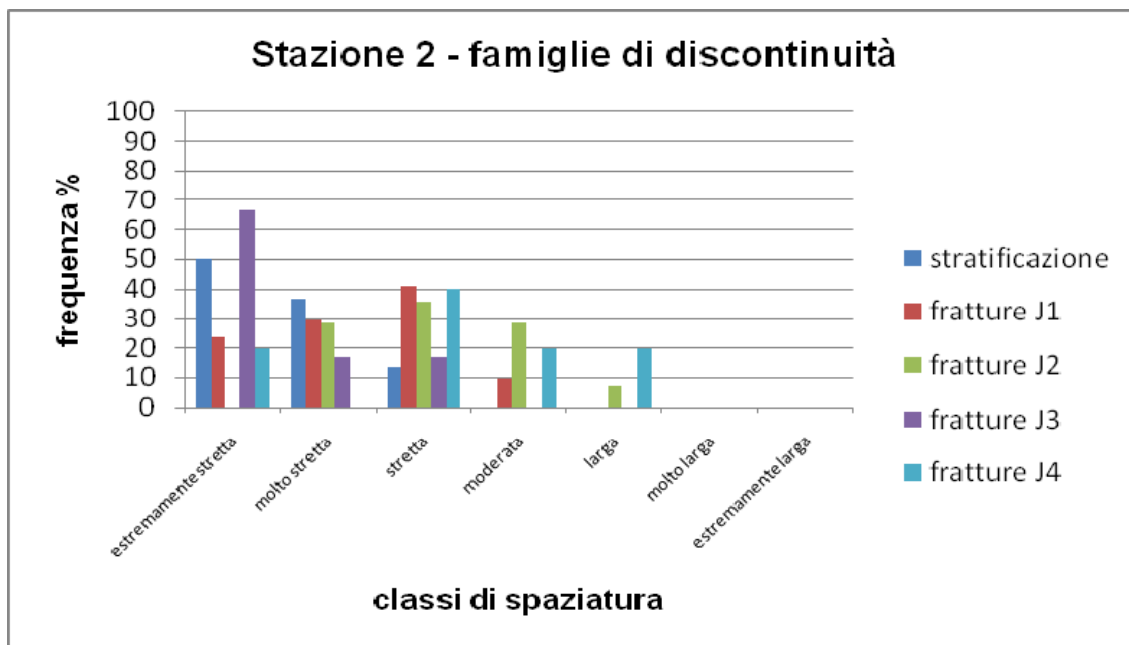
Tipo	Direzione d'immersione (°)	Inclinazione (°)	Persistenza (m)	Apertura (mm)	Natura del riempimento	Consistenza del riempimento	Scabrezza	Alterazione	Acqua
Stratificazione	82,7	23	1,43	0,0	Nessuno	Nessuno	1,4	1,0	1
Fratture J1	252	71,7	0,04	0,7	Nessuno	Nessuno	1,6	1,7	1
Fratture J2	41	79,2	0,04	0,9	Calcite	Duro	1,5	1,5	1
Fratture J3	254,6	45,2	0,04	1,0	Nessuno	Nessuno	1,1	1,1	1
Fratture J4	339,6	73,6	0,02	0,7	Nessuno	Nessuno	1,5	1,3	1

### Spaziatura delle famiglie di discontinuità riscontrate nella stazione 2

Tipo	Numero dati	Media (cm)	Moda (cm)	Minimo (cm)	Massimo (cm)	Deviat. Stand. (cm)
Stratificazione	30	2,86	0,95	0,47	13,02	2,88
Fratture J1	34	7,72	0,7	0,7	26,81	6,75
Fratture J2	14	20,11	2,89	2,89	73,28	22,12
Fratture J3	12	3,7	0,5	0,5	21,72	6,53
Fratture J4	5	28,16	-	1,83	104,05	42,75





 <b>Snam</b> Rete Gas	<b>PROGETTISTA</b>  <b>Snamprogetti</b>	<b>UNITÀ</b> <b>000</b>	<b>COMMESSA</b> <b>P66990</b>
	<b>LOCALITÀ</b> Regione Toscana – Emilia Romagna		<b>SPC. LA-E-83023</b>
	<b>PROGETTO</b> Metanodotto Pontremoli - Cortemaggiore		Fg. 49 di 99



Frequenza della spaziatura delle diverse famiglie di discontinuità rilevate nella Stazione 2.

Valori R delle prove sclerometriche (PROCEQ Schmidt test hammer type L)						
Stratificazione (alpha 76°)	Fratture J1 (alpha 5°)	Fratture J2 (alpha 4°)	Fratture J3 (alpha 44,8°)	Fratture J4 (alpha 20°)	Host rock arenaceo	Host rock pelitico
54	34	40	-	50	47	-
50	35	42	-	49	50	-
53	36	40	-	46	56	-
54	29	48	-	40	52	-
48	32	39	-	46	57	-
52	41	46	-	44	51	-
54	42	42	-	58	55	-
53	37	32	-	49	56	-
52	34	50	-	48	58	-
53	35	40	-	48	55	-
52	39	40	-	55		
54	41	38	-	54		
55	41	41	-	57		
55	40	42	-	54		
50	43	50	-	59		
55	41	40	-	58		
52	42	42	-	58		
58	42	43	-	57		
56	42	42	-	58		

 <b>Snam</b> Rete Gas	<b>PROGETTISTA</b>  <b>Snamprogetti</b>	<b>UNITÀ</b> <b>000</b>	<b>COMMESSA</b> <b>P66990</b>
	<b>LOCALITÀ</b> Regione Toscana – Emilia Romagna		<b>SPC. LA-E-83023</b>
	<b>PROGETTO</b> Metanodotto Pontremoli - Cortemaggiore		Fg. 50 di 99

Valori R delle prove sclerometriche (PROCEQ Schmidt test hammer type L)						
Stratificazione (alpha 76°)	Fratture J1 (alpha 5°)	Fratture J2 (alpha 4°)	Fratture J3 (alpha 44,8°)	Fratture J4 (alpha 20°)	Host rock arenaceo	Host rock pelitico
52	37	41	-	56		

JV = 76,04 giunti/m<sup>3</sup>

Tenacità= R4 roccia resistente (strati arenacei) e R1 roccia molto debole (strati pelitici)

GSi = 40-50

### ROCK MASS RATING (RMR) DI BIENIAWSKI

Calcolo dei punteggi RMR per ciascuna famiglia di discontinuità					
	Stratificazione	Fratture J1	Fratture J2	Fratture J3	Fratture J4
Resistenza alla compress. monoass.(MPa) [R1]	79	48	54	< 10	75
<b>PUNTEGGIO</b>	<b>8</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>0</b>	<b>8</b>
RQD (%) [R2]	11,2	54,8	63,6	98,4	97,0
<b>PUNTEGGIO</b>	<b>4</b>	<b>11</b>	<b>12</b>	<b>19</b>	<b>18</b>
Spaziatura media (mm) [R3]	28,6	77,2	201,1	37	281,6
<b>PUNTEGGIO</b>	<b>5</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>6</b>	<b>9</b>
Persistenza media (m) [R4]	1,43	0,04	0,04	0,04	0,02
<b>PUNTEGGIO</b>	<b>4</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>6</b>
Apertura media (mm) [R4]	0,0	0,7	0,9	1,0	0,7
<b>PUNTEGGIO</b>	<b>6</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>1</b>	<b>4</b>
Scabrezza media [R4]	Piana Rugosa	Piana Rugosa	Piana Rugosa	Piana Levigata	Piana Rugosa
<b>PUNTEGGIO</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>1</b>
Riempimento medio [R4]	Nessuno	Nessuno - Calcite	Calcite	Nessuno	Nessuno
<b>PUNTEGGIO</b>	<b>6</b>	<b>5</b>	<b>4</b>	<b>6</b>	<b>6</b>
Alterazione media [R4]	Non Alterato	Poco Alterato	Poco Alterato	Non Alterato	Poco Alterato
<b>PUNTEGGIO</b>	<b>6</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>5</b>
Acqua [R5]	Asciutto	Asciutto	Asciutto	Asciutto	Asciutto
<b>PUNTEGGIO</b>	<b>15</b>	<b>15</b>	<b>15</b>	<b>15</b>	<b>15</b>

Valore RMR<sub>base</sub> per ciascuna famiglia di discontinuità

	Stratificazione	Fratture J1	Fratture J2	Fratture J3	Fratture J4
RMR <sub>base</sub>	55	58	61	59	74

Punteggio RMR<sub>base</sub> medio: 61,4

Punteggio RMR: 56,4 **ROCCIA DISCRETA**



Parametri di resistenza al taglio (valori di picco)

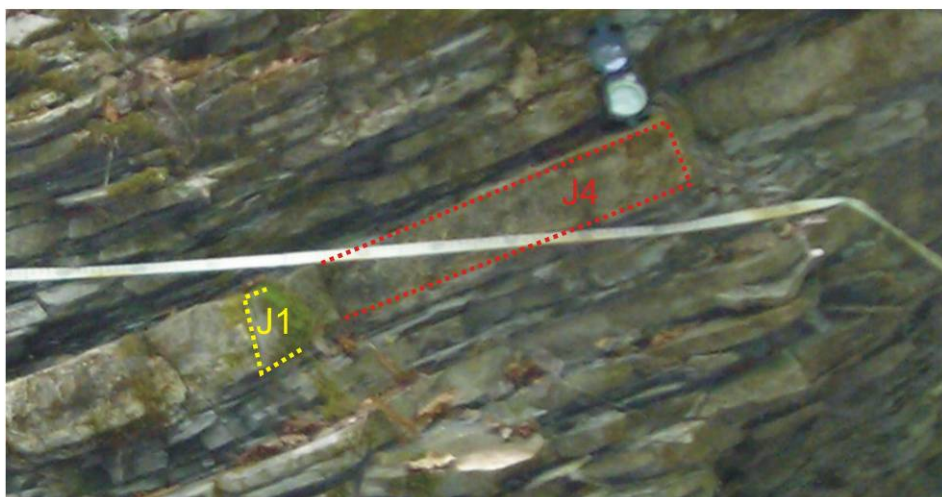
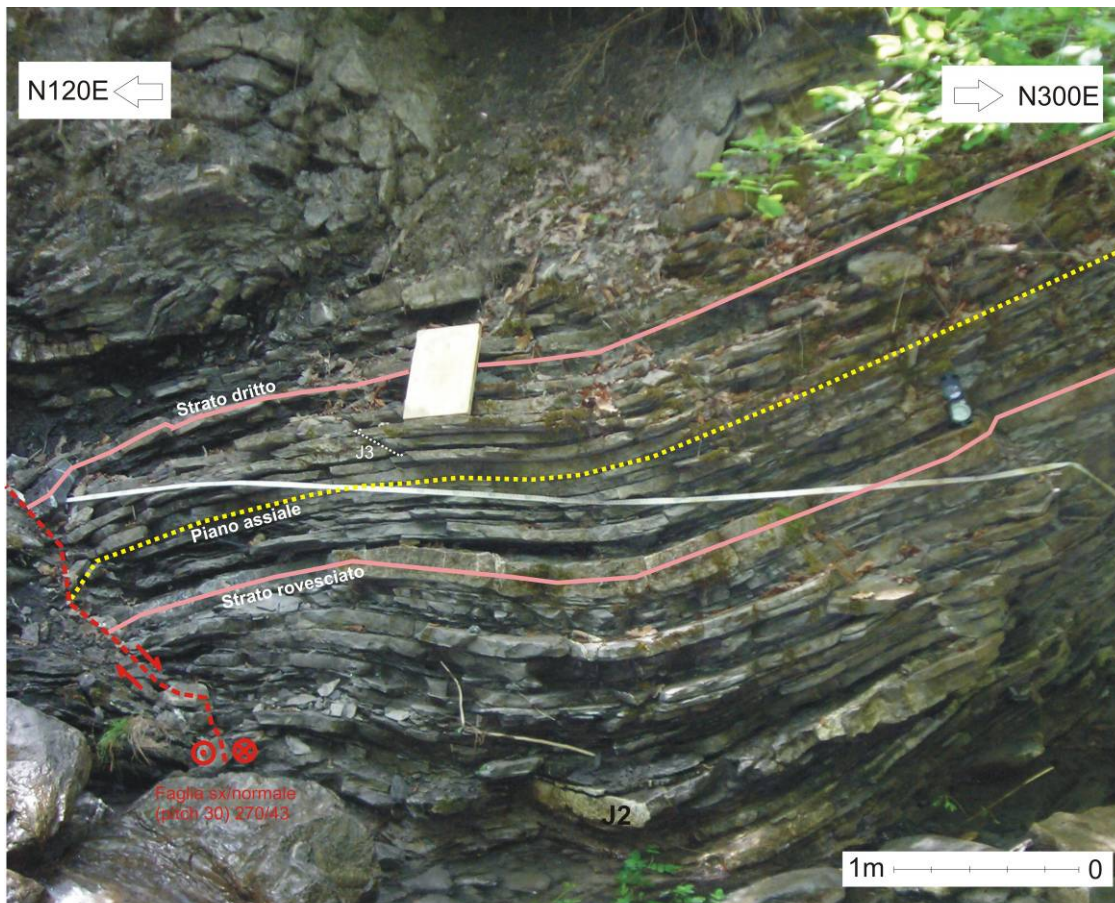
$$c = 5 * RMR = 282 \text{ KPa}$$

$$\phi = 0.5 * RMR + 5 = 33,2^\circ$$



Caratteristiche di deformabilità (valori di picco)

$$E_d = 2 * RMR - 100 = 12,8 \text{ GPa}$$

 <b>Snam</b> Rete Gas	PROGETTISTA	 <b>Snamprogetti</b>	UNITÀ <b>000</b>	COMMESSA <b>P66990</b>
	LOCALITÀ	Regione Toscana – Emilia Romagna		<b>SPC. LA-E-83023</b>
	PROGETTO	Metanodotto Pontremoli - Cortemaggiore		Fg. 51 di 99



**Immagini fotografiche dell'affioramento della Stazione 2**

 <b>Snam</b> Rete Gas	PROGETTISTA	 <b>Snamprogetti</b>	UNITÀ 000	COMMESSA P66990
	LOCALITÀ	Regione Toscana – Emilia Romagna		<b>SPC. LA-E-83023</b>
	PROGETTO	Metanodotto Pontremoli - Cortemaggiore		Fg. 52 di 99
				Rev. <b>0</b>

### Scheda di rilevamento geomeccanico

#### STAZIONE 3

**Tracciato** Galleria Monte Zucchero

**Data rilevamento** 25/05/2009

**Provincia** Parma

**Coordinate**

**Comune** Borgo Val di Taro

N 44° 32' 533"

**Località** Rio dei Burroni

E 009° 41' 883"

**Quota (l.m.m.)** 800

**Dimensioni dell'affioramento:** 10 × 8 m

**Versante:** N12 E/90 (direz./incl.)



**Litologia:** Flysch di Scabiazza,

Alternanza di arenarie e peliti con banchi di spessore decimetrico. Strati dritti.



**Colore:** banchi arenacei grigio chiari, interstrati pelitici grigio scuri

**Morfologia:** scarpata naturale lungo il fosso del Rio dei Burroni

N°.	Tipo	Direzione di Imm. (°)	Incl. (°)	Dist.dall'origine (cm)	Pers. (m)	Apertura (mm)	Natura del riempimento	Consistenza del riempimento	Scabrezza	Alt.	Acqua
1	J	255	70	10	0.06	1	nessuno	nessuno	2	1	1
2	J	165	80	18	0.04	1	nessuno	nessuno	2	2	1
3	J	255	70	22	0.045	1	nessuno	nessuno	3	1	1
4	J	165	81	24	0.025	1	nessuno	nessuno	2	1	1
5	J	300	85	36	0.015	1	nessuno	nessuno	1	1	1
6	G	35	25	45	1.2	1	nessuno	nessuno	1	1	1
7	J	290	85	49	0.08	2	non coesivo	Soffice	1	2	1
8	J	255	71	58	0.06	1	nessuno	nessuno	1	1	1
9	J	260	72	65	0.06	1	nessuno	nessuno	1	1	1
10	J	258	69	68	0.06	1	nessuno	nessuno	1	1	1
11	J	250	75	71	0.06	1	nessuno	nessuno	1	1	1
12	J	252	72	73	0.06	1	nessuno	nessuno	1	1	1
13	J	257	70	77	0.06	1	nessuno	nessuno	1	1	1
14	J	165	80	86	0.045	1	nessuno	nessuno	1	2	1
15	J	255	70	88	0.1	1	nessuno	nessuno	2	3	1
16	J	160	79	98	0.1	1	nessuno	nessuno	1	3	1
17	J	166	81	105	0.1	7	non coesivo	Soffice	1	2	1
18	J	170	80	106	0.1	1	nessuno	nessuno	1	1	1
19	J	180	85	110	0.12	1	nessuno	nessuno	1	2	1
20	J	255	70	115	0.05	1	nessuno	nessuno	1	1	1
21	J	165	80	120	0.06	1	nessuno	nessuno	1	1	1
22	J	200	65	123	0.06	1	nessuno	nessuno	1	1	1
23	J	248	68	125	0.06	1	nessuno	nessuno	1	1	1
24	J	250	72	130	0.06	1	nessuno	nessuno	1	1	1

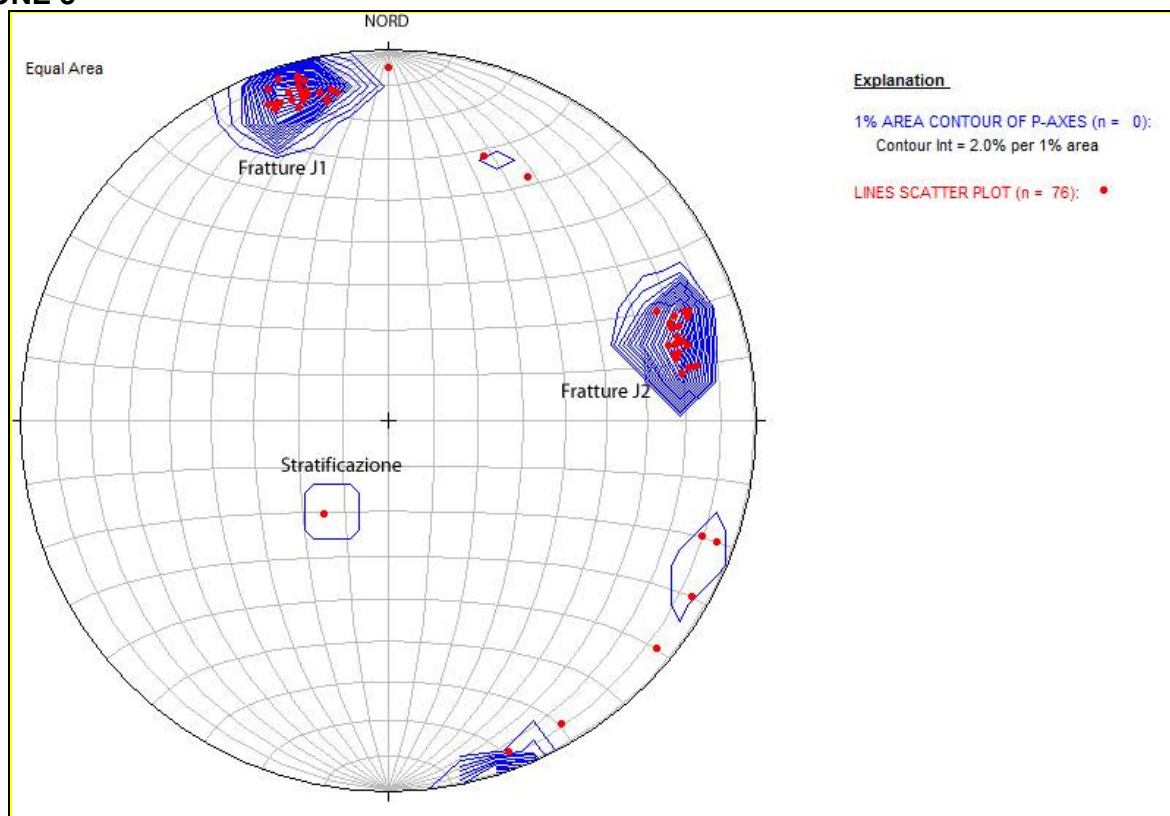
 <b>Snam</b> Rete Gas	PROGETTISTA	 <b>Snamprogetti</b>	UNITÀ 000	COMMESSA P66990
	LOCALITÀ	Regione Toscana – Emilia Romagna		<b>SPC. LA-E-83023</b>
	PROGETTO	Metanodotto Pontremoli - Cortemaggiore		Fg. 53 di 99

N°.	Tipo	Direzione di Imm. (°)	Incl. (°)	Dist.dall'origine (cm)	Pers. (m)	Apertura (mm)	Natura del riempimento	Consistenza del riempimento	Scabrezza	Alt.	Acqua
25	J	251	75	133	0.06	1	nessuno	nessuno	1	1	1
26	J	290	80	135	0.05	2	nessuno	nessuno	2	1	1
27	J	255	68	140	0.1	1	nessuno	nessuno	1	2	1
28	J	260	74	150	0.12	1	nessuno	nessuno	1	2	1
29	J	255	72	155	0.12	1	nessuno	nessuno	1	2	1
30	J	165	80	160	0.12	7	non coesivo	Soffice	1	2	1
31	J	340	85	165	0.08	1	nessuno	nessuno	1	1	1
32	J	255	70	170	0.1	8	nessuno	nessuno	1	1	1
33	J	165	80	175	0.02	1	nessuno	nessuno	1	1	1
34	J	35	25	185	0.1	1	nessuno	nessuno	1	1	1
35	G	310	85	192	0.16	1	nessuno	nessuno	2	1	1
36	J	160	85	200	0.06	1	nessuno	nessuno	1	2	1
37	J	169	77	204	0.05	1	nessuno	nessuno	1	2	1
38	J	163	82	206	0.06	1	nessuno	nessuno	1	1	1
39	J	161	80	208	0.06	1	nessuno	nessuno	1	1	1
40	J	256	73	215	0.12	1	nessuno	nessuno	1	1	1
41	J	257	69	230	0.12	1	nessuno	nessuno	1	1	1
42	J	261	70	240	0.12	4	non coesivo	Soffice	2	2	1
43	J	170	80	250	0.08	1	nessuno	nessuno	2	2	1
44	J	166	80	253	0.03	1	nessuno	nessuno	1	2	1
45	J	255	70	255	0.03	1	nessuno	nessuno	1	2	1
46	J	171	79	260	0.025	2	nessuno	nessuno	1	2	1
47	J	169	78	265	0.025	2	nessuno	nessuno	1	2	1
48	J	164	77	267	0.02	1	nessuno	nessuno	2	2	1
49	J	165	83	269	0.02	1	nessuno	nessuno	2	2	1
50	J	159	81	271	0.02	1	nessuno	nessuno	2	2	1
51	J	165	85	275	0.02	1	nessuno	nessuno	2	2	1
52	J	166	84	280	0.02	2	nessuno	nessuno	2	2	1
53	J	255	70	282	0.02	1	nessuno	nessuno	1	1	1
54	J	165	79	290	0.01	1	nessuno	nessuno	2	1	1
55	J	165	80	292	0.06	1	nessuno	nessuno	1	2	1
56	J	250	76	295	0.09		nessuno	nessuno	1	1	1
57	J	252	70	300	0.09	1	nessuno	nessuno	2	1	1
58	J	165	80	315	0.1	1	nessuno	nessuno	3	2	1
59	J	255	70	316	0.1	1	nessuno	nessuno	3	1	1
60	J	165	80	330	0.1	1	nessuno	nessuno	3	3	1
61	J	210	65	340	0.1	1	nessuno	nessuno	3	2	1
62	J	165	83	352	0.06	1	nessuno	nessuno	2	1	1



 <b>Snam</b> Rete Gas	<b>PROGETTISTA</b>  <b>Snamprogetti</b>	<b>UNITÀ</b> <b>000</b>	<b>COMMESSA</b> <b>P66990</b>
	<b>LOCALITÀ</b> Regione Toscana – Emilia Romagna		<b>SPC. LA-E-83023</b>
	<b>PROGETTO</b> Metanodotto Pontremoli - Cortemaggiore		Fg. 54 di 99

N°.	Tipo	Direzione di Imm. (°)	Incl. (°)	Dist.dall'origine (cm)	Pers. (m)	Apertura (mm)	Natura del riempimento	Consistenza del riempimento	Scabrezza	Alt.	Acqua
63	J	330	84	362	0.1	1	nessuno	nessuno	2	2	1
64	J	163	80	368	0.1	1	nessuno	nessuno	2	2	1
65	J	162	87	377	0.06	2	non coesivo	Soffice	2	2	1
66	J	160	80	393	0.17	1	nessuno	nessuno	3	2	1
67	J	254	71	398	0.11	1	nessuno	nessuno	2	1	1
68	J	168	80	407	0.11	1	nessuno	nessuno	2	1	1
69	J	165	86	412	0.11	1	nessuno	nessuno	2	1	1
70	J	251	70	417	0.11	3	nessuno	nessuno	3	2	1
71	J	165	80	425	0.11	2	nessuno	nessuno	2	2	1
72	J	255	70	430	0.06	5	nessuno	nessuno	2	1	1
73	J	165	80	450	0.07	1	nessuno	nessuno	2	3	1
74	J	165	80	458	0.07	1	nessuno	nessuno	2	2	1
75	J	255	70	465	0.07	2	nessuno	nessuno	3	3	1
76	J	255	70	472	0.06	2	nessuno	nessuno	2	2	1

### STAZIONE 3

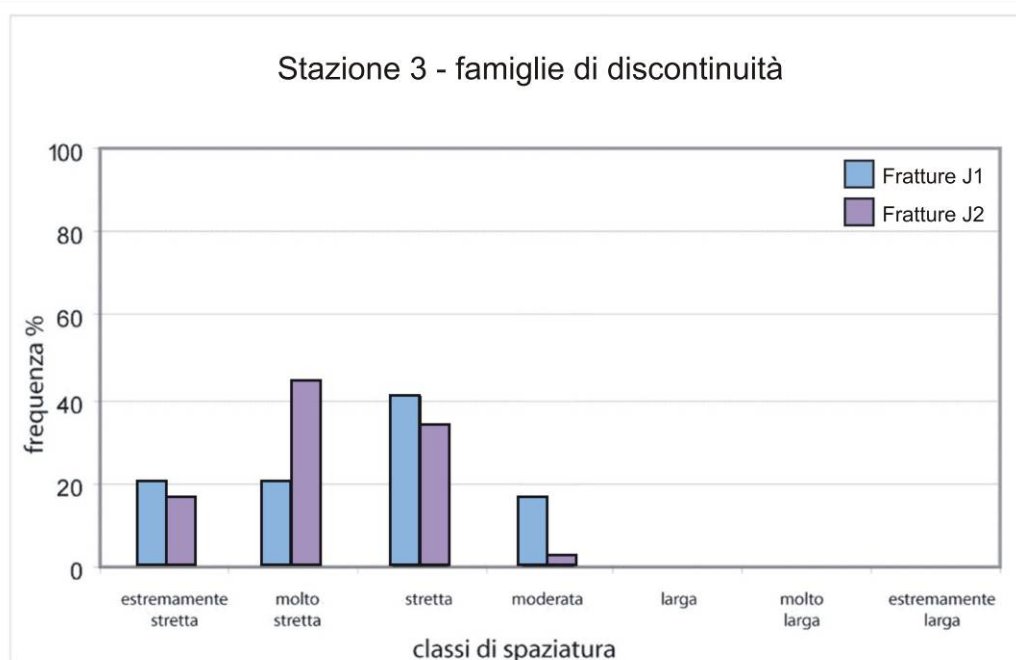


Rappresentazione stereografica delle aree di isofrequenza dei poli dei piani di discontinuità presenti nella Stazione 3 (reticolo di Schmidt, emisfero inferiore).




 <b>Snam</b> Rete Gas	<b>PROGETTISTA</b>  <b>Snamprogetti</b>	<b>UNITÀ</b> <b>000</b>	<b>COMMESSA</b> <b>P66990</b>
	<b>LOCALITÀ</b> Regione Toscana – Emilia Romagna		<b>SPC. LA-E-83023</b>
	<b>PROGETTO</b> Metanodotto Pontremoli - Cortemaggiore		Fg. 55 di 99

Caratteristiche principali delle famiglie di discontinuità riscontrate nella stazione 3									
Tipo	Direzione d'immersione (°)	Inclinazione (°)	Persistenza (m)	Apertura (mm)	Natura del riempimento	Consistenza del riempimento	Scabrezza	Alterazione	Acqua
Stratificazione	35	25	-	-	Nessuno	Nessuno	1	1	1
Fratture J1	164,9	80,7	0,064	1,49	Nessuno	Nessuno	1,7	1,5	1
Fratture J2	254,6	70,9	0,078	1,62	Nessuno	Nessuno	1,5	1,4	1

Spaziatura delle famiglie di discontinuità riscontrate nella stazione 3						
Tipo	Numero dati	Media (cm)	Moda (cm)	Minimo (cm)	Massimo (cm)	Deviat.Stand. (cm)
Stratificazione	2	544,6	54,5	54,5	54,5	-
Fratture J1	34	113,6	12,3	0,88	54,4	11,8
Fratture J2	14	69,5	1,3	0,88	35,8	7,3



**Frequenza della spaziatura delle diverse famiglie di discontinuità rilevate nella Stazione 3**

 	PROGETTISTA	 <b>Snamprogetti</b>	UNITÀ <b>000</b>	COMMESSA <b>P66990</b>
	LOCALITÀ Regione Toscana – Emilia Romagna		<b>SPC. LA-E-83023</b>	
	PROGETTO Metanodotto Pontremoli - Cortemaggiore		Fg. 56 di 99	Rev. <b>0</b>

Valori R ottenuti attraverso prove sclerometri che (strumento PROCEQ Schmidt test hammer type L)				
Stratificazione (alpha 64°)	Fratture J1 (alpha 5°)	Fratture J2 (alpha 7°)	Host rock arenaceo	Host rock pelitico
22	28	40	20	-
21	22	37	24	-
18	30	42	22	-
20	30	36	26	-
24	31	38	42	-
22	22	37	44	-
20	36	40	42	-
20	35	34	40	-
22	30	42	32	-
20	28	40	38	-
18	34	34		
22	34	30		
21	40	46		
24	44	44		
21	52	38		
18	34	42		
23	46	38		
24	45	32		
24	41	39		
26	52	39		

$J_v = 49$  giunti/m<sup>3</sup>




Tenacità= R3 roccia mediamente resistente

GSI = 60-70

#### ROCK MASS RATING (RMR) DI BIENIAWSKI

Calcolo dei punteggi RMR per ciascuna famiglia di discontinuità		
	J1	J2
Resistenza alla compress. monoass. (MPa) [R1]	45	52
<b>PUNTEGGIO</b>	<b>4</b>	<b>7</b>
RQD (%) [R2]	77.04	64.06
<b>PUNTEGGIO</b>	<b>15</b>	<b>13</b>
Spaziatura media (mm) [R3]	113.6	69.5
<b>PUNTEGGIO</b>	<b>7</b>	<b>6</b>
Persistenza media (m) [R4]	0.064	0.078
<b>PUNTEGGIO</b>	<b>6</b>	<b>6</b>



 	PROGETTISTA	 <b>Snamprogetti</b>	UNITÀ <b>000</b>	COMMESSA <b>P66990</b>
	LOCALITÀ Regione Toscana – Emilia Romagna		<b>SPC. LA-E-83023</b>	
	PROGETTO Metanodotto Pontremoli - Cortemaggiore		Fg. 57 di 99	Rev. <b>0</b>

Calcolo dei punteggi RMR per ciascuna famiglia di discontinuità		
	J1	J2
Apertura media (mm) [R4]	1.49	1.62
<b>PUNTEGGIO</b>	<b>1</b>	<b>1</b>
Scabrezza media [R4]	Piana Rugosa	Piana Rugosa
<b>PUNTEGGIO</b>	<b>1</b>	<b>1</b>
Riempimento medio [R4]	Assente	Assente
<b>PUNTEGGIO</b>	<b>6</b>	<b>6</b>
Alterazione media [R4]	Poco alterata	Poco alterata
<b>PUNTEGGIO</b>	<b>5</b>	<b>5</b>
Acqua [R5]	Asciutto	Asciutto
<b>PUNTEGGIO</b>	<b>15</b>	<b>15</b>

**Valore RMR<sub>base</sub> per ciascuna famiglia di discontinuità**

	J1	J2
<b>RMR<sub>base</sub></b>	<b>60</b>	<b>60</b>

**Punteggio RMR<sub>base</sub> medio: 60**

**Punteggio RMR: 48 ROCCIA DISCRETA**



**Parametri di resistenza al taglio (valori di picco)**

$$c = 5 * RMR = 240 \text{ KPa}$$

$$\phi = 0.5 * RMR + 5 = 29^\circ$$



**Caratteristiche di deformabilità (valori di picco)**

$$Ed = 0.05 * RMR = 2,4 \text{ GPa (Stille, 1986)}$$

 <b>Snam</b> Rete Gas	<b>PROGETTISTA</b>  <b>Snamprogetti</b>	UNITÀ <b>000</b>	COMMESSA <b>P66990</b>
	<b>LOCALITÀ</b> Regione Toscana – Emilia Romagna		<b>SPC. LA-E-83023</b>
	<b>PROGETTO</b> Metanodotto Pontremoli - Cortemaggiore		Fg. 58 di 99



**Immagine fotografica dell'affioramento della Stazione 3**

 <b>Snam</b> Rete Gas	PROGETTISTA	 <b>Snamprogetti</b>	UNITÀ 000	COMMESSA P66990
	LOCALITÀ Regione Toscana – Emilia Romagna		SPC. LA-E-83023	
	PROGETTO Metanodotto Pontremoli - Cortemaggiore		Fg. 59 di 99	Rev. 0

### Scheda di rilevamento geomeccanico

#### STAZIONE 4

**Tracciato** Galleria Monte Zucchero

**Data rilevamento** 27/05/2009

**Provincia** Parma

**Coordinate**

**Comune** Bardi

N 44° 33' 570''

**Località** Rio dei Cappelli

E 009° 41' 700''

**Quota (l.m.m.)** 735

**Dimensioni dell'affioramento:** 10 × 12 m

**Versante:** N300E/90 (direz./incl.)



**Litologia:** Flysch di Scabiazza,

Alternanza di arenarie e peliti con banchi competenti di spessore compreso tra i 40 e 5 cm. Strati dritti. Stazione ubicata in corrispondenza di uno strato arenaceo di spessore pari a 6 cm.



**Colore:** banchi arenacei grigio chiari, interstrati pelitici grigio scuri

**Morfologia:** scarpata naturale lungo il fosso del Rio dei Cappelli



N°.	Tipo	Direzione di Imm. (°)	Incl. (°)	Dist.dall'origine (cm)	Pers. (m)	Apertura (mm)	Natura del riempimento	Consistenza del riempimento	Scabrezza	Alt.	Acqua
1	J	75	85	0	0.1	4	nessuno	nessuno	1	1	1
2	J	310	83	8	0.1	4	nessuno	nessuno	1	1	1
3	J	70	84	15	0.1	4	nessuno	nessuno	1	1	1
4	J	20	79	20	0.06	1	nessuno	nessuno	1	1	1
5	J	320	77	21	0.06	3	nessuno	nessuno	1	1	1
6	J	71	81	32	0.06	1	nessuno	nessuno	2	1	1
7	J	360	85	33	0.06	1	nessuno	nessuno	2	2	1
8	J	73	78	55	0.06	6	nessuno	nessuno	2	1	1
9	J	130	86	56	0.06	3	nessuno	nessuno	2	1	1
10	J	325	77	65	0.06	1	nessuno	nessuno	2	1	1
11	J	300	81	70	0.06	1	nessuno	nessuno	2	1	1
12	J	355	76	71	0.07	0.1	nessuno	nessuno	2	1	1
13	J	150	75	72	0.05	1	nessuno	nessuno	1	1	1
14	J	70	80	75	0.07	1	nessuno	nessuno	2	1	1
15	J	50	76	76	0.06	1	nessuno	nessuno	3	1	1
16	J	320	82	80	0.1	2	nessuno	nessuno	1	1	1
17	J	330	84	85	0.1	2	nessuno	nessuno	1	1	1
18	J	30	86	90	0.1	1	nessuno	nessuno	1	1	1
19	J	75	80	100	0.1	2	nessuno	nessuno	2	1	1
20	J	335	81.5	102	0.1	3	nessuno	nessuno	2	1	1
21	J	5	70	109	0.1	3	nessuno	nessuno	2	1	1
22	J	50	82.5	110	0.08	1	nessuno	nessuno	1	1	1
23	J	338	86	112	0.08	3	nessuno	nessuno	2	1	1

 <b>Snam</b> Rete Gas	<b>PROGETTISTA</b>	 <b>Snamprogetti</b>	<b>UNITÀ</b> <b>000</b>	<b>COMMESSA</b> <b>P66990</b>
	<b>LOCALITÀ</b> Regione Toscana – Emilia Romagna		<b>SPC. LA-E-83023</b>	
	<b>PROGETTO</b> Metanodotto Pontremoli - Cortemaggiore		Fg. 60 di 99	<b>Rev.</b> <b>0</b>

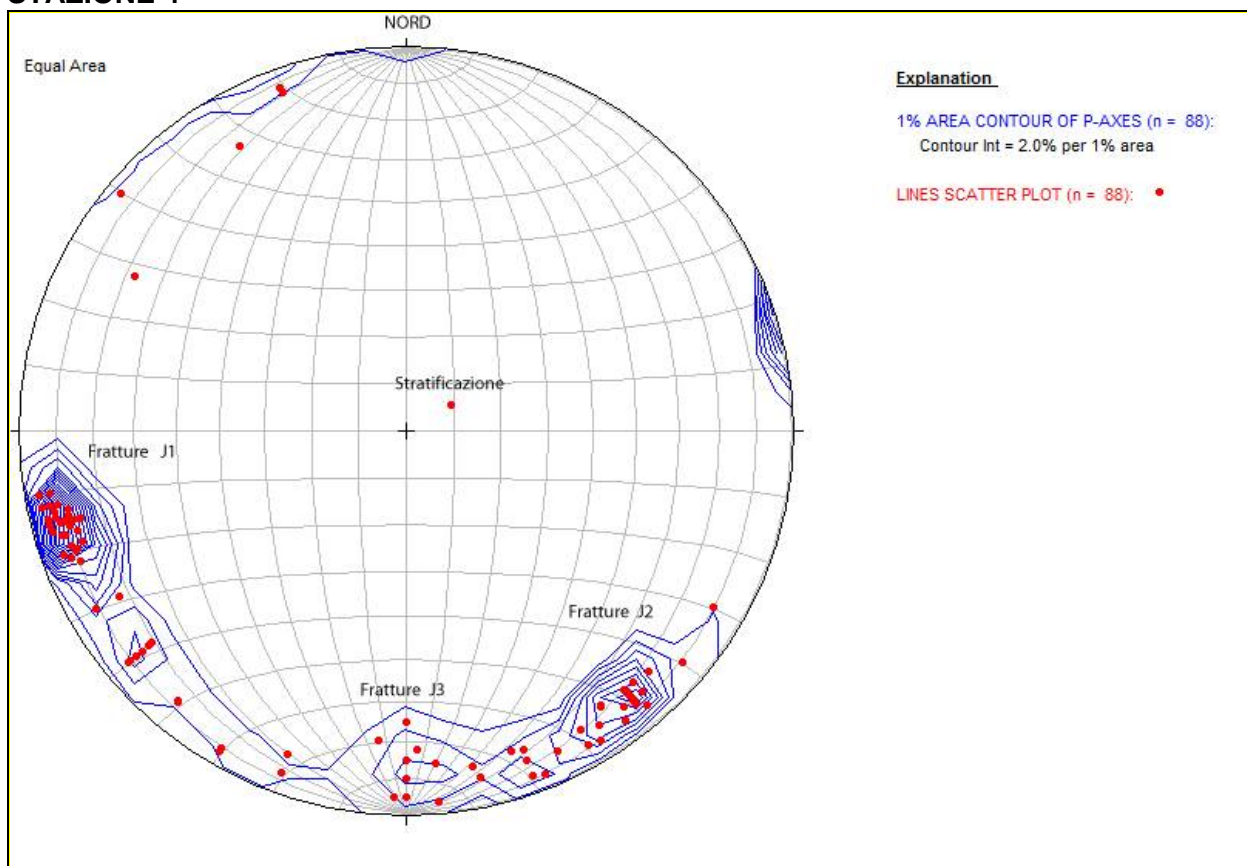
N°.	Tipo	Direzione di Imm. (°)	Incl. (°)	Dist.dall'origine (cm)	Pers. (m)	Apertura (mm)	Natura del riempimento	Consistenza del riempimento	Scabrezza	Alt.	Acqua
24	J	77	79	115	0.1	1	nessuno	nessuno	1	1	1
25	J	60	82	117	0.1	1	nessuno	nessuno	1	1	1
26	J	320	80	120	0.1	4	nessuno	nessuno	1	1	1
27	J	78	84	135	0.1	1	nessuno	nessuno	2	2	1
28	J	315	78	136	0.15	10	nessuno	nessuno	2	1	1
29	J	358	72	150	0.06	0.1	nessuno	nessuno	2	1	1
30	J	75	81	155	0.1	1	nessuno	nessuno	2	1	1
31	J	320	78	156	0.1	1	nessuno	nessuno	1	1	1
32	J	318	77	160	0.15	8	nessuno	nessuno	1	1	1
33	J	80	83	175	0.15	8	nessuno	nessuno	1	1	1
34	J	50	83.5	180	0.1	1	nessuno	nessuno	2	1	1
35	J	120	70	190	0.08	3	nessuno	nessuno	2	1	1
36	J	340	80.5	193	0.15	3	nessuno	nessuno	2	1	1
37	J	320	81.3	203	0.09	1	nessuno	nessuno	1	1	1
38	J	50	78.5	210	0.09	1	nessuno	nessuno	1	1	1
39	J	322	80.5	211	0.09	1	nessuno	nessuno	1	1	1
40	J	20	84.5	215	0.09	1	nessuno	nessuno	1	1	1
41	J	73	81.8	225	0.03	1	nessuno	nessuno	1	1	1
42	J	76	79.5	230	0.09	3	nessuno	nessuno	1	1	1
43	J	348	81.8	231	0.09	6	nessuno	nessuno	1	1	1
44	J	75	85	238	0.09	1	nessuno	nessuno	2	1	1
45	J	160	83.4	243	0.095	5	nessuno	nessuno	2	1	1
46	J	78	81.6	255	0.095	1	nessuno	nessuno	2	1	1
47	G	240	11	265	4	1	nessuno	nessuno	2	1	1
48	J	342	77	270	0.1	8	nessuno	nessuno	2	1	1
49	J	71	77.8	294	0.15	1	nessuno	nessuno	1	2	1
50	J	320	78.6	295	0.22	4	non coesivo	soffice	2	1	1
51	J	73	82.6	305	0.1	2	nessuno	nessuno	2	1	1
52	J	360	75	306	0.11	1	nessuno	nessuno	3	2	1
53	J	325	76.6	325	0.14	1	nessuno	nessuno	2	1	1
54	J	75	82.1	340	0.11	1	nessuno	nessuno	1	1	1
55	J	320	80.9	341	0.21	5	calcite	duro	1	1	1
56	J	75	76.4	345	0.21	1	nessuno	nessuno	2	2	1
57	J	69	82.1	360	0.12	2	nessuno	nessuno	2	2	1
58	J	40	81.3	362	0.07	1	nessuno	nessuno	1	1	1
59	J	60	75	365	0.06	1	nessuno	nessuno	1	1	1
60	J	78	86	370	0.2	1	nessuno	nessuno	1	1	1
61	J	319	84.5	373	0.21	10	non coesivo	soffice	1	1	1

 <b>Snam</b> Rete Gas	<b>PROGETTISTA</b>	 <b>Snamprogetti</b>	<b>UNITÀ</b> <b>000</b>	<b>COMMESSA</b> <b>P66990</b>
	<b>LOCALITÀ</b> Regione Toscana – Emilia Romagna		<b>SPC. LA-E-83023</b>	
	<b>PROGETTO</b> Metanodotto Pontremoli - Cortemaggiore		Fg. 61 di 99	<b>Rev.</b> <b>0</b>

N°.	Tipo	Direzione di Imm. (°)	Incl. (°)	Dist.dall'origine (cm)	Pers. (m)	Apertura (mm)	Natura del riempimento	Consistenza del riempimento	Scabrezza	Alt.	Acqua
62	J	360	65	374	0.15	1	nessuno	nessuno	2	2	1
63	J	77	83	390	0.2	1	nessuno	nessuno	2	1	1
64	J	76	82.8	415	0.1	1	nessuno	nessuno	2	1	1
65	J	323	84	420	0.3	2	non coesivo	soffice	3	2	1
66	J	318	80.4	425	0.11	5	nessuno	nessuno	3	2	1
67	J	349	78.3	430	0.22	2	nessuno	nessuno	1	1	1
68	J	50	75	433	0.1	1	nessuno	nessuno	1	1	1
69	J	74	79.6	438	0.1	1	nessuno	nessuno	1	1	1
70	J	340	77.6	440	0.15	8	non coesivo	soffice	1	2	1
71	J	75	78.6	441	0.15	1	nessuno	nessuno	1	2	1
72	J	330	79.1	458	0.1	1	nessuno	nessuno	1	1	1
73	J	70	79.6	460	0.1	1	nessuno	nessuno	1	1	1
74	J	327	80.7	468	0.1	10	nessuno	nessuno	1	1	1
75	J	360	80	470	0.12	1	nessuno	nessuno	3	2	1
76	J	328	84.6	495	0.1	1	nessuno	nessuno	1	1	1
77	J	74	84.9	500	0.1	1	nessuno	nessuno	1	1	1
78	J	40	81.4	506	0.1	1	nessuno	nessuno	3	2	1
79	J	340	85.4	510	0.25	5	nessuno	nessuno	3	2	1
80	J	30	85.1	512	0.25	10	calcite	duro	2	2	1
81	J	75	76.9	530	0.1	1	nessuno	nessuno	2	1	1
82	J	50	80.6	532	0.05	1	nessuno	nessuno	2	1	1
83	J	160	84.9	545	0.1	2	non coesivo	soffice	1	1	1
84	J	76	85	546	0.1	1	nessuno	nessuno	2	1	1
85	J	355	87	555	0.1	1	nessuno	nessuno	1	1	1
86	J	80	86.2	572	0.1	1	nessuno	nessuno	1	1	1
87	J	2	85.2	580	0.1	4	nessuno	nessuno	3	2	1
88	J	68	80	590	0.1	1	non coesivo	soffice	2	1	1

 <b>Snam</b> Rete Gas	<b>PROGETTISTA</b>  <b>Snamprogetti</b>	<b>UNITÀ</b> <b>000</b>	<b>COMMESSA</b> <b>P66990</b>
	<b>LOCALITÀ</b> Regione Toscana – Emilia Romagna		<b>SPC. LA-E-83023</b>
	<b>PROGETTO</b> Metanodotto Pontremoli - Cortemaggiore		Fg. 62 di 99

## STAZIONE 4





Rappresentazione stereografica delle aree di isofrequenza dei poli dei piani di discontinuità presenti nella Stazione 4 (reticolo di Schmidt, emisfero inferiore).

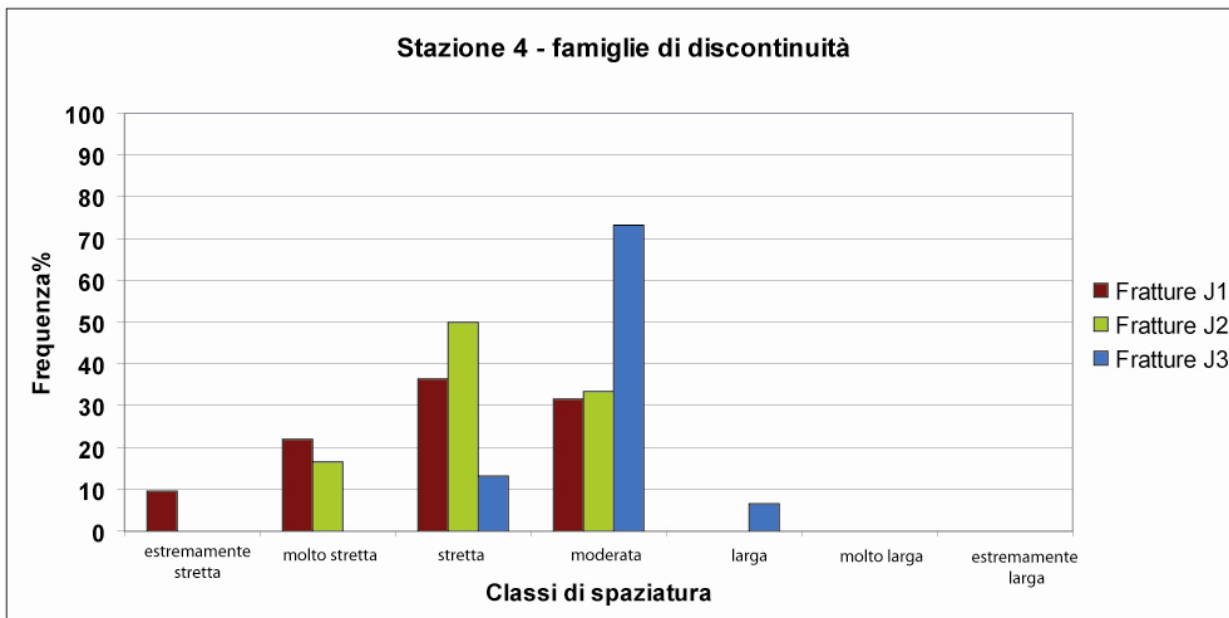
### Caratteristiche principali delle famiglie di discontinuità riscontrate nella stazione 4

Tipo	Direzione d'immersione (°)	Inclinazione (°)	Persistenza (m)	Apertura (mm)	Natura del riempimento	Consistenza del riempimento	Scabrezza	Alterazione	Acqua
<b>Stratificazione</b>	241,3	11,5	4	-	Nessuno	Nessuno	-	-	1
<b>Fratture J1</b>	73,6	82,7	0,10	1,6	Nessuno	Nessuno	1,6	1,2	1
<b>Fratture J2</b>	319,5	79,6	0,12	3,8	Nessuno	Nessuno	1,5	1,1	1
<b>Fratture J3</b>	352,2	78	0,11	2,5	Nessuno	Nessuno	2,1	1,5	1

### Spaziatura delle famiglie di discontinuità riscontrate nella stazione 4

Tipo	Numero dati	Media (cm)	Moda (cm)	Minimo (cm)	Massimo (cm)	Deviat. Stand. (cm)
<b>Fratture J1</b>	41	10	3,4	0,68	27,4	6,9
<b>Fratture J2</b>	24	19,6	4,6	3,7	77,9	17,5
<b>Fratture J3</b>	15	40,3	-	6,8	52,3	7,6




 <b>Snam</b> Rete Gas	<b>PROGETTISTA</b>  <b>Snamprogetti</b>	<b>UNITÀ</b> <b>000</b>	<b>COMMESSA</b> <b>P66990</b>
	<b>LOCALITÀ</b> Regione Toscana – Emilia Romagna		<b>SPC. LA-E-83023</b>
	<b>PROGETTO</b> Metanodotto Pontremoli - Cortemaggiore		Fg. 63 di 99



**Frequenza della spaziatura delle diverse famiglie di discontinuità rilevate nella Stazione 4**

**Valori R delle prove sclerometriche  
(PROCEQ Schmidt test hammer typEL)**

Fratture J1 (alpha 10°)	Fratture J2 (alpha 4°)	Fratture J3 (alpha 7°)	Host rock arenaceo	Host rock pelitico
60	57	38	40	-
58	62	46	48	-
60	56	40	44	-
65	61	56	50	-
59	56	60	60	-
58	63	62	58	-
59	60	65	56	-
60	59	58	58	-
56	59	59	57	-
58	66	54		
57	62	54		
63	61	62		
58	67	61		
62	65	53		
57	66	52		
62	66	55		

 	PROGETTISTA	 <b>Snamprogetti</b>	UNITÀ <b>000</b>	COMMESSA <b>P66990</b>
	LOCALITÀ Regione Toscana – Emilia Romagna		<b>SPC. LA-E-83023</b>	
	PROGETTO Metanodotto Pontremoli - Cortemaggiore		Fg. 64 di 99	Rev. <b>0</b>

Valori R delle prove sclerometriche (PROCEQ Schmidt test hammer typeL)				
Fratture J1 (alpha 10°)	Fratture J2 (alpha 4°)	Fratture J3 (alpha 7°)	Host rock arenaceo	Host rock pelitico
60	65	54		
62	64	55		
61	65	55		
62	67	55		

$J_v = 50$  giunti/m<sup>3</sup>

Tenacità = R4 roccia resistente (strati arenacei) e R1 roccia molto debole (strati pelitici)

GSI = 55-65




#### ROCK MASS RATING (RMR) DI BIENIAWSKI

Calcolo dei punteggi RMR per ciascuna famiglia di discontinuità			
	J1	J2	J3
Resistenza alla compress. monoass. (MPa) [R1]	86	92	79
<b>PUNTEGGIO</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>8</b>
RQD (%) [R2]	75.3	70	89
<b>PUNTEGGIO</b>	<b>15</b>	<b>14</b>	<b>17</b>
Spaziatura media (m) [R3]	0.1	0.2	0.40
<b>PUNTEGGIO</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>10</b>
Persistenza media (m) [R4]	0.1	0.12	0.1
<b>PUNTEGGIO</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>6</b>
Apertura media (mm) [R4]	1.6	3.8	2.5
<b>PUNTEGGIO</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>
Scabrezza media [R4]	Piana Rugosa	Piana Rugosa	Piana Rugosa
<b>PUNTEGGIO</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>
Riempimento medio [R4]	nessuno	nessuno	nessuno
<b>PUNTEGGIO</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>6</b>
Alterazione media [R4]	Poco alterata	Poco alterata	Poco alterata
<b>PUNTEGGIO</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>6</b>
Acqua [R5]	asciutto	asciutto	asciutto
<b>PUNTEGGIO</b>	<b>15</b>	<b>15</b>	<b>15</b>

#### Valore RMR<sub>base</sub> per ciascuna famiglia di discontinuità

	J1	J2	J3
<b>RMR<sub>base</sub></b>	<b>65</b>	<b>66</b>	<b>70</b>



 	PROGETTISTA	 <b>Snamprogetti</b>	UNITÀ <b>000</b>	COMMESSA <b>P66990</b>
	LOCALITÀ	Regione Toscana – Emilia Romagna		<b>SPC. LA-E-83023</b>
	PROGETTO	Metanodotto Pontremoli - Cortemaggiore		Fg. 65 di 99

Punteggio RMR<sub>base</sub> medio: 67  
Punteggio RMR: 55 ROCCIA DISCRETA

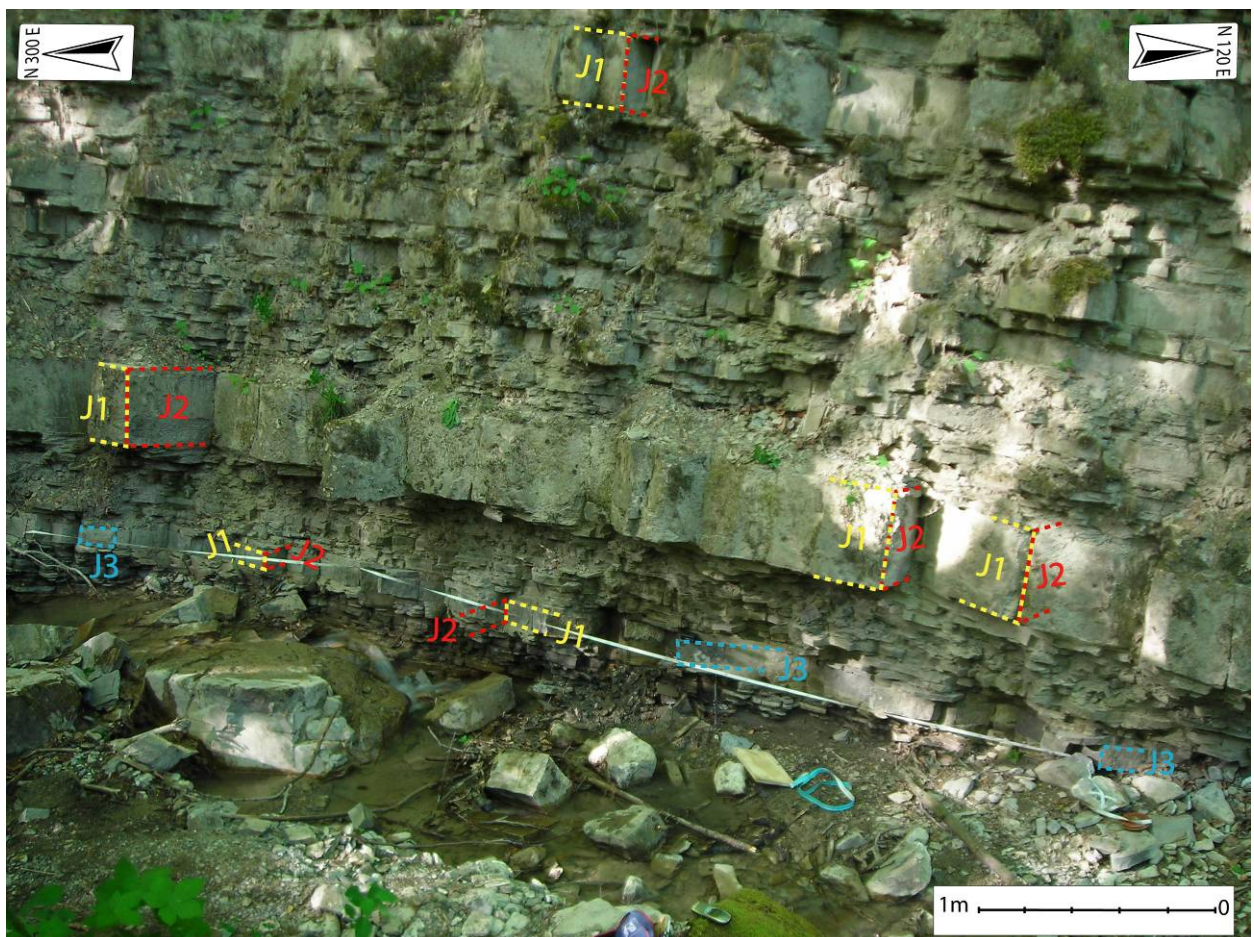
**Parametri di resistenza al taglio (valori di picco)**

$$c = 5 * RMR = 275 \text{ KPa}$$




$$\phi = 0.5 * RMR + 5 = 32.5^\circ$$

**Caratteristiche di deformabilità (valori di picco)**

$$Ed = 2 * RMR - 100 = 10 \text{ GPa}$$



**Immagine fotografica dell'affioramento della Stazione 4**

 	PROGETTISTA	 <b>Snamprogetti</b>	UNITÀ 000	COMMESSA P66990
	LOCALITÀ	Regione Toscana – Emilia Romagna		<b>SPC. LA-E-83023</b>
	PROGETTO	Metanodotto Pontremoli - Cortemaggiore		Fg. 66 di 99

### Scheda di rilevamento geomeccanico

#### STAZIONE 5

**Tracciato** Galleria Monte Zuccherò

**Data rilevamento** 28/05/2009

**Provincia** Parma

**Coordinate**

**Comune** Compiano

N 44° 31' 426"

**Località** Sambuceto

E 009° 39' 824"

**Quota (l.m.m.)** 835

**Dimensioni dell'affioramento:** (LxH) 10 × 4 m

**Versante:** 260/80 (direz./incl.)



Stazione ubicata in corrispondenza di un affioramento di argillite scagliosa.

**Litologia:** Argille a palombini di Monte Rizzone. Argillite scagliosa con stratificazione laminata di spessore millimetrico centimetrico. Strati dritti.



**Colore:** grigio scuro

**Morfologia:** scarpata stradale



N°.	Tipo	Direzione di Imm (°)	Incl. (°)	Dist.dall'origine (cm)	Pers. (m)	Apertura (mm)	Natura del riempimento	Consistenza del riempimento	Scabrezza	Alt.	Acqua
1	J	65	70	1	0.038	0.1	nessuno	nessuno	-	-	1
2	G	130	50	3	0.016	0.1	nessuno	nessuno	-	-	1
3	G	132	50	4.5	0.08	0.1	nessuno	nessuno	-	-	1
4	J	59	65	5	0.053	0.1	nessuno	nessuno	-	-	1
5	J	275	45	5.3	0.04	0.1	nessuno	nessuno	-	-	1
6	J	232	66	5.5	0.066	0.1	nessuno	nessuno	3	2	1
7	J	67	70	7.5	0.029	0.1	nessuno	nessuno	-	-	1
8	J	66	69	8.5	0.029	0.1	nessuno	nessuno	-	-	1
9	J	230	70	9.5	0.145	0.1	nessuno	nessuno	-	-	1
10	J	235	68	10	0.02	0.1	nessuno	nessuno	-	-	1
11	G	132	52	11	0.076	0.1	nessuno	nessuno	-	-	1
12	J	300	26	11.5	0.805	0.1	nessuno	nessuno	-	-	1
13	J	229	65	11.5	0.077	0.1	nessuno	nessuno	-	-	1
14	J	68	68	12.5	0.076	0.1	nessuno	nessuno	-	-	1
15	J	280	55	12.6	0.023	0.1	nessuno	nessuno	-	-	1
16	G	130	50	13	0.018	0.1	nessuno	nessuno	3	3	1
17	J	233	66	14	0.031	0.1	nessuno	nessuno	-	-	1
18	G	129	54	14.3	0.02	0.1	nessuno	nessuno	-	-	1
19	J	234	68	16	0.038	0.1	nessuno	nessuno	-	-	1
20	J	234	68	16.2	0.038	0.1	nessuno	nessuno	-	-	1
21	J	234	68	16.9	0.007	0.1	nessuno	nessuno	-	-	1
22	G	135	48	17	0.019	0.1	nessuno	nessuno	-	-	1

 <b>Snam</b> Rete Gas	PROGETTISTA	 <b>Snamprogetti</b>	UNITÀ 000	COMMESSA P66990
	LOCALITÀ Regione Toscana – Emilia Romagna		SPC. LA-E-83023	
	PROGETTO Metanodotto Pontremoli - Cortemaggiore		Fg. 67 di 99	Rev. 0



N°.	Tipo	Direzione di Imm (°)	Incl. (°)	Dist.dall'origine (cm)	Pers. (m)	Apertura (mm)	Natura del riempimento	Consistenza del riempimento	Scabrezza	Alt.	Acqua
23	J	65	65	19	0.203	0.1	nessuno	nessuno	-	-	1
24	J	360	40	19.3	0.1	0.1	nessuno	nessuno	-	-	1
25	J	63	69	19.5	0.062	0.1	nessuno	nessuno	-	-	1
26	J	237	65	22	0.052	0.1	nessuno	nessuno	-	-	1
27	G	135	50	22.5	0.407	0.1	nessuno	nessuno	-	-	1
28	J	303	26	22.6	0.431	0.1	nessuno	nessuno	2	3	1
29	J	232	63	24.8	0.027	0.1	nessuno	nessuno	-	-	1
30	J	67	65	24.9	0.05	0.1	nessuno	nessuno	-	-	1
31	G	127	52	25	0.05	0.1	nessuno	nessuno	-	-	1
32	J2	68	64	26	0.025	0.1	nessuno	nessuno	-	-	1
33	J	232	68	27	0.038	0.1	nessuno	nessuno	-	-	1
34	J	350	57	27.2	0.042	0.1	nessuno	nessuno	-	-	1
35	J	232	66	28.5	0.052	0.1	nessuno	nessuno	-	-	1
36	G	129	55	28.8	0.014	0.1	nessuno	nessuno	-	-	1
37	J	234	70	29	0.049	0.1	nessuno	nessuno	-	-	1
38	J	69	70	29.3	0.064	0.1	nessuno	nessuno	-	-	1
39	J	60	60	31	0.059	0.1	nessuno	nessuno	-	-	1
40	J	59	65	32	0.02	0.1	nessuno	nessuno	-	-	1
41	G	136	53	32.1	0.053	0.1	nessuno	nessuno	-	-	1
42	J	58	68	33	0.04	0.1	nessuno	nessuno	-	-	1
43	J	236	67	34	0.01	0.1	nessuno	nessuno	-	-	1
44	J	20	70	34.1	0.01	0.1	nessuno	nessuno	-	-	1
45	G	129	52	34.2	0.027	0.1	nessuno	nessuno	-	-	1
46	J	297	28	32.4	0.1	0.1	nessuno	nessuno	3	2	1
47	J	61	66	34.5	0.021	0.1	nessuno	nessuno	-	-	1
48	J	62	66	35.5	0.122	0.1	nessuno	nessuno	2	3	1
49	J	233	65	36.4	0.065	0.1	nessuno	nessuno	-	-	1
50	G	131	51	36.5	0.071	0.1	nessuno	nessuno	-	-	1
51	J	67	65	38	0.077	0.1	nessuno	nessuno	-	-	1
52	J	35	80	38.6	0.06	0.1	nessuno	nessuno	-	-	1
53	J	240	70	39	0.08	0.1	nessuno	nessuno	-	-	1
54	J	63	70	40.1	0.082	0.1	nessuno	nessuno	-	-	1
55	J	239	68	42	0.127	0.1	nessuno	nessuno	-	-	1
56	G	133	56	42.5	0.098	0.1	nessuno	nessuno	-	-	1
57	J	70	70	43	0.065	0.1	nessuno	nessuno	-	-	1
58	G	138	55	43.2	0.015	0.1	nessuno	nessuno	-	-	1
59	J	67	71	47	0.073	0.1	nessuno	nessuno	-	-	1

 <b>Snam</b> Rete Gas	<b>PROGETTISTA</b>	 <b>Snamprogetti</b>	<b>UNITÀ</b> <b>000</b>	<b>COMMESSA</b> <b>P66990</b>
	<b>LOCALITÀ</b> Regione Toscana – Emilia Romagna		<b>SPC. LA-E-83023</b>	
	<b>PROGETTO</b> Metanodotto Pontremoli - Cortemaggiore		Fg. 68 di 99	<b>Rev.</b> <b>0</b>

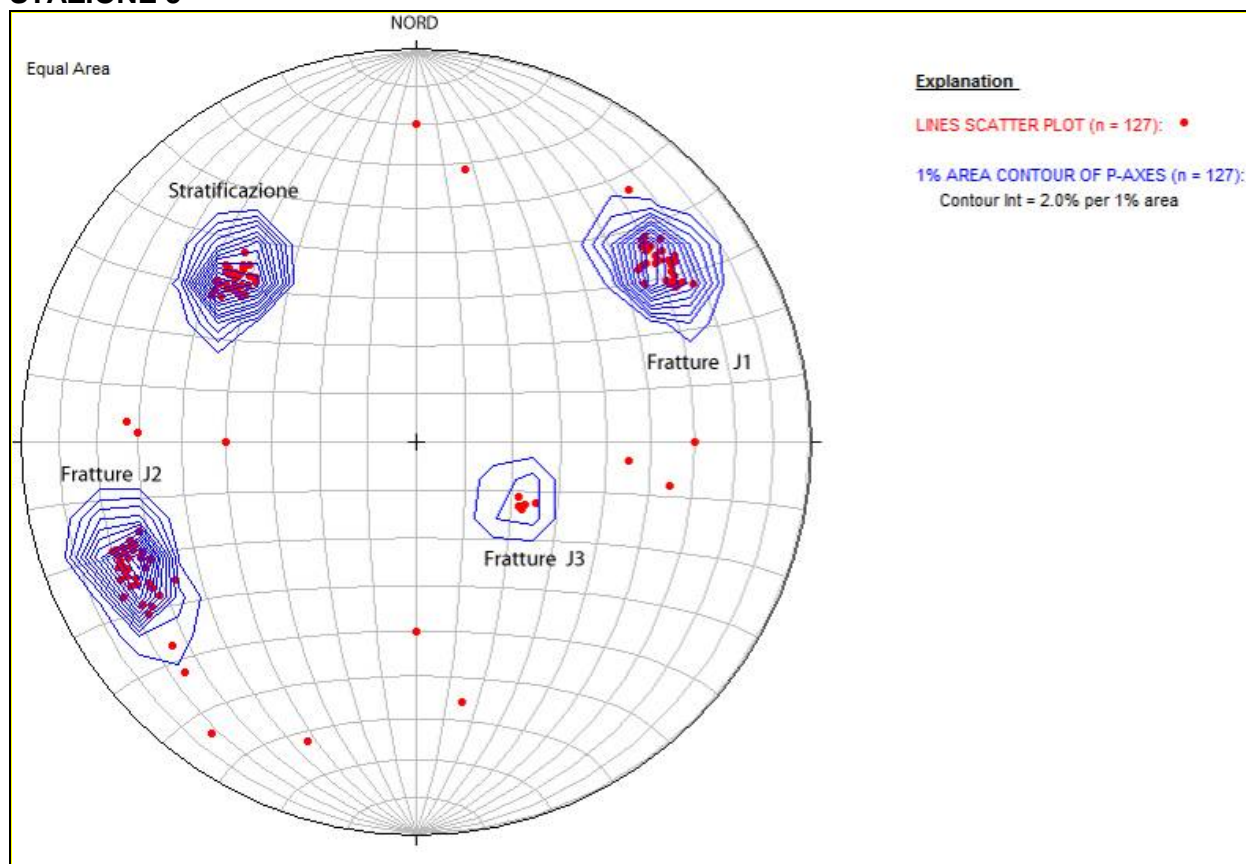
N°.	Tipo	Direzione di Imm (°)	Incl. (°)	Dist.dall'origine (cm)	Pers. (m)	Apertura (mm)	Natura del riempimento	Consistenza del riempimento	Scabrezza	Alt.	Acqua
60	J	90	40	47.5	0.055	0.1	nessuno	nessuno	-	-	1
61	G	130	53	48	0.044	0.1	nessuno	nessuno	-	-	1
62	J	72	63	48.8	0.065	0.1	nessuno	nessuno	-	-	1
63	G	127	54	49	0.008	0.1	nessuno	nessuno	-	-	1
64	G	130	49	50	0.036	0.1	nessuno	nessuno	-	-	1
65	J	59	70	51	0.023	0.1	nessuno	nessuno	-	-	1
66	J	237	67	51.1	0.123	0.1	nessuno	nessuno	2	3	1
67	J	65	72	52	0.054	0.1	nessuno	nessuno	-	-	1
68	J	298	24	52.4	0.345	0.1	nessuno	nessuno	-	-	1
69	G	135	48	52.5	0.025	0.1	nessuno	nessuno	-	-	1
70	J	92	60	52.6	0.06	0.1	nessuno	nessuno	-	-	1
71	J	66	70	52.8	0.056	0.1	nessuno	nessuno	-	-	1
72	G	137	52	53	0.023	0.1	nessuno	nessuno	-	-	1
73	G	135	52	54.5	0.015	0.1	nessuno	nessuno	-	-	1
74	J	232	62	55	0.022	0.1	nessuno	nessuno	-	-	1
75	J	232	61	55.8	0.023	0.1	nessuno	nessuno	-	-	1
76	G	126	54	56	0.017	0.1	nessuno	nessuno	-	-	1
77	G	132	54	57.2	0.007	0.1	nessuno	nessuno	-	-	1
78	J	235	69	57.3	0.096	0.1	nessuno	nessuno	-	-	1
79	J	45	72	57.5	0.12	0.1	nessuno	nessuno	-	-	1
80	G	131	48	57.6	0.033	0.1	nessuno	nessuno	-	-	1
81	J	66	63	59	0.036	0.1	nessuno	nessuno	-	-	1
82	G	133	55	61	0.018	0.1	nessuno	nessuno	-	-	1
83	J	228	66	61.2	0.019	0.1	nessuno	nessuno	-	-	1
84	J	70	70	62	0.032	0.1	nessuno	nessuno	-	-	1
85	J	70	71	62.5	0.031	0.1	nessuno	nessuno	-	-	1
86	J	235	60	63.8	0.017	0.1	nessuno	nessuno	-	-	1
87	J	64	68	64	0.04	0.1	nessuno	nessuno	-	-	1
88	G	136	53	64.5	0.011	0.1	nessuno	nessuno	-	-	1
89	J	228	67	65.2	0.009	0.1	nessuno	nessuno	-	-	1
90	J	57	70	65.4	0.062	0.1	nessuno	nessuno	-	-	1
91	J	238	66	66.1	0.015	0.1	nessuno	nessuno	-	-	1
92	J	270	60	66.3	0.015	0.1	nessuno	nessuno	-	-	1
93	G	133	53	66.4	0.015	0.1	nessuno	nessuno	-	-	1
94	J	71	66	66.5	0.015	0.1	nessuno	nessuno	-	-	1
95	J	232	61	67.2	0.013	0.1	nessuno	nessuno	3	2	1
96	J	65	72	68.5	0.066	0.1	nessuno	nessuno	-	-	1

 <b>Snam</b> Rete Gas	PROGETTISTA	 <b>Snamprogetti</b>	UNITÀ 000	COMMESSA P66990
	LOCALITÀ Regione Toscana – Emilia Romagna		SPC. LA-E-83023	
	PROGETTO Metanodotto Pontremoli - Cortemaggiore		Fg. 69 di 99	Rev. 0

N°.	Tipo	Direzione di Imm (°)	Incl. (°)	Dist.dall'origine (cm)	Pers. (m)	Apertura (mm)	Natura del riempimento	Consistenza del riempimento	Scabrezza	Alt.	Acqua
97	J	69	66	69.1	0.024	0.1	nessuno	nessuno	-	-	1
98	G	135	50	69.5	0.02	0.1	nessuno	nessuno	-	-	1
99	J	302	25	70.5	0.26	0.1	nessuno	nessuno	-	-	1
100	J	90	63	70.8	0.05	0.1	nessuno	nessuno	-	-	1
101	J	62	73	71.5	0.047	0.1	nessuno	nessuno	-	-	1
102	G	136	49	73.3	0.007	0.1	nessuno	nessuno	-	-	1
103	G	133	52	74	0.004	0.1	nessuno	nessuno	-	-	1
104	J	230	65	75	0.038	0.1	nessuno	nessuno	-	-	1
105	G	132	55	76	0.01	0.1	nessuno	nessuno	-	-	1
106	J	239	66	76.1	0.036	0.1	nessuno	nessuno	-	-	1
107	J	68	70	76.5	0.1	0.1	nessuno	nessuno	-	-	1
108	J	68	70	77.2	0.023	0.1	nessuno	nessuno	-	-	1
109	G	133	52	77.4	0.008	0.1	nessuno	nessuno	-	-	1
110	G	130	51	79	0.053	0.1	nessuno	nessuno	-	-	1
111	J	50	70	80	0.08	0.1	nessuno	nessuno	-	-	1
112	J	70	65	80.5	0.025	0.1	nessuno	nessuno	-	-	1
113	G	134	52	81.2	0.035	0.1	nessuno	nessuno	-	-	1
114	J	238	65	84.4	0.075	0.1	nessuno	nessuno	-	-	1
115	G	133	49	84.6	0.01	0.1	nessuno	nessuno	2	2	1
116	J	70	66	87	0.03	0.1	nessuno	nessuno	-	-	1
117	J	68	68	88.5	0.025	0.1	nessuno	nessuno	-	-	1
118	J	69	68	89	0.025	0.1	nessuno	nessuno	-	-	1
119	J	70	68	90.5	0.025	0.1	nessuno	nessuno	-	-	1
120	J	300	26	94.2	0.3	0.1	nessuno	nessuno	-	-	1
121	J	230	67	96	0.074	0.1	nessuno	nessuno	-	-	1
122	J	230	66	96.5	0.075	0.1	nessuno	nessuno	-	-	1
123	J	65	70	97	0.029	0.1	nessuno	nessuno	-	-	1
124	J	229	66	101	0.095	0.1	nessuno	nessuno	2	3	1

	PROGETTISTA	 <b>Snamprogetti</b>	UNITÀ 000	COMMESSA P66990
	LOCALITÀ	Regione Toscana – Emilia Romagna		<b>SPC. LA-E-83023</b>
	PROGETTO	Metanodotto Pontremoli - Cortemaggiore		Fg. 70 di 99

## STAZIONE 5





Rappresentazione stereografica delle aree di isofrequenza dei poli dei piani di discontinuità presenti nella Stazione 5 (reticolo di Schmidt, emisfero inferiore).

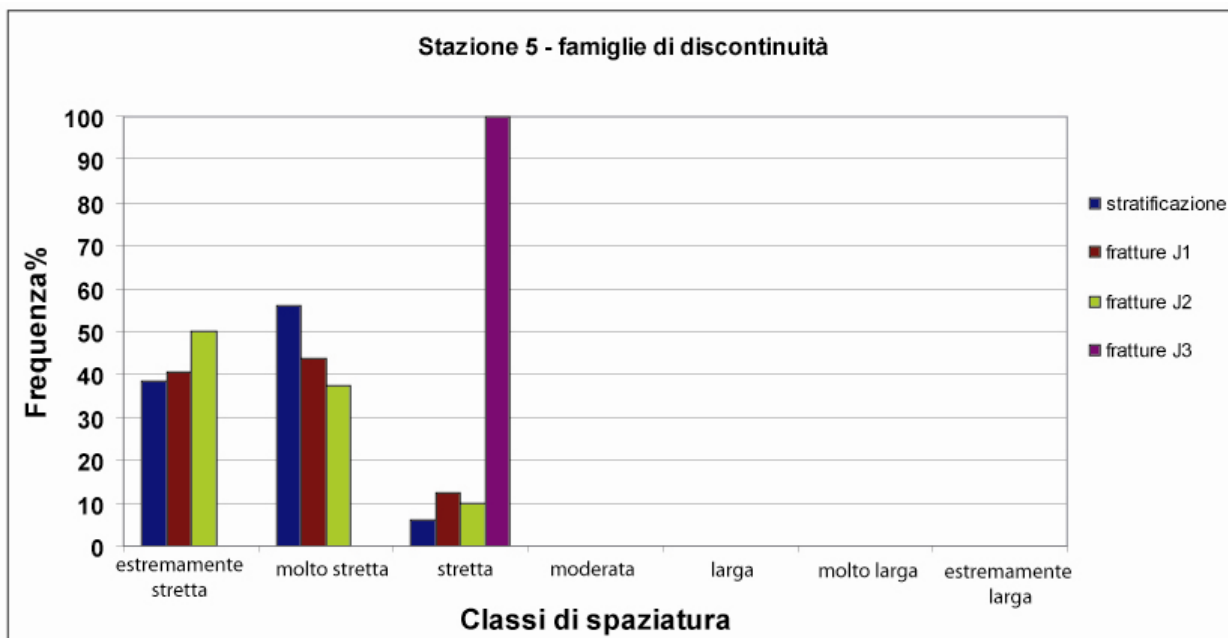
### Caratteristiche principali delle famiglie di discontinuità riscontrate nella stazione 5

Tipo	Direzione d'immersione (°)	Inclinazione (°)	Persistenza (m)	Apertura (mm)	Natura del riempimento	Consistenza del riempimento	Scabrezza	Alterazione	Acqua
Stratificazione	128,9	51,4	0,04	0,1	Nessuno	Nessuno	2,5	2,6	1
Fratture J1	232,4	66,3	0,056	0,1	Nessuno	Nessuno	2,5	2,6	1
Fratture J2	67	65,9	0,05	0,1	Nessuno	Nessuno	2,3	2,5	1
Fratture J3	300,6	25	0,37	0,1	Nessuno	Nessuno	2,5	2,3	1

### Spaziatura delle famiglie di discontinuità riscontrate nella stazione 5

Tipo	Numero dati	Media (cm)	Moda (cm)	Minimo (cm)	Massimo (cm)	Deviat. Stand. (cm)
Stratificazione	34	1,36	0,8	0,3	3,5	0,8
Fratture J1	32	2,5	0,4	0,16	9,4	2,3
Fratture J2	40	2,2	0,9	0,4	5,8	1,6
Fratture J3	6	13,8	12	10	18	3,5

 <b>Snam</b> Rete Gas	PROGETTISTA	 <b>Snamprogetti</b>	UNITÀ 000	COMMESSA P66990
	LOCALITÀ Regione Toscana – Emilia Romagna		SPC. LA-E-83023	
	PROGETTO Metanodotto Pontremoli - Cortemaggiore		Fg. 71 di 99	Rev. 0






**Frequenza della spaziatura delle diverse famiglie di discontinuità rilevate nella Stazione 5**

Valori R delle prove sclerometriche (PROCEQ Schmidt test hammer type L)				
Stratificazione (alpha 35°)	Fratture J1 (alpha 23.7°)	Fratture J2 (alpha 24.1°)	Fratture J3 (alpha 65°)	Host rock argillitico
15	-	-	-	-
19	-	-	-	-
10	-	-	-	-
14	-	-	-	-
10	-	-	-	-
12	-	-	-	-
21	-	-	-	-
17	-	-	-	-
21	-	-	-	-
18	-	-	-	-

**Jv = 151 giunti/m<sup>3</sup>**

**Tenacità = R1 roccia molto debole**

**GSI = 20-30**

 	PROGETTISTA	 <b>Snamprogetti</b>	UNITÀ <b>000</b>	COMMESSA <b>P66990</b>
	LOCALITÀ Regione Toscana – Emilia Romagna		<b>SPC. LA-E-83023</b>	
	PROGETTO Metanodotto Pontremoli - Cortemaggiore		Fg. 72 di 99	Rev. <b>0</b>

### ROCK MASS RATING (RMR) DI BIENIAWSKI

Calcolo dei punteggi RMR per ciascuna famiglia di discontinuità				
	Stratificazione	Fratture J1	Fratture J2	Fratture J3
Resistenza alla compress. monoass.(MPa) [R1]	15	<10	<10	<10
<b>PUNTEGGIO</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
RQD (%) [R2]	0	0	0	82
<b>PUNTEGGIO</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>16</b>
Spaziatura media (m) [R3]	0,0136	0,025	0,022	0,138
<b>PUNTEGGIO</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>7</b>
Persistenza media (m) [R4]	0,04	0,056	0,05	0,37
<b>PUNTEGGIO</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>6</b>
Apertura media (mm) [R4]	0,1	0,1	0,1	0,1
<b>PUNTEGGIO</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>4</b>
Scabrezza media [R4]	Piana Rugosa	Piana Rugosa	Piana Rugosa	Piana Rugosa
<b>PUNTEGGIO</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>
Riempimento medio [R4]	Nessuno	Nessuno	Nessuno	Nessuno
<b>PUNTEGGIO</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>6</b>
Alterazione media [R4]	Abbastanza Alterata	Abbastanza Alterata	Abbastanza Alterata	Abbastanza Alterata
<b>PUNTEGGIO</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>
Acqua [R5]	Asciutto	Asciutto	Asciutto	Asciutto
<b>PUNTEGGIO</b>	<b>15</b>	<b>15</b>	<b>15</b>	<b>15</b>

### Valore $RMR_{base}$ per ciascuna famiglia di discontinuità

	Stratificazione	Fratture J1	Fratture J2	Fratture J3
<b><math>RMR_{base}</math></b>	<b>43</b>	<b>41</b>	<b>41</b>	<b>58</b>

**Punteggio  $RMR_{base}$  medio: 45,7**

**Punteggio RMR: 40,7 ROCCIA DISCRETA**

### Parametri di resistenza al taglio (valori di picco)



$$c = 5 * RMR = 203,5 \text{ KPa}$$

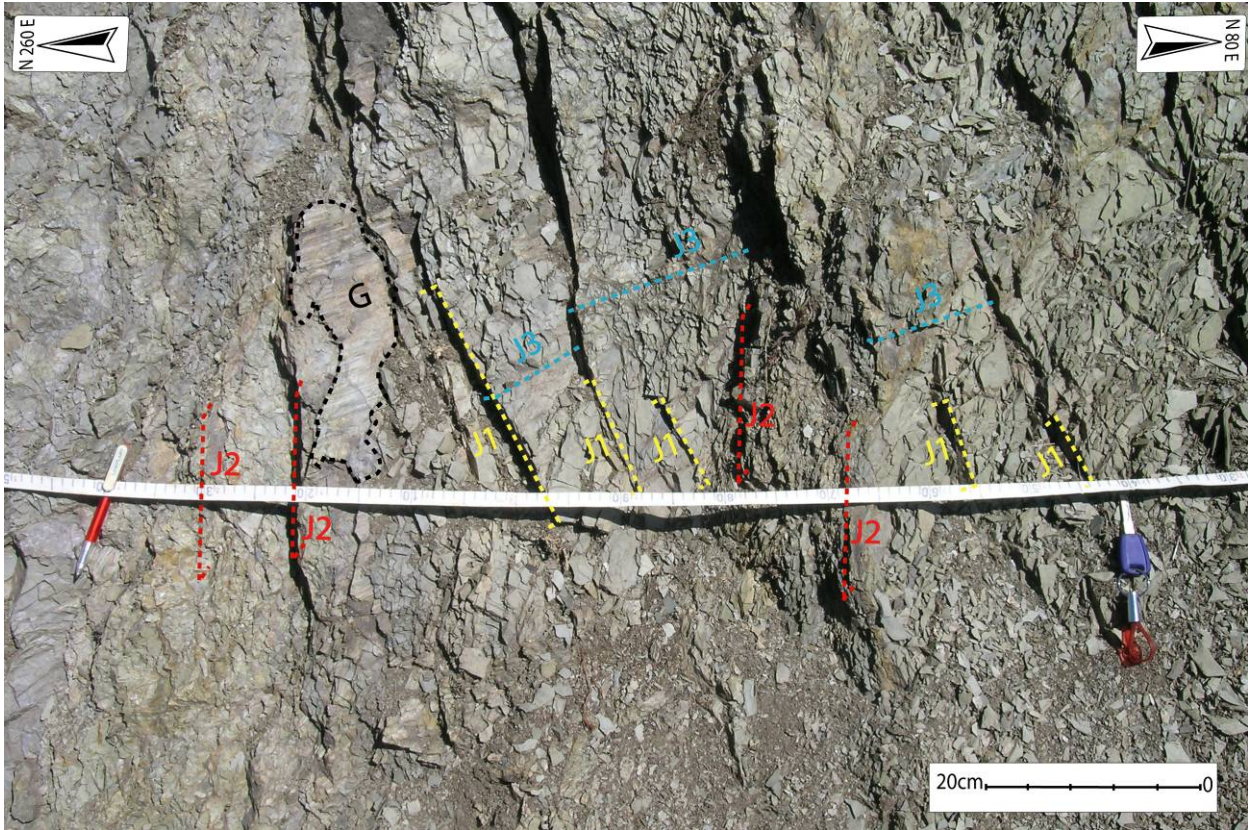
$$\phi = 0.5 * RMR + 5 = 25,3^\circ$$

### Caratteristiche di deformabilità (valori di picco)



$$Ed = 0.05 * RMR = 2,03 \text{ GPa (Stille, 1986)}$$



 <b>Snam</b> Rete Gas	<b>PROGETTISTA</b>  <b>Snamprogetti</b>	<b>UNITÀ</b> <b>000</b>	<b>COMMESSA</b> <b>P66990</b>
	<b>LOCALITÀ</b> Regione Toscana – Emilia Romagna		<b>SPC. LA-E-83023</b>
	<b>PROGETTO</b> Metanodotto Pontremoli - Cortemaggiore		Fg. 73 di 99





**Immagine fotografica dell'affioramento della Stazione 5**

	<b>PROGETTISTA</b>	 <b>Snamprogetti</b>	<b>UNITÀ</b> <b>000</b>	<b>COMMESSA</b> <b>P66990</b>
	<b>LOCALITÀ</b> Regione Toscana – Emilia Romagna		<b>SPC. LA-E-83023</b>	
	<b>PROGETTO</b> Metanodotto Pontremoli - Cortemaggiore		Fg. 74 di 99	<b>Rev.</b> <b>0</b>

## APPENDICE 2

### SCHEDE DI RILEVAMENTO PER CARATTERIZZAZIONE DELLA PERMEABILITA' STRUTTURALE EQUIVALENTE DELL'AMMASSO ROCCIOSO DI M. ZUCCHERO

 <b>Snam</b> Rete Gas	PROGETTISTA	 <b>Snamprogetti</b>	UNITÀ 000	COMMESSA P66990
	LOCALITÀ Regione Toscana – Emilia Romagna		SPC. LA-E-83023	
	PROGETTO Metanodotto Pontremoli - Cortemaggiore		Fg. 75 di 99	Rev. 0

### Scheda di rilevamento strutturale

#### STAZIONE 1

Tracciato

Data rilevamento 24/05/2009

Provincia Parma

Coordinate

Coordinate Gauss-Boaga

Comune Borgo Val di Taro

N 044° 32' 164"

X (2099100)

Località Rio dei Burroni

E 009° 42' 158"

Y (4945181)

Quota (m s.l.m.) 570

Dimensioni dell'affioramento: 6 x 3,5 m

Versante: N4E/90 (direz./incl.)

Litologia: Flysch di Scabiazza,

Alternanza di arenarie e peliti con banchi di spessore decimetrico. Strati dritti ripiegati.

Colore: banchi arenacei grigio chiari, interstrati pelitici grigio scuri



Morfologia: scarpata natural lungo il fosso del Rio dei Burroni

#### Caratteristiche principali delle famiglie di discontinuità riscontrate nella stazione 1

Tipo	Direzione d'immersione	Inclinazione	Persistenza	Apertura	Natura del riempimento	Consistenza del riempimento	Scabrezza	Alterazione	Acqua
	(°)	(°)	(m)	(mm)					
Stratificazione	102,6	25,1	0,30	0,3	Nessuno	nessuno	1,6	1,4	1
Fratture J1	170,7	52,0	0,02	0,7	Nessuno	nessuno	1,9	1,6	1
Fratture J2	345,2	80,1	0,14	1,5	Nessuno	nessuno	1,6	1,6	1
Fratture J3	206,3	81,1	0,29	0,5	Nessuno	nessuno	1,4	1,8	1
Fratture J4	301,8	81,9	0,17	1,2	Nessuno	nessuno	1,4	1,4	1






Distribuzione spaziale delle direzioni di immersione degli strati, rilevate presso la stazione geostrutturale n. 1 posizionata all'imbocco Nord della galleria di Monte Zucchero. Si nota che prevale una direzione di immersione verso i quadranti orientali (con un angolo medio di inclinazione di 25°)

	PROGETTISTA	 <b>Snamprogetti</b>	UNITÀ <b>000</b>	COMMESSA <b>P66990</b>
	LOCALITÀ	Regione Toscana – Emilia Romagna		<b>SPC. LA-E-83023</b>
	PROGETTO	Metanodotto Pontremoli - Cortemaggiore		Fg. 76 di 99



Distribuzione spaziale delle immersioni delle varie famiglie di fratture riconosciute. La direzione di immersione prevalente va verso NW. La maggior parte delle superfici mediamente presentano inclinazioni ad alto angolo.

$$K_{eq} = 1,6 \cdot 10^{-2} \text{ m/s}$$

 	PROGETTISTA	 <b>Snamprogetti</b>	UNITÀ <b>000</b>	COMMESSA <b>P66990</b>
	LOCALITÀ	Regione Toscana – Emilia Romagna		<b>SPC. LA-E-83023</b>
	PROGETTO	Metanodotto Pontremoli - Cortemaggiore		Fg. 77 di 99

### Scheda di rilevamento strutturale

#### STAZIONE 2

Tracciato

Data rilevamento 25/05/2009

Provincia Parma

Coordinate

Coordinate Gauss-Boaga

Comune Borgo Val di Taro

N 044° 32' 164"

X (2099100)

Località Rio dei Burroni

E 009° 42' 158"

Y (4945181)

Quota (m s.l.m.) 570

Dimensioni dell'affioramento: 12 × 6 m

Versante: N10E/90 (direz./incl.)

Litologia: Flysch di Scabiazza,

Alternanza di arenarie e peliti con banchi di spessore decimetrico. Strati dritti ripiegati.

Colore: banchi arenacei grigio chiari, interstrati pelitici grigio scuri



Morfologia: scarpata natural lungo il fosso del Rio dei Burronii

#### Caratteristiche principali delle famiglie di discontinuità riscontrate nella stazione 2

Tipo	Direzione d'immersione	Inclinazione	Persistenza	Apertura	Natura del riempimento	Consistenza del riempimento	Scabrezza	Alterazione	Acqua
	(°)	(°)	(m)	(mm)					
Stratificazione	82,7	23,0	1,43	0,0	nessuno	nessuno	1,4	1,0	1
Fratture J1	252,0	71,7	0,04	0,7	nessuno	nessuno	1,6	1,7	1
Fratture J2	41,0	79,2	0,04	0,9	nessuno	nessuno	1,5	1,5	1
Fratture J3	254,6	45,2	0,04	1,0	nessuno	nessuno	1,1	1,1	1
Fratture J4	339,6	73,6	0,02	0,7	nessuno	nessuno	1,5	1,3	1





Distribuzione spaziale delle direzioni di immersione degli strati, rilevate presso la stazione geostrutturale n 2 posizionata all'imbocco Sud della galleria di Monte Zucchero. Si nota che prevale una direzione di immersione verso i settori meridionali (con un angolo medio di inclinazione di 82°).

	PROGETTISTA	 <b>Snamprogetti</b>	UNITÀ <b>000</b>	COMMESSA <b>P66990</b>
	LOCALITÀ	Regione Toscana – Emilia Romagna		<b>SPC. LA-E-83023</b>
	PROGETTO	Metanodotto Pontremoli - Cortemaggiore		Fg. 78 di 99



Distribuzione spaziale delle immersioni delle varie famiglie di fratture riconosciute. La direzione di immersione prevalente va verso SW. La maggior parte delle superfici mediamente presentano inclinazioni ad alto angolo.

$$K_{eq} = 1,9 \cdot 10^{-2} \text{ m/s}$$

 <b>Snam</b> Rete Gas	PROGETTISTA	 <b>Snamprogetti</b>	UNITÀ 000	COMMESSA P66990
	LOCALITÀ Regione Toscana – Emilia Romagna		SPC. LA-E-83023	
	PROGETTO Metanodotto Pontremoli - Cortemaggiore		Fg. 79 di 99	Rev. 0

### Scheda di rilevamento strutturale

#### STAZIONE 3

Tracciato

Data rilevamento 25/05/2009

Provincia Parma

Coordinate

Coordinate Gauss-Boaga

Comune Borgo Val di Taro

N 044° 32' 353"

X (2098782)

Località Rio dei Burroni

E 009° 41' 883"

Y (4945890)

Quota (m s.l.m.) 800

Dimensioni dell'affioramento: 10 × 6 m

Versante: N12E/90 (direz./incl.)

Litologia: Flysch di Scabiazza,

Alternanza di arenarie e peliti con banchi di spessore decimetrico. Strati dritti ripiegati.

Colore: banchi arenacei grigio chiari, interstrati pelitici grigio scuri



Morfologia: scarpata natural lungo il fosso del Rio dei Burronii

#### Caratteristiche principali delle famiglie di discontinuità riscontrate nella stazione 3

Tipo	Direzione d'immersione (°)	Inclinazione (°)	Persistenza (m)	Apertura (mm)	Natura del riempimento	Consistenza del riempimento	Scabrezza	Alterazione	Acqua
Stratificazione	35	25	-	-	nessuno	nessuno	1	1	1
Fratture J1	164.9	80.7	0.064	1.49	nessuno	nessuno	1,7	1,5	1
Fratture J2	254.6	70.9	0.078	1,62	nessuno	nessuno	1,5	1,4	1



Distribuzione spaziale delle direzioni di immersione degli strati, rilevate presso la stazione geostrutturale n 3 posizionata poco sopra l'imbocco Sud della galleria di Monte Zuccherò. Si nota che prevale una direzione di immersione verso NW (con un angolo medio di inclinazione di 35°).



	PROGETTISTA	 <b>Snamprogetti</b>	UNITÀ <b>000</b>	COMMESSA <b>P66990</b>
	LOCALITÀ	Regione Toscana – Emilia Romagna		<b>SPC. LA-E-83023</b>
	PROGETTO	Metanodotto Pontremoli - Cortemaggiore		Fg. 80 di 99



Distribuzione spaziale delle immersioni delle varie famiglie di fratture riconosciute. La direzione di immersione prevalente va verso SE, individuate dal set J1. La maggior parte delle superfici mediamente presentano inclinazioni ad alto angolo.

$$K_{eq} = 4,4 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}$$



 <b>Snam</b> Rete Gas	PROGETTISTA	 <b>Snamprogetti</b>	UNITÀ 000	COMMESSA P66990
	LOCALITÀ Regione Toscana – Emilia Romagna		SPC. LA-E-83023	
	PROGETTO Metanodotto Pontremoli - Cortemaggiore		Fg. 81 di 99	Rev. 0

### Scheda di rilevamento strutturale

#### STAZIONE 4

Tracciato

Data rilevamento 27/05/2009

Provincia Parma

Coordinate

Coordinate Gauss-Boaga

Comune Borgo Val di Taro

N 044° 33' 570"

X (2098663)

Località Rio dei Burroni

E 009° 41' 700"

Y (4947853)

Quota (m s.l.m.) 735

Dimensioni dell'affioramento: 10 × 12 m

Versante: N300E/90 (direz./incl.)

Litologia: Flysch di Scabiazza,

Alternanza di arenarie e peliti con banchi di spessore decimetrico. Strati dritti ripiegati.

Colore: banchi arenacei grigio chiari, interstrati pelitici grigio scuri



Morfologia: scarpata naturale lungo il fosso del Rio dei Cappelli

#### Caratteristiche principali delle famiglie di discontinuità riscontrate nella stazione 3

Tipo	Direzione d'immersione (°)	Inclinazione (°)	Persistenza (m)	Apertura (mm)	Natura del riempimento	Consistenza del riempimento	Scabrezza	Alterazione	Acqua
Fratture J1	74,9	76,5	0,12	3,4	nessuna	nessuna	1,65	1,3	1
Fratture J2	319,8	80,2	0,10	1,6	nessuno	nessuno	1,57	1,2	11





Distribuzione spaziale delle direzioni di immersione degli strati, rilevate presso la stazione geostrutturale n 4 posizionata poco sopra l'imbocco Nord della galleria di Monte Zuccherò. Si nota che prevale una direzione di immersione verso SSE (con un angolo medio di inclinazione di 30°).

	PROGETTISTA	 <b>Snamprogetti</b>	UNITÀ <b>000</b>	COMMESSA <b>P66990</b>
	LOCALITÀ	Regione Toscana – Emilia Romagna		<b>SPC. LA-E-83023</b>
	PROGETTO	Metanodotto Pontremoli - Cortemaggiore		Fg. 82 di 99





Distribuzione spaziale delle immersioni delle varie famiglie di fratture riconosciute. La direzione di immersione prevalente va verso E, individuate dal set J1. La maggior parte delle superfici mediamente presentano inclinazioni ad alto angolo.

$$K_{eq} = 1,8 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}$$

	<b>PROGETTISTA</b>	 <b>Snamprogetti</b>	<b>UNITÀ</b> <b>000</b>	<b>COMMESSA</b> <b>P66990</b>
	<b>LOCALITÀ</b> Regione Toscana – Emilia Romagna		<b>SPC. LA-E-83023</b>	
	<b>PROGETTO</b> Metanodotto Pontremoli - Cortemaggiore		Fg. 83 di 99	<b>Rev.</b> <b>0</b>

### APPENDICE 3

### INDAGINI DIRETTE NELL'AREA DI M. ZUCCHERO

 <b>Snam</b> Rete Gas	<b>PROGETTISTA</b>	 <b>Snamprogetti</b>	<b>UNITÀ</b> <b>000</b>	<b>COMMESSA</b> <b>P66990</b>
	<b>LOCALITÀ</b> Regione Toscana – Emilia Romagna		<b>SPC. LA-E-83023</b>	
	<b>PROGETTO</b> Metanodotto Pontremoli - Cortemaggiore		Fg. 84 di 99	<b>Rev.</b> <b>0</b>

L'indagine ha previsto l'esecuzione di n. 5 sondaggi a carotaggio con prelievo di campioni indisturbati e rimaneggiati ed esecuzione di prove penetrometriche in foro (S.P.T.).

Le modalità adottate per l'esecuzione delle prove hanno fatto riferimento alle seguenti norme e capitoli:

- DM 11 Marzo 1988 n. 47 LL PP "Norme Tecniche riguardanti le Indagini sui terreni e sulle rocce" e nelle "Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geognostiche e geotecniche dell'A.G.I. 1977".
- Norme e specifiche tecniche interne.

Il carotaggio continuo è stato effettuato, conformemente alla natura dei terreni attraversati, utilizzando il sistema di perforazione tradizionale costituito da batteria di aste e carotiere semplice del diametro di 101 mm e carotiere doppio del tipo T6S con corona diamantata. La stabilizzazione del foro è stata ottenuta previo rivestimento, mediante tubazioni da 127 mm di diametro.

Per l'esecuzione dei sondaggi sono state utilizzate sonde a rotazione ATLAS 5-F4 e CMV MK 600 F carrocingolate.

I terreni terebrati sono stati attentamente esaminati dal geologo presente in cantiere che ha provveduto a redigere le tabelle stratigrafiche di dettaglio e ad eseguire, sui terreni coesivi, prove di consistenza in sito mediante Pocket Penetrometer.

Le carote di terreno recuperate nei sondaggi, sono state conservate in apposite cassette catalogatrici in plastica provviste di appositi divisori e coperchio. Tutte le cassette sono state fotografate e conservate.

I campioni rimaneggiati sono stati prelevati, a discrezione del geologo, direttamente dalle carote dei terreni indagati e conservati in sacchetti di polietilene riportando, con etichetta, sigla del sondaggio, numero campione e profondità.




In alcune unità terebrate l'elevato gradi di consistenza e la presenza di intercalazioni e inclusi litoidi (es Argilliti ecc.) non ha reso possibile il prelievo di campioni indisturbati con i classici campionatori (a pressione e rotativi) e pertanto in questi casi sono stati prelevati spezzoni di carota in corrispondenza delle manovre di carotaggio più significative o eseguite con T2 o T6, e conservati in contenitori in pvc chiusi ermeticamente.

Nel corso dei sondaggi sono state inoltre eseguite n. 13 prove di resistenza alla penetrazione "SPT" utilizzando un'attrezzatura standard secondo le modalità di esecuzione indicate dalle "Raccomandazioni dell'Associazione Geotecnica Italiana" del 1977.

Tali prove si eseguono preferibilmente in terreni granulari (sabbie e ghiaie fini), tuttavia si possono eseguire in qualsiasi terreno sciolto e su alcune rocce tenere allo scopo di determinare grado di addensamento / consistenza / resistenza.

Si riassumono brevemente le caratteristiche tecniche delle prova "SPT" eseguite:

- Campionatore: Raymond di diametro esterno 51 mm, diametro interno 35 mm, lunghezza minima 457 mm, con scarpa standard a punta aperta come utensile di penetrazione; punta conica chiusa di diametro esterno 51 mm e angolo di 60°;
- Aste: collegate al campionatore di diametro esterno 50 mm e peso di 7.5 kg al metro lineare;

 	PROGETTISTA	 <b>Snamprogetti</b>	UNITÀ <b>000</b>	COMMESSA <b>P66990</b>
	LOCALITÀ Regione Toscana – Emilia Romagna		<b>SPC. LA-E-83023</b>	
	PROGETTO Metanodotto Pontremoli - Cortemaggiore	Fg. 85 di 99	Rev. <b>0</b>	

- Dispositivo di battuta avente peso non superiore a 115 Kg, comprende:
  - testa di battuta in acciaio avvitata all'estremità della batteria di aste
  - massa battente o maglio di 63.5 kg
  - dispositivo di guida e rilascio del maglio, a sganciamento automatico, che assicura una corsa a caduta libera di 76 cm.



Ogni determinazione di prova è stata preceduta dalla pulizia del fondo foro con verifica della coincidenza della quota di attestazione della punta con profondità misurata dopo la pulizia del foro (tolleranza di +/- 7 cm); la prova consiste nel fare penetrare il campionatore posato al fondo foro per tre tratti successivi di 15 cm registrando ogni volta il numero dei colpi necessari (N1,N2,N3).


Con il primo tratto detto avviamento, si intende superare la zona di terreno rimaneggiato in fase di perforazione. Nel caso di un terreno molto addensato con N1 = 50 ed avanzamento minore di 15 cm l'infissione deve essere sospesa: la prova dichiarata conclusa in base alle raccomandazioni AGI 1977 e si annota la relativa penetrazione.

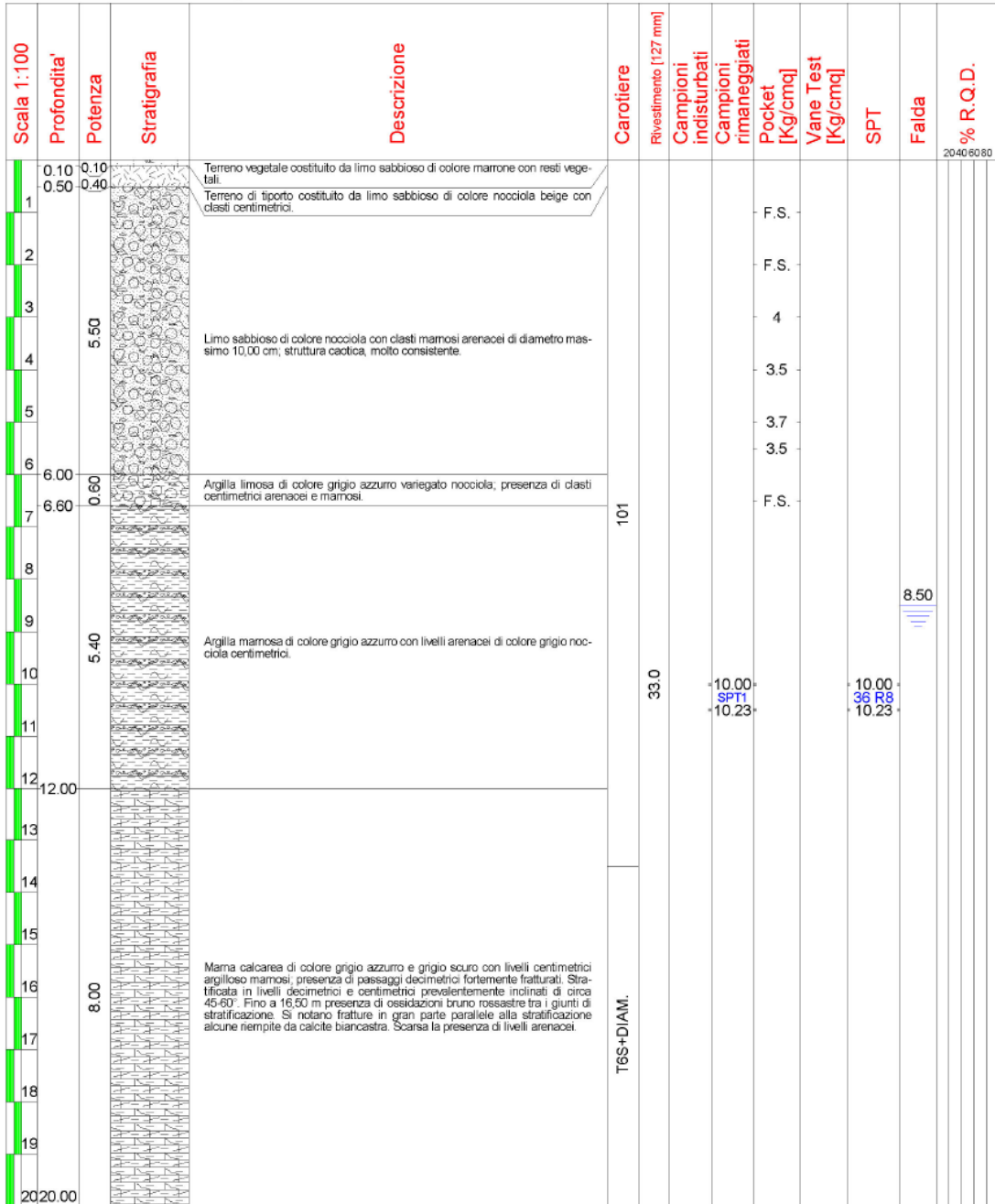
Se il tratto di avviamento è superato si conteggiano N2 e N3 (da 15 a 30 e da 30 a 45 cm) fino ad un limite complessivo di 100 colpi (N2+N3) raggiunto il quale si sospende la prova annotando l'avanzamento ottenuto.

Pertanto, il parametro caratteristico della prova, prescindendo dai casi particolari di rifiuto, è  $N_{spt} = N2+N3$ .



Le colonne stratigrafiche rilevate dai sondaggi effettuate sono riportate in calce


 <b>Snam</b> Rete Gas	PROGETTISTA	 <b>Snamprogetti</b>	UNITÀ <b>000</b>	COMMESSA <b>P66990</b>
	LOCALITÀ	Regione Toscana – Emilia Romagna		<b>SPC. LA-E-83023</b>
	PROGETTO	Metanodotto Pontremoli - Cortemaggiore		Fg. 86 di 99

 <b>METHODO</b> S.p.A. modelli e tecnologie per la geologia e l'ambiente	Committente	SAIPEM S.P.A.	Commissa	56S-09	SONDAGGIO <b>S37</b> ml <b>50.00</b>	SONDA	IPC 830	
	Località	CABOARA	Carotiere	101-T6S+DIAM		Il geologo		
	Cantiere	TBM M.Zucchero	Rivestimento	127 mm	S. CONTI			
	Data Inizio	24/06/09	Data Fine	02/07/09				





S.P.T. eseguite tutte a punta chiusa.  
Utilizzo da 13.50 m corona diamantata.


 <b>Snam</b> Rete Gas	<b>PROGETTISTA</b>  <b>Snamprogetti</b>	<b>UNITÀ</b> <b>000</b>	<b>COMMESSA</b> <b>P66990</b>
	<b>LOCALITÀ</b> Regione Toscana – Emilia Romagna		<b>SPC. LA-E-83023</b>
	<b>PROGETTO</b> Metanodotto Pontremoli - Cortemaggiore		Fg. 87 di 99

 modelli e tecnologie per la geologia e l'ambiente	Committente <b>SAIPEM S.P.A.</b>	Commessa <b>56S-09</b>	SONDAGGIO <b>S37</b>	SONDA <b>IPC 830</b>
	Località <b>CABOARA</b>	Carotiere <b>101-T6S+DIAM</b>	<b>50.00</b>	
	Cantiere <b>TBM M.Zucchero</b>	Rivestimento <b>127 mm</b>	Il geologo <b>S. CONTI</b>	
	Data Inizio <b>24/06/09</b>	Data Fine <b>02/07/09</b>		

Scala 1:100	Profondità	Potenza	Stratigrafia	Descrizione	Carotiere	Rivestimento [127 mm]	Campioni indisturbati	Campioni rimaneggiati	Pocket [Kg/cmq]	Vane Test [Kg/cmq]	SPT	Falda	% R. Q. D.
	20.00							20.00			20.00		20406080
	21							20.07			20.07		
	22												
	23												
	24												
	25												
	26												
	27					33.0							
	28												
	29												
	30	30.00		Calcare mamoso grigio nerastro con livelli decimetrici mamosi. Presenza di passaggi decimetrici fratturati. La stratificazione ha andamento inclinato tra 60 e 90° ed alcune fratture sono riempite da calcite. Fra 37,00 e 38,00 m livello mamoso argilloso fittamente fratturato.	T6S+DIAM.								
	31							30.00					
	32							30.40					
	33												
	34												
	35												
	36												
	37												
	38												
	39												
	40												

S.P.T. eseguite tutte a punta chiusa.  
 Utilizzo da 13.50 m corona diamantata.



 <b>Snam</b> Rete Gas	<b>PROGETTISTA</b>  <b>Snamprogetti</b>	<b>UNITÀ</b> <b>000</b>	<b>COMMESSA</b> <b>P66990</b>
	<b>LOCALITÀ</b> Regione Toscana – Emilia Romagna		<b>SPC. LA-E-83023</b>
	<b>PROGETTO</b> Metanodotto Pontremoli - Cortemaggiore		Fg. 88 di 99


 modelli e tecnologie per la geologia e l'ambiente	Committente <b>SAIPEM S.P.A.</b>	Commessa <b>56S-09</b>	SONDAGGIO <b>S37</b>	SONDA <b>IPC 830</b>
	Località <b>CABOARA</b>	Carotiere <b>101-T6S+DIAM</b>	ml <b>50.00</b>	
	Cantiere <b>TBM M.Zucchero</b>	Rivestimento <b>127 mm</b>	Il geologo <b>S. CONTI</b>	
	Data Inizio <b>24/06/09</b>	Data Fine <b>02/07/09</b>		

Scala 1:100	Profondità'	Potenza	Stratigrafia	Descrizione	Carotiere	Rivestimento [127 mm]	Campioni indisturbati	Campioni rimaneggiati	Pocket [Kg/cmq]	Vane Test [Kg/cmq]	SPT	Falda	% R. Q. D.
	41												
	42												
	43												
	44												
	45	30.00		Calcare marnoso grigio nerastro con livelli decimetrici marnosi. Presenza di passaggi decimetrici fratturati. La stratificazione ha andamento inclinato tra 80 e 90° ed alcune fratture sono riempite da calcite. Fra 37,00 e 38,00 m livello marnoso argilloso fittamente fratturato.	T6S+DIAM.		44.10 CR2	44.50					
	46												
	47												
	48												
	49												
	50	50.00					49.30 CR3	49.70					
	51												
	52												
	53												
	54												
	55												
	56												
	57												
	58												
	59												
	60												

S.P.T. eseguite tutte a punta chiusa.  
 Utilizzo da 13.50 m corona diamantata.






 <b>Snam</b> Rete Gas	<b>PROGETTISTA</b>  <b>Snamprogetti</b>	<b>UNITÀ</b> <b>000</b>	<b>COMMESSA</b> <b>P66990</b>
	<b>LOCALITÀ</b> Regione Toscana – Emilia Romagna		<b>SPC. LA-E-83023</b>
	<b>PROGETTO</b> Metanodotto Pontremoli - Cortemaggiore		Fg. 89 di 99

 modelli e tecnologie per la geologia e l'ambiente	Committente <b>SAIPEM S.P.A.</b>	Commessa <b>56S-09</b>	<b>SONDAGGIO</b> <b>S37BIS</b> ml <b>10.00</b>	<b>SONDA</b> IPC 830
	Località <b>CABOARA</b>	Carotiere <b>101 mm</b>	Il geologo <b>S. CONTI</b>	
	Cantiere <b>TBM M.Zucchero</b>	Rivestimento <b>127 mm</b>		
	Data Inizio <b>02/07/09</b>	Data Fine <b>02/07/09</b>		

Scala 1:100	Profondità	Potenza	Stratigrafia	Descrizione	Carotiere	Rivestimento [127 mm]	Campioni indisturbati	Campioni rimaneggiati	Pocket [Kg/cmq]	Vane Test [Kg/cmq]	SPT	Falda	% R.Q.D.
	0.50	0.50		Terreno vegetale costituito da limo sabbioso di colore marrone con resti vegetali.									
	2.20	2.20		Limo sabbioso di colore nocciola con clasti centimetrici marnosi e calcareo marnosi spigolosi.	101	9.0			3.8 4		2.00 10 11 14 2.45		
	2.70								4.2				
	2.80			Limo argilloso variegato nocciola e grigio azzurro con livelli centimetrici marnosi.					4.3				
	5.50								4.5				
	4.50			Argilla debolmente marnosa di colore grigio azzurro con livelli centimetrici marnosi. Presenza di inclusioni carbonatiche grigio biancastre centimetriche e decimetriche.					F.S.				
	7.00								F.S.		7.00 22 40 21 7.45	7.80	
	7.45								F.S.				
	10.00								F.S.				
	11												
	12												
	13												
	14												
	15												
	16												
	17												
	18												
	19												
	20												



S.P.T. a 2,00 m eseguita a punta aperta; S.P.T. a 7,00 m eseguita a punta chiusa.


 <b>Snam</b> Rete Gas	<b>PROGETTISTA</b>  <b>Snamprogetti</b>	<b>UNITÀ</b> <b>000</b>	<b>COMMESSA</b> <b>P66990</b>
	<b>LOCALITÀ</b> Regione Toscana – Emilia Romagna		<b>SPC. LA-E-83023</b>
	<b>PROGETTO</b> Metanodotto Pontremoli - Cortemaggiore		Fg. 90 di 99

 modelli e tecnologie per la geologia e l'ambiente	Committente <b>SAIPEM S.P.A.</b>	Commessa <b>56S-09</b>	SONDAGGIO <b>S37TER</b>	SONDA IPC 830
	Località <b>CABOARA</b>	Carotiere <b>101 mm</b>	ml <b>10.00</b>	
	Cantiere <b>TBM M.Zucchero</b>	Rivestimento <b>127 mm</b>	Il geologo <b>S. CONTI</b>	
	Data Inizio <b>02/07/09</b>	Data Fine <b>02/07/09</b>		

Scala 1:100	Profondità	Potenza	Stratigrafia	Descrizione	Carotiere	Rivestimento [127 mm]	Campioni indisturbati	Campioni rimaneggiati	Pocket [Kg/cmq]	Vane Test [Kg/cmq]	SPT	Falda	% R.Q.D.
	0.40	0.40		Terreno vegetale costituito da limo sabbioso di colore marrone con resti vegetali.					4.2				
	2	2.60		Limo sabbioso di colore nocciola con clasti centimetrici e ciottoli marnosi e calcareo marnosi (incluso marnoso decimetrico da 2,90 a 3,00 m).			2.00 SPT1		3.4	2.00	11 15 13		
	3	3.00					2.45		3		2.45		
	4			Limo argilloso nocciola con sfumature grigie. Presenza di livelli centimetrici marnosi.					3.4				
	5	2.50							3.5				
	6	5.50							3.7				
	7								F.S.				
	8	4.50		Argilla debolmente marnosa di colore grigio azzurro con livelli centimetrici marnosi. Presenza di inclusioni carbonatiche grigio biancastre centimetriche.			7.00 SPT2		F.S.	7.00	23 19 25		
	9						7.45		F.S.	7.45		7.54	
	10	10.00							F.S.				
	11												
	12												
	13												
	14												
	15												
	16												
	17												
	18												
	19												
	20												



S.P.T. a 2,00 m eseguita a punta aperta; S.P.T. a 7,00 m eseguita a punta chiusa.


 <b>Snam</b> Rete Gas	<b>PROGETTISTA</b>  <b>Snamprogetti</b>	<b>UNITÀ</b> <b>000</b>	<b>COMMESSA</b> <b>P66990</b>
	<b>LOCALITÀ</b> Regione Toscana – Emilia Romagna		<b>SPC. LA-E-83023</b>
	<b>PROGETTO</b> Metanodotto Pontremoli - Cortemaggiore		Fg. 91 di 99

 modelli e tecnologie per la geologia e l'ambiente	Committente <b>SAIPEM S.P.A.</b>	Commessa <b>56S-09</b>	<b>SONDAGGIO</b> <b>S38</b>	<b>SONDA</b> <b>IPC 830</b>
	Località <b>DUGARA</b>	Carotiere <b>101-T6S+DIAM</b>	<b>50.00</b>	
	Cantiere <b>TBM M.Zucchero</b>	Rivestimento <b>127 mm</b>		
	Data Inizio <b>16/06/09</b>	Data Fine <b>23/06/09</b>	Il geologo <b>S. CONTI</b>	

Scala 1:100	Profondità'	Potenza	Stratigrafia	Descrizione	Carotiere	Rivestimento [127 mm]	Campioni indisturbati	Campioni rimaneggiati	Pocket [Kg/cmq]	Vane Test [Kg/cmq]	SPT	Falda	% R.Q.D.
	1									F.S.			
	2									F.S.			
	3									4.5			
	4	6.50		Limo argilloso di colore nocciola con olasti e ciottoli calcareo marnosi (dia metro medio 0.80 cm; diametro massimo 10.00 cm) e presenza di livelli centimetri- metri limoso sabbiosi, poco umido e molto consistente.					3.00	1	= 3.00		
	5								3.45	3.5	= 3.45		
	6									3.7			
	7	6.50				101				3.9			
	8									F.S.			
	9									F.S.			
	10									F.S.			
	11	8.50		Alternanza di livelli decimetrici argillosi debolmente marnosi e livelli marnosi di colore grigio, azzurro scuro facilmente fratturabili in dischi e scaglie. Da 12.00 m il materiale diviene marnoso e calcareo marnoso, fratturato e facilmente riducibile in scaglie centimetriche. Presenza di livelli centimetri (massimo 10.00 cm) argillosi debolmente marnosi di colore grigio scuro. La stratificazione è suborizzontale.		33.0			10.00	SPT2	= 10.00		
	12								10.45	10.45	= 10.45		
	13									F.S.			
	14									F.S.			
	15	15.00								F.S.			
	16					T6S+DIAM.							
	17	20.70		Alternanza di strati calcarei e calcareo marnosi di colore grigio scuro con strati centimetri arenacei e argilloso marnosi. Presenza di sistemi di fratture con riempimento di calcite di colore grigio biancastro. Da 15.00 m presenza di li- velli con numerose fratture irregolari. Da 26.00 m aumenta la presenza e lo spessore dei livelli argillosi debolmente marnosi intervallati da livelli centimetri- ci e decimetrici marnoso arenacei fortemente fratturati; alcune fratture sono riempite di calcite. La stratificazione è suborizzontale.									
	18												
	19												
	20												



S.P.T. eseguite tutte a punta chiusa.  
 Utilizzo da 12,00 m corona diamantata.


 <b>Snam</b> Rete Gas	<b>PROGETTISTA</b>  <b>Snamprogetti</b>	<b>UNITÀ</b> <b>000</b>	<b>COMMESSA</b> <b>P66990</b>
	<b>LOCALITÀ</b> Regione Toscana – Emilia Romagna		<b>SPC. LA-E-83023</b>
	<b>PROGETTO</b> Metanodotto Pontremoli - Cortemaggiore		Fg. 92 di 99

 moduli e tecnologie per la geologia e l'ambiente	Committente <b>SAIPEM S.P.A.</b>	Commessa <b>56S-09</b>	<b>SONDAGGIO</b> <b>S38</b>	<b>SONDA</b> IPC 830
	Località <b>DUGARA</b>	Carotiere <b>101-T6S+DIAM</b>	<b>50.00</b> ml	
	Cantiere <b>TBM M.Zucchero</b>	Rivestimento <b>127 mm</b>	Il geologo <b>S. CONTI</b>	
	Data Inizio <b>16/06/09</b>	Data Fine <b>23/06/09</b>		

Scala 1:100	Profondità'	Potenza	Stratigrafia	Descrizione	Carotiere	Rivestimento [127 mm]	Campioni indisturbati	Campioni rimaneggiati	Pocket [Kg/cmq]	Vane Test [Kg/cmq]	SPT	Falda	% R. Q. D.
	21										20.00 37 R8		
	22										20.23		
	23												
	24												
	25												
	26												
	27												
	28	20.70		Alternanza di strati calcarei e calcareo marnosi di colore grigio scuro con strati centimetrici arenacei e argilloso marnosi. Presenza di sistemi di fratture con riempimento di calcite di colore grigio biancastro. Da 15,00 m presenza di livelli con numerose fratture irregolari. Da 26,00 m aumenta la presenza e lo spessore dei livelli argillosi debolmente marnosi intervallati da livelli centimetrici e decimetrici marnosi arenacei fortemente fratturati; alcune fratture sono riempite di calcite. La stratificazione è suborizzontale.		33.0							
	29												
	30												
	31					T6S+DIAM.							
	32												
	33												
	34												
	35												
	36	35.70											
	37												
	38	14.30		calcari marnosi di colore grigio scuro alternati a livelli marnosi arenacei fortemente fratturati. Da 40,00 m si ritrovano livelli argilloso marnosi decimetrici di colore grigio fortemente fratturato e con venature di calcite. La stratificazione è suborizzontale.									
	39												
	40												



S.P.T. eseguite tutte a punta chiusa.  
 Utilizzo da 12,00 m corona diamantata.


 <b>Snam</b> Rete Gas	<b>PROGETTISTA</b>  <b>Snamprogetti</b>	<b>UNITÀ</b> <b>000</b>	<b>COMMESSA</b> <b>P66990</b>
	<b>LOCALITÀ</b> Regione Toscana – Emilia Romagna		<b>SPC. LA-E-83023</b>
	<b>PROGETTO</b> Metanodotto Pontremoli - Cortemaggiore		Fg. 93 di 99

 moduli e tecnologie per la geologia e l'ambiente	Committente <b>SAIPEM S.P.A.</b>	Compressa <b>56S-09</b>	SONDAGGIO <b>S38</b>	SONDA <b>IPC 830</b>
	Località <b>DUGARA</b>	Carotiere <b>101-T6S+DIAM</b>	<b>50.00</b>	
	Cantiere <b>TBM M.Zucchero</b>	Rivestimento <b>127 mm</b>		
	Data Inizio <b>16/06/09</b>	Data Fine <b>23/06/09</b>	Il geologo <b>S. CONTI</b>	

Scala 1:100	Profondità	Potenza	Stratigrafia	Descrizione	Carotiere	Rivestimento [127 mm]	Campioni indisturbati	Campioni rimaneggiati	Pocket [Kg/cmq]	Vane Test [Kg/cmq]	SPT	Falda	% R.Q.D.
	41												
	42												
	43												
	44												
	45	14.30		calcarei marnosi di colore grigio scuro alternati a livelli marnosi arenacei fortemente fratturati. Da 40.00 m si ritrovano livelli argillosi marnosi decimetrici di colore grigio fortemente fratturato e con venature di calcite. La stratificazione è suborizzontale.	T6S+DIAM.								
	46												
	47												
	48												
	49												
	50	50.00											
	51												
	52												
	53												
	54												
	55												
	56												
	57												
	58												
	59												
	60												



S.P.T. eseguite tutte a punta chiusa.  
 Utilizzo da 12,00 m corona diamantata.

 <b>Snam</b> Rete Gas	<b>PROGETTISTA</b>  <b>Snamprogetti</b>	<b>UNITÀ</b> <b>000</b>	<b>COMMESSA</b> <b>P66990</b>
	<b>LOCALITÀ</b> Regione Toscana – Emilia Romagna		<b>SPC. LA-E-83023</b>
	<b>PROGETTO</b> Metanodotto Pontremoli - Cortemaggiore		Fg. 94 di 99

 modelli e tecnologie per la geologia e l'ambiente	Committente <b>SAIPEM S.P.A.</b>	Commessa <b>56S-09</b>	<b>SONDAGGIO</b> <b>S38BIS</b>	<b>SONDA</b> IPC 830
	Località <b>DUGARA</b>	Carotiere <b>101 mm</b>	<b>ml</b> <b>10.00</b>	
	Cantiere <b>TBM M.Zucchero</b>	Rivestimento <b>127 mm</b>	Il geologo <b>S. CONTI</b>	
	Data Inizio <b>03/07/09</b>	Data Fine <b>03/07/09</b>		



Scala 1:100	Profondità'	Potenza	Stratigrafia	Descrizione	Carotiere	Rivestimento [127 mm]	Campioni indisturbati	Campioni rimaneggiati	Pocket [Kg/cmq]	Vane Test [Kg/cmq]	SPT	Falda	% R.Q.D.
	0.40			Terreno vegetale costituito da limo sabbioso di colore marrone con resti vegetali.									20406080
1									3.5				
2		3.60		Limo sabbioso di colore nocciola e beige con inclusi calcarei e calcareo marnosi anche decimetrici.			2.00 SPT1		4		2.00 12 14 15		
3							2.45				2.45		
4	4.00								3.7				
5		2.50		Argilla limosa di colore grigio variegata nocciola, umida con livelli centimetrici calcareo marnosi, da consistente a mediamente consistente.	101	9.0			4.8			3.77	
6									3.5				
7	6.50								3.7				
8									2.4				
9		3.50		Argilla debolmente limosa di colore grigio azzurro con livelli centimetrici calcareo marnosi. Presenza di calcite grigio biancastra.					2.3				
10	10.00								2.7				
11									4				
12													
13													
14													
15													
16													
17													
18													
19													
20													

S.P.T. eseguite tutte a punta chiusa.

 <b>Snam</b> Rete Gas	<b>PROGETTISTA</b>	 <b>Snamprogetti</b>	<b>UNITÀ</b> <b>000</b>	<b>COMMESSA</b> <b>P66990</b>
	<b>LOCALITÀ</b> Regione Toscana – Emilia Romagna	<b>SPC. LA-E-83023</b>		
	<b>PROGETTO</b> Metanodotto Pontremoli - Cortemaggiore	Fg. 95 di 99	<b>Rev.</b> <b>0</b>	

#### APPENDICE 4

#### INDAGINI INDIRETTE NELL'AREA DI M. ZUCCHERO

 <b>Snam</b> Rete Gas	PROGETTISTA	 <b>Snamprogetti</b>	UNITÀ <b>000</b>	COMMESSA <b>P66990</b>
	LOCALITÀ	Regione Toscana – Emilia Romagna		<b>SPC. LA-E-83023</b>
	PROGETTO	Metanodotto Pontremoli - Cortemaggiore		Fg. 96 di 99

L'indagine è stata realizzata attraverso una prospezione geofisica con metodologia sismica eseguita lungo allineamento dell'asse della condotta, allo scopo di fornire elementi utili alla definizione dell'assetto stratigrafico dell'area.

## 1 Indagini eseguite

La prospezione geofisica è stata svolta, nei giorni compresi tra il 17 e il 25 giugno 2009, con le caratteristiche indicate in tabella.

profilo n°	Lunghezza Profilo C.D.P. (m)	Copertura geofonica (m)	Interdistanza geofoni (m)	interdistanza punti di scoppio (m)	Gruppi di Geofoni n°
1	3.845	3.590	10	20	360




strumentazioni

Per l'esecuzione delle misure sperimentali sono state utilizzate le seguenti strumentazione ed attrezzature:

n.	Strumentazione SISMICA A RIFLESSIONE	COD. IDENT.
3	Sismografi GEOMETRICS "GEODE" 24 ch - 24 bit EG&G GEOMETRICS - USA	SGG-SI-39 SGG-SI-52 SGG-SI-56
1	Computer portatile HP per registrazione dei dati di campagna;	
72	Stringhe di geofoni con 4 geofoni cadauna e frequenza pari a 28 Hz	SGG-SI-03
6	Cavi di collegamento per geofoni con 12 prese intervallate ogni 10 metri	SGG-SI-39h SGG-SI-39i SGG-SI-39l SGG-SI-39m
4	Prolunghe per collegamento geode	SGG-SI-39g
1	Esploditore ad alta intensità EIT USA Model. Scorpion HB-SBS+	SGG-SI-54
	Linea per trasmissione "trigger"	
5	Ricetrasmittenti VHF	

Tutti gli strumenti di misura impiegati, in accordo con il calendario di taratura relativo al "sistema di qualità" in uso presso questo studio, sono tarati presso il laboratorio cetace di Calenzano, afferente alla CESVIT S.p.A. ed accreditato SIT (Servizio di Taratura in Italia).



 	PROGETTISTA	 <b>Snamprogetti</b>	UNITÀ <b>000</b>	COMMESSA <b>P66990</b>
	LOCALITÀ Regione Toscana – Emilia Romagna		<b>SPC. LA-E-83023</b>	
	PROGETTO Metanodotto Pontremoli - Cortemaggiore		Fg. 97 di 99	Rev. <b>0</b>

## 2 Metodologia esecutiva del rilievo

Il rilievo sismico a riflessione è consistito nell'acquisizione di un profilo la cui collocazione è riportata nella tavola 1 allegata. Nello specifico le principali caratteristiche del rilievo sono state le seguenti:

- Gruppi di geofoni attivi simultaneamente: n° 72
- Gruppi composti da 4 geofoni in serie;
- n totale di geofoni 360;
- Spaziatura tra i gruppi di geofoni: 10 metri;
- Spaziatura dei tiri : 20 metri;
- Copertura nominale: 2400-3600%;
- Sorgente sismica: esplosivo (gelatina).

Nel tratto tra le CDP 170 e 210, l'acquisizione è avvenuta con modalità "undershooting", per la presenza di una parete scoscesa che rendeva inapplicabile l'acquisizione convenzionale.

## 3 Metodologia interpretativa

La sequenza di elaborazione è stata effettuata eseguendo le correzioni statiche legate alle caratteristiche di spessore e velocità dello strato aerato ("piccole statiche"), ma riportando i dati ad un livello ("riduzione al *datum*") di riferimento. Il filtro FK è, inoltre, stato utilizzato con molta parsimonia, dal momento che disturbi coerenti, come le onde superficiali ("*ground-roll*"), erano già stati attenuati dal tipo di energizzazione e di stendimento utilizzati.



E' normale procedura comunque scegliere la sequenza di processing in funzione delle caratteristiche dei dati acquisiti ed in funzione degli elementi che si intende evidenziare.

La sequenza di elaborazione è stata divisa in tre fasi:

- 1) *Pre-processing*, per la preparazione dei dati;
- 2) *Processing nel dominio dei tiri*, per la riduzione dei disturbi;
- 3) *Processing nel dominio delle C.D.P.* , per arrivare ad una sola traccia per famiglia.

Nella prima fase (*pre-processing*) i dati vengono trasformati dal formato SED2 in formato standard PC-SEG2, è stato operato nel modo seguente :

- trasferimento dati su PC;
- trasformazione di formato da SEG2 a standard PC-SEG2 (formato usato normalmente in sismica a riflessione);
- creazione *header* con informazioni sulla geometria di acquisizione;
- *muting* dei primi arrivi;

 <b>Snam</b> Rete Gas	PROGETTISTA	 <b>Snamprogetti</b>	UNITÀ 000	COMMESSA P66990
	LOCALITÀ Regione Toscana – Emilia Romagna		SPC. LA-E-83023	
	PROGETTO Metanodotto Pontremoli - Cortemaggiore		Fg. 98 di 99	Rev. 0

La seconda fase (*processing nel dominio dei tiri*), elaborazione che mira ad elevare la qualità delle singole tracce, è stata così svolta:

- Analisi spettrale
- Filtraggio passabanda 35/40 – 150/155 Hz
- Ricampionamento da 0.25 a 0.5 msec
- Filtraggio dominio F-K (ove necessario)
- Deconvoluzione “*spiking*”
- *Muting* nel dominio degli offset
- Trasformazione dati da dominio dei tiri a dominio delle C.D.P. (*sorting*)

Mediante l’analisi dello spettro di frequenza dei dati si è rilevato che il segnale è prevalentemente concentrato nella banda di frequenza compresa tra 30 e 150 Hz. L’applicazione di questo filtro passabanda ha consentito, una buona attenuazione dei disturbi coerenti a bassa velocità apparente (*ground-roll*) concentrati su frequenze intorno ai 15-20 Hz.

Nei dati filtrati si è presentata una frequenza massima del segnale inferiore ai 250 Hz, di conseguenza è stato deciso di procedere con un ricampionamento dei dati a 0.5 msec (prefiltrando le frequenze superiori a 500 Hz). Tale operazione comporta una notevole riduzione del numero di campioni per traccia, e quindi una maggiore rapidità in sede di elaborazione.




La presenza di disturbi organizzati legati a multiple negli strati superficiali ha richiesto un’applicazione, peraltro selettiva e limitata ad alcuni tiri, del filtraggio FK.

Successivamente si è applicato ad ogni singola traccia un operatore di deconvoluzione del segnale opportunamente costruito in modo da attenuare la ripetitività della traccia, e di riportare il segnale riflesso il più possibile ad un’onda semplice priva di oscillazioni successive. All’individuazione dell’operatore da utilizzare si è pervenuti dopo alcuni *tests*, che hanno consentito di verificare l’efficacia dell’operazione tramite autocorrelazione della traccia pre- e post-deconvoluzione. Nello specifico è stata utilizzata una deconvoluzione di tipo “*spiking*”, con operatore di 30 msec.

Si è, infine, proceduto alla conversione dei dati da un’organizzazione nel dominio dei tiri ad un raggruppamento nel dominio delle famiglie C.D.P. (*Common Depth Point sorting*).

Successivamente è stata eseguita la terza fase di elaborazione attraverso i seguenti passaggi:

- Fase *pre-stack*
  - correzioni statiche;
  - analisi di velocità ogni 10 C.D.P. ;
  - correzione *Normal Move-Out* ;
  - muting.
- *Stack*
  - sommatoria C.D.P. (*Stack*).
- Fase *post-stack*
  - correzione statiche residuali;
  - migrazione.

 	PROGETTISTA	 <b>Snamprogetti</b>	UNITÀ <b>000</b>	COMMESSA <b>P66990</b>
	LOCALITÀ	Regione Toscana – Emilia Romagna		<b>SPC. LA-E-83023</b>
	PROGETTO	Metanodotto Pontremoli - Cortemaggiore	Fg. 99 di 99	Rev. <b>0</b>

Le analisi delle velocità sono state eseguite ad intervalli di 10 C.D.P. con tecnica "semblance" e "CVS (*Constant Velocity Stack*)"; il calcolo è stato effettuato per gruppi di C.D.P. , nell'intervallo di velocità da 1.500 a 4.500 m/s.

I picchi di massima coerenza indicano la velocità di *stack* ottimale al tempo relativo. Collegando i picchi di coerenza si ottiene una funzione di velocità da applicare ai dati per eliminare l'effetto freccia: questo effetto, denominato *Normal Move Out*, consiste nel riportare ad un allineamento orizzontale gli eventi riflessi altrimenti disposti su rami d'iperbole.

Le velocità di *stack* calcolate sono mediamente comprese tra 2.200 e 3.500 m/s.

Il risultato finale è costituito da una sezione sismica tempi-distanze, riportata nella parte superiore della tavola 2, il dato sismico è rappresentato con ampiezza in area variabile con tracce (*wiggle*) in b/r. Viene anche riportata una sezione delle velocità di *stack* ottenute, per evidenziare eventuali variazioni laterali di velocità utili per una migliore discriminazione litologica e per evidenziare zone di faglia. Il significato fisico delle velocità di *stack* è comunque di tipo sismico, guidato cioè da parametri di coerenza del segnale ottenuto, e quindi la sua interpretazione geologica deve necessariamente limitarsi ad una valutazione in termini relativi (aree di diminuzione o di incremento). Inoltre si tratta di velocità medie dalla superficie, quindi non direttamente confrontabili con le velocità derivate dalla sismica a rifrazione.

Infine, nella parte inferiore delle tavole è mostrata una sezione in profondità ottenuta per conversione sulla verticale con una funzione di velocità media costante.