



**COMUNE di CAVRIGLIA**  
**(Provincia di Arezzo)**

APPROVAZIONE DEL PROGETTO DI RIGENERAZIONE CULTURALE, SOCIALE ED ECONOMICA DELL'ANTICO BORGO DI CASTELNUOVO IN AVANE, CAVRIGLIA, CON CONTESTUALE **VARIANTE AL REGOLAMENTO URBANISTICO VIGENTE** REDATTA AI SENSI DELLA L.R. 65/2014, CON LE MODALITÀ DI CUI ALLA L.R. 12/2022.“RIGENERAZIONE CULTURALE, SOCIALE ED ECONOMICA DELL'ANTICO BORGO DI CASTELNUOVO IN AVANE” (CUP: G37B220001180006), FINANZIATO DALL'UE NELL'AMBITO DEL PNRR MISSIONE 1, COMPONENTE 3, MISURA 2, INTERVENTO 2.1, LINEA A

o o o

**Integrazione alla relazione geologico tecnica di fattibilità**

(rif richiesta di integrazione del Genio Civile di Arezzo di cui al prot. AOOGR/PO n. 323770 del 07.06.2024)

(ex DPGR n. 5/R/2020 e L.R. n. 41/2018)

**Consulenti:**

**Prof. Geol. Eros Aiello**

**Dott. Geol. Gabriele Grandini**

**Giugno 2024**

## 1. PREMESSA

Il “*progetto di rigenerazione e rifunzionalizzazione dell'antico Borgo di Castelnuovo in Avane*”, individuato dal Ministero della Cultura e dalla Regione Toscana come aggiudicatario di un finanziamento di 20 milioni di euro per la sua rigenerazione culturale, sociale ed economica (finanziato dall'Unione Europea -Next Generation EU- nell'ambito del PNRR Missione 1, Componente 3, Misura 2, Intervento 2.1, Linea di intervento A), **determina una Variante al R.U. vigente** con l'individuazione di un ambito di intervento “REC1\_Area di recupero e riqualificazione Borgo di Castelnuovo in Avane” e la corrispondente disciplina attuativa, con scheda norma all'art. 33 lett. g) delle NTA.

In conformità alle disposizioni della L.R. 12/22, la Variante in oggetto si configura come **contestuale all'approvazione del progetto finanziato da PNRR**.

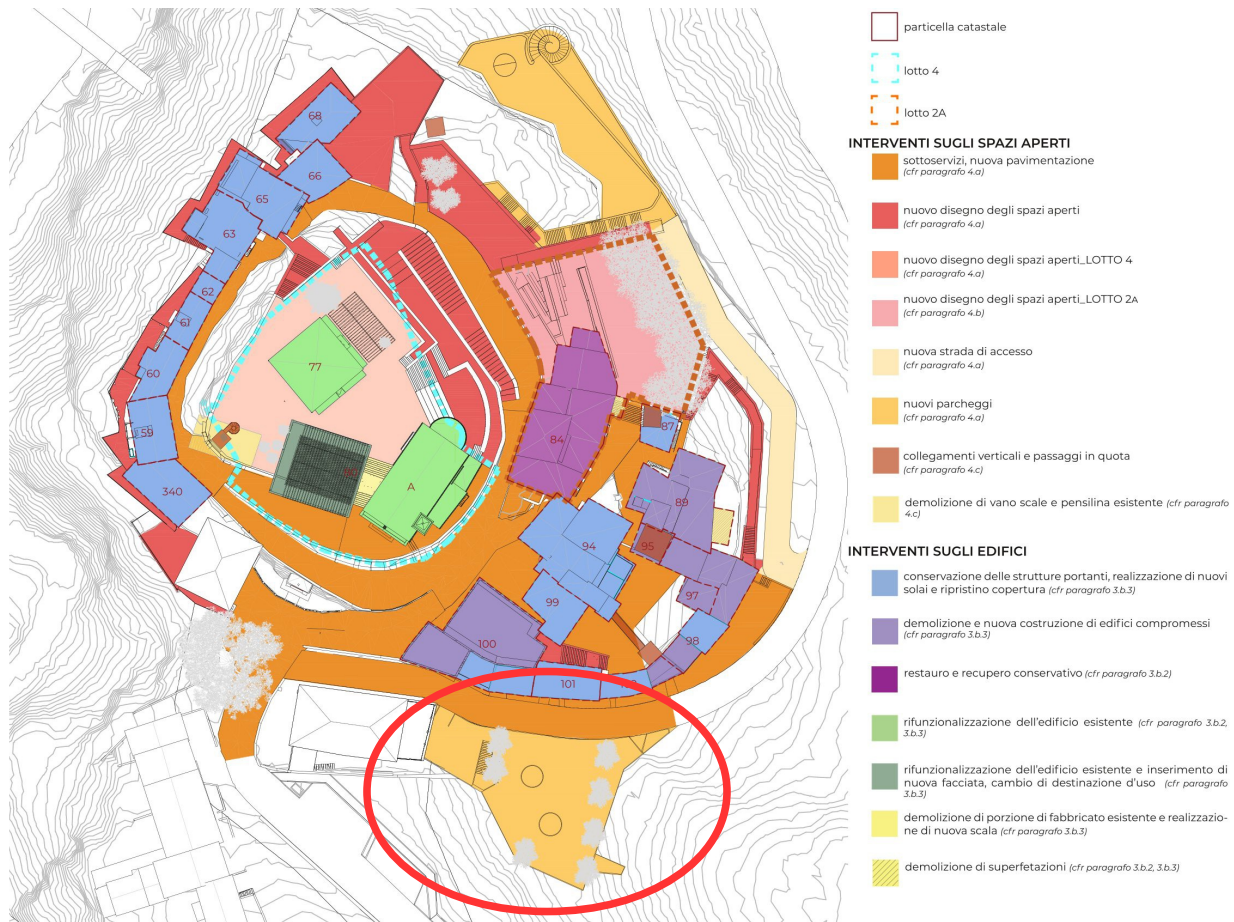
In relazione alla *Indizione Conferenza dei Servizi sincrona ai sensi dell'art. 14 comma 2 della L. 241/90 secondo quanto disposto dall'art. 1 della L.R. 26 aprile 2022 n. 12/2022* e allo svolgimento delle procedure istruttorie di cui all'art. 9 del DPGR n. 5/R/2020, la Regione Toscana Direzione Difesa del Suolo e Protezione Civile - Settore Genio Civile Valdarno Superiore sede di Arezzo ha formulato richiesta di integrazioni, con proprio protocollo AOOGR/PO n. 323770 del 07.06.2024, sul supporto geologico tecnico alla variante in oggetto redatto dallo scrivente ai sensi dell'Allegato A al DPGR n. 5/R/2020.

Si riporta per esteso, al fine dell'immediata consultazione e comprensione, il contenuto della sopra citata richiesta:

*“....., tenuto conto di quanto disciplinato dalla L.R. 12/2022 in merito alla formazione di variante urbanistica automatica mediante approvazione del Progetto di fattibilità tecnico economica di opere finanziate mediante PNRR, analizzata la documentazione disponibile al link indicato nella lettera di convocazione della CdS, acquisita al prot. n. 318176 del 05/06/2024, si rileva che il progetto prevede la realizzazione di un parcheggio in forma di corpo edificato con copertura con funzione di belvedere in area a pericolosità da frana G4/S4 (P4 PAI). **Per tale nuova costruzione devono essere forniti già in questa fase tutti gli approfondimenti di indagine previsti dal D.P.G.R. 5/R/2020 ed effettuato un dimensionamento preliminare delle opere di presidio necessarie alla bonifica del dissesto in atto, comprensive di verifiche di stabilità nello stato attuale e di progetto.** A tale proposito si chiede di allegare anche tutte le indagini geognostiche e geofisiche, comprensive dei monitoraggi inclinometrici, effettuate nella zona di interesse tra il 1988 ed il 2018.*”

Nella trattazione che segue si da conto di quanto richiesto sviluppando le relative argomentazioni a corredo degli elaborati di progettazione preliminare delle opere necessarie, in attuazione a quanto prescritto al paragrafo 3.2.1 dell'allegato A del DPGR n. 5/R/2020, realizzati da GPA Ingegneria.

Di seguito si presenta l'ubicazione dell'area di intervento in planimetria di progetto urbanistico e in rappresentazione tridimensionale.



*Planimetria di progetto urbanistico con indicazione dell'area di intervento*



*Rappresentazione in tridimensionale dell'area di intervento*



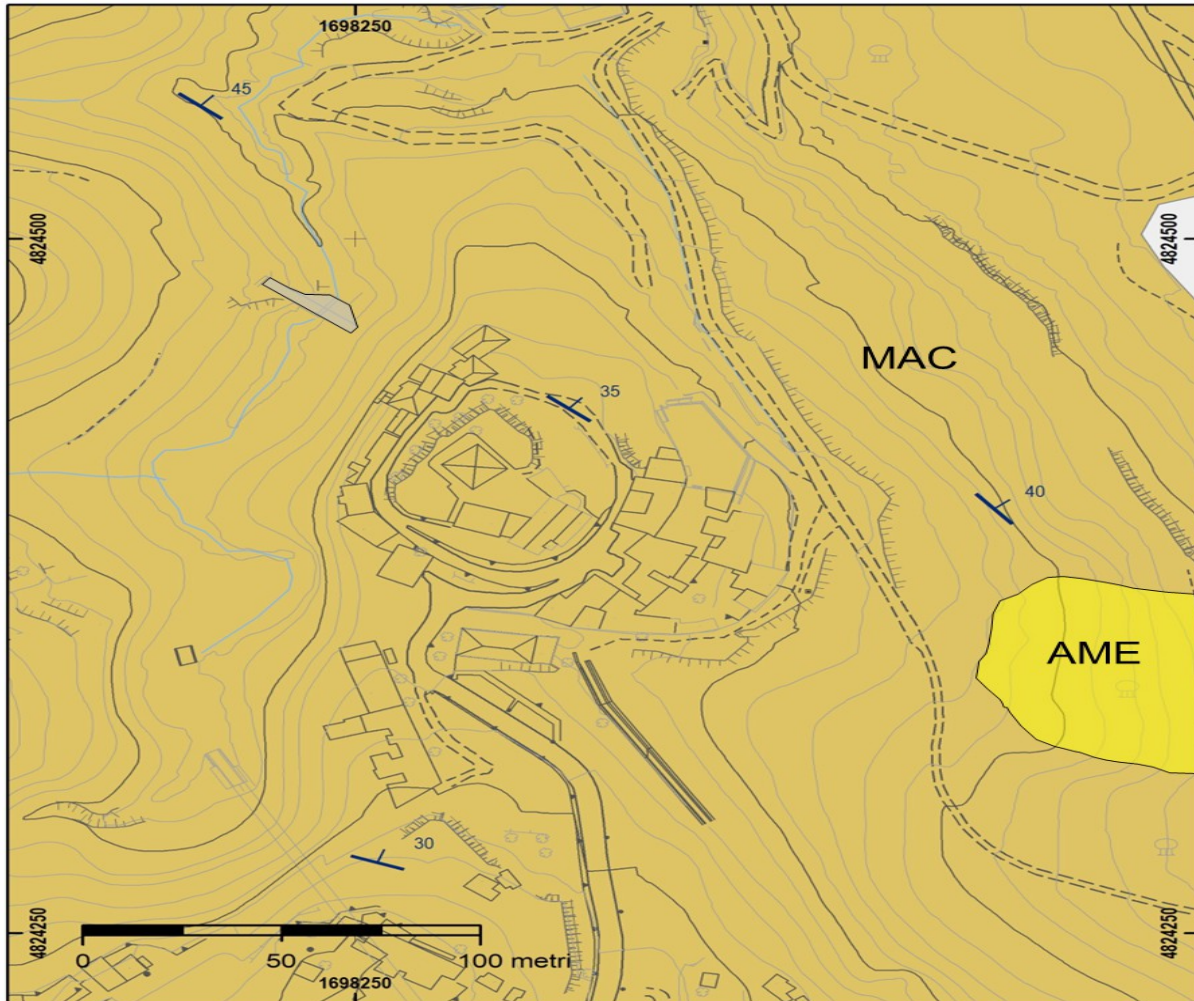
## 2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO

La presente relazione, di carattere prevalentemente geotecnico si basa sui risultati delle indagini riportate in grande dettaglio nella Relazione Geologico Tecnica di fattibilità.

Per il supporto geologico, sismico e geotecnico sono state effettuate specifiche indagini consistite in:

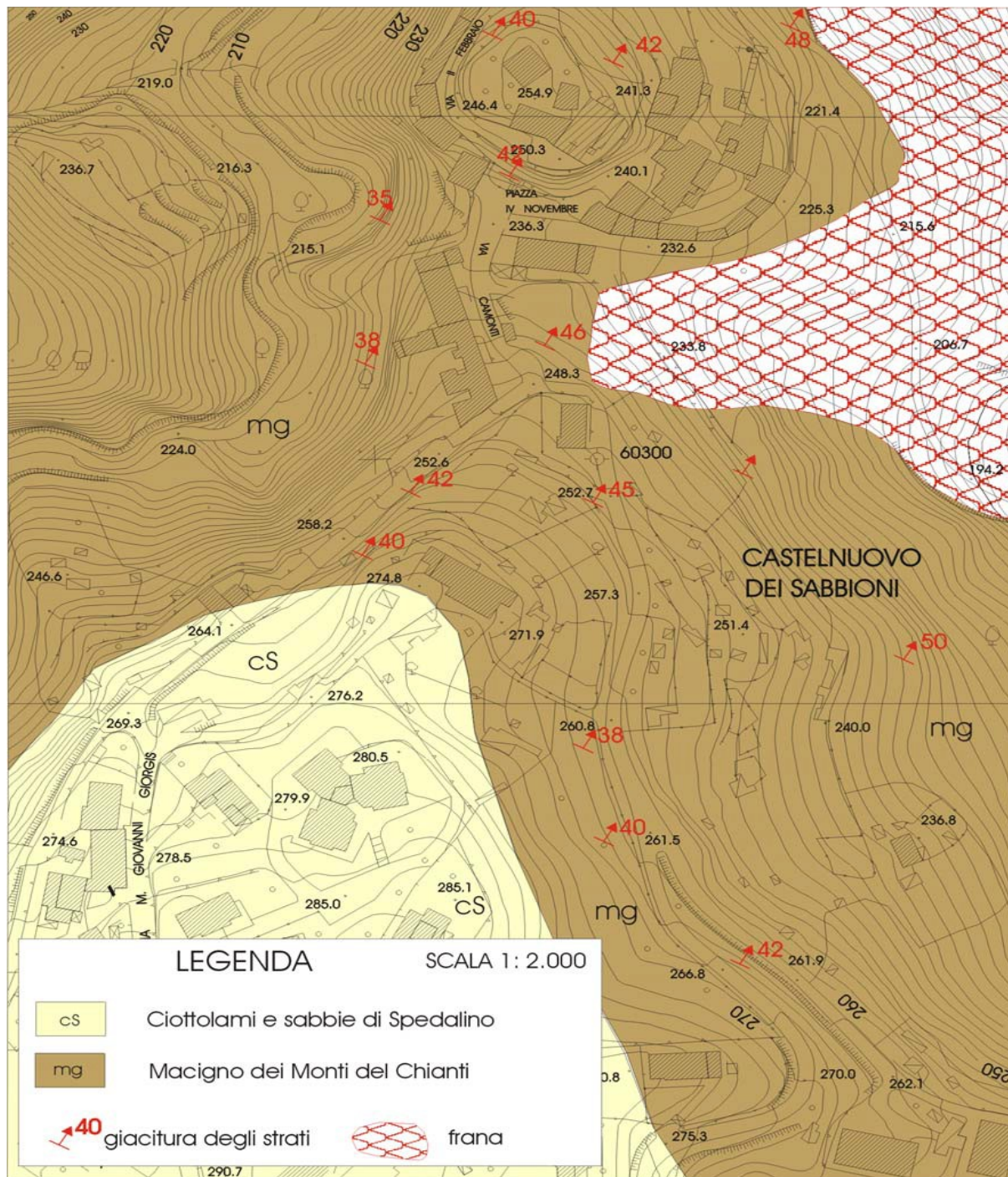
- n. 5 sondaggi a carotaggio continuo:
- n.2 sondaggi strumentati per down hole, profondi 32.0 m
- n.3 sondaggi strumentati con piezometri, profondi 15.0 m.

Inoltre, sono state effettuate indagini geofisiche attive e passive.



*Carta geologica del Borgo di Castelnuovo. MAC= arenarie della formazione del Macigno, con immersione verso nord-est mostrata dalle giaciture di strato; AME=lambi residui di terreni pliocenici della formazione delle Argille di Meleto*





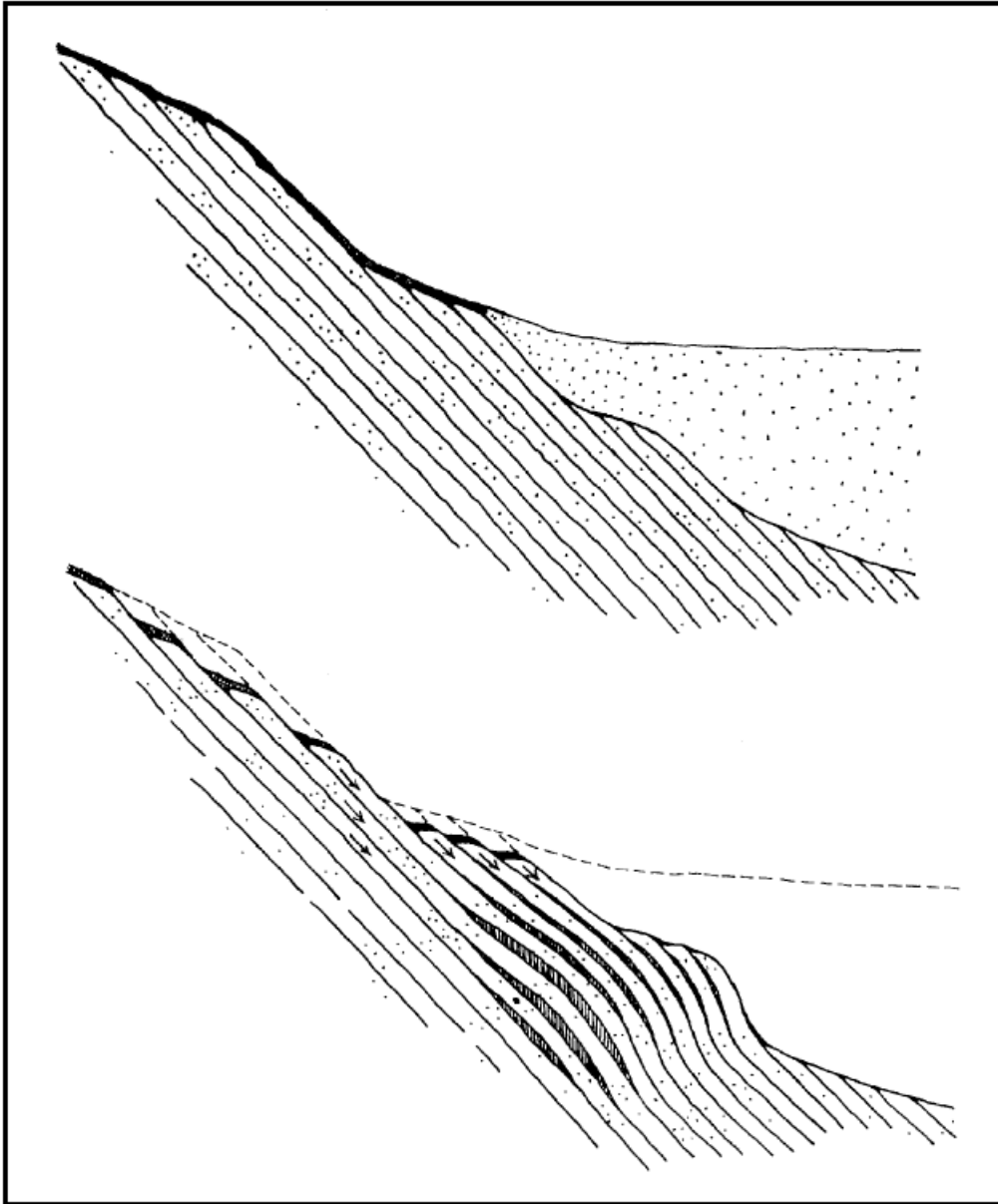
*Carta geologica del Borgo di Castelnuovo con elementi geomorfologici*

L'area oggetto dell'indagine è costituita dal colle dove è posto il vecchio l'insediamento urbano di Castelnuovo dei Sabbioni e dal versante sottostante,

I versanti del colle ad ovest sono piuttosto acclivi con un'inclinazione di 50°; ad est invece l'inclinazione media del versante è di circa 35°.

La successione degli strati arenacei della formazione del Macigno forma una monoclinale immergente verso nord – est con inclinazione media di circa 45°. Data la giacitura degli strati, nel caso in cui questi siano anche paralleli alla superficie del terreno, sono possibili scorrimenti tra gli strati stessi che possono essere attribuiti a fenomeni di instabilità flessionale per carico di punta degli strati più esterni della sequenza.

In queste condizioni, a causa del peso proprio, gli strati alla base tendono ad inflettersi verso l'esterno determinando lo scorrimento della loro parte superiore lungo i giunti di stratificazione.

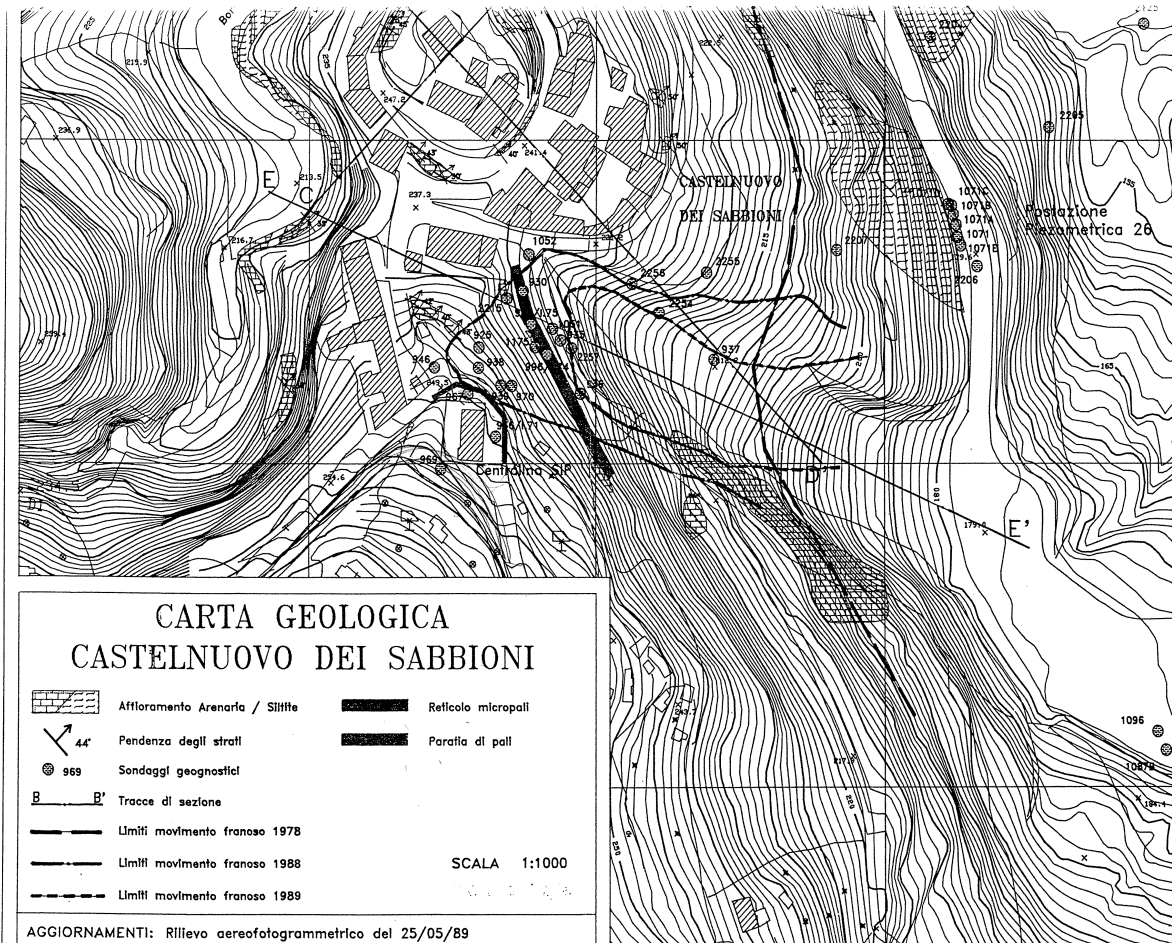


*Strati di Macigno dei Monti del Chianti interessati dal fenomeno della flessione dovuta agli scavi nella Miniera di Santa Barbara (D'ELIA, 2000)*

La collina di Castelnuovo dei Sabbioni presenta fenomeni gravitativi legati alle interazioni tra litologia e coltre detritica, acclività e acqua comunque circolante; questa è spesso presente, come rilevato dai piezometri appositamente installati, negli interstrati molto fratturati che si alternano ai livelli siltitici e provoca scivolamenti della coltre detritica. Dei fenomeni franosi che hanno riguardato l'area di interesse si ricordano quello del 13 agosto 1978 che spostò di circa 200 m verso il fondo della zona mineraria un volume di terreno stimato nell'ordine di 10 milioni di m<sup>3</sup>, con la messa a giorno del Macigno per scorrimento su di esso della coltre detritica, per un fronte di circa 150 m.

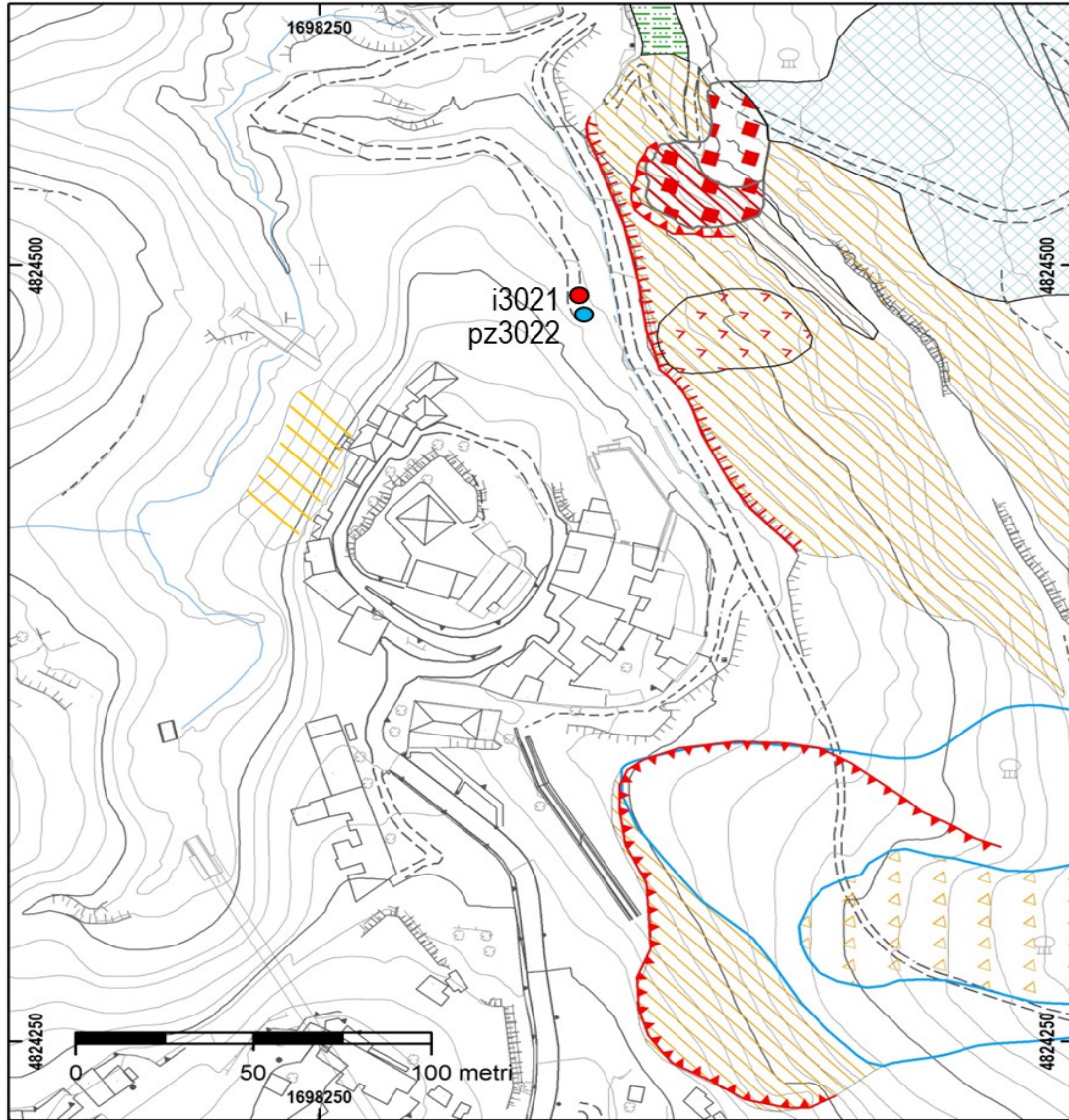
Nel marzo del 1981 si è avuta una reiterazione del movimento che ha assunto caratteri retrogressivi, ampliandosi verso monte.



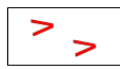







Nel marzo 1989 un altro fenomeno gravitativo rilevante ha interessato la zona posta subito a valle del fabbricato SIP, manifestatosi con uno scivolamento della coltre detritica per uno spessore stimato di 15 m, con relativo denudamento del Macigno.



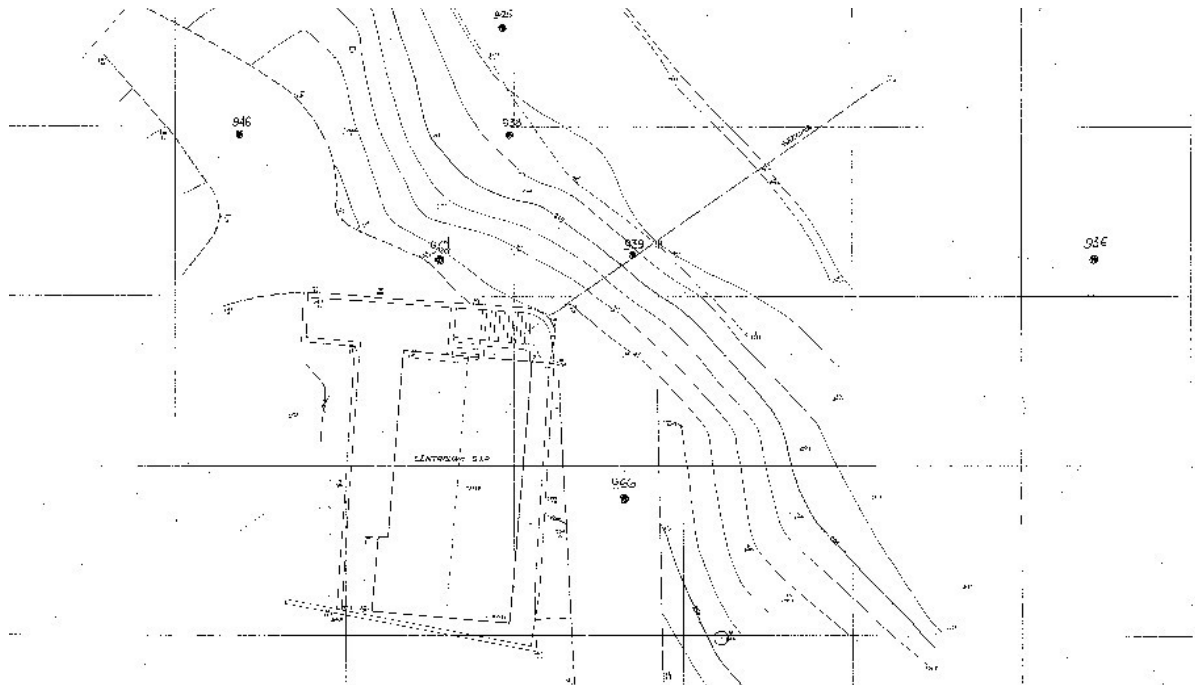
*Carta geologica con traccia delle opere di consolidamento realizzate in un recente passato*



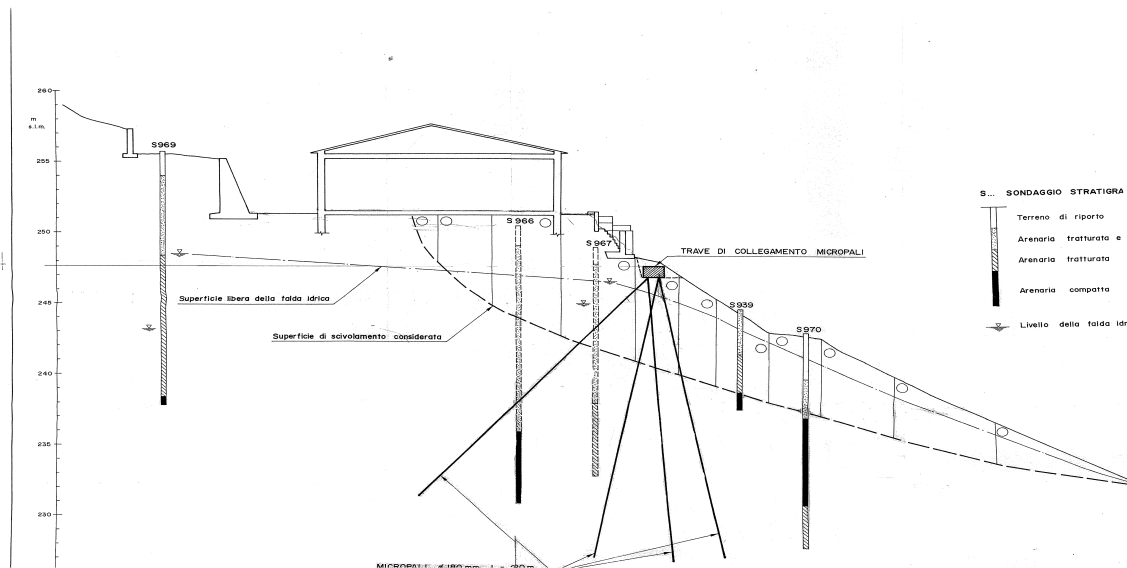


- |                                                                                     |                                         |                                                                                     |                                                                           |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|
|  | Frana di crollo recente                 |  | Scarpata soggetta a fenomeni di Degradazione e frane superficiali diffuse |
|  | Frana di scorrimento attiva             |  | Scarpata di frana di crollo                                               |
|  | Frana complessa quiescente              |  | Corpo detritico di origine mista                                          |
|  | Orlo di scarpata di degradazione attiva |  | inclinometro                                                              |
|  | Orlo di scarpata di frana attiva        |  | piezometro                                                                |

*Carta geomorfologica del Borgo di Castelnuovo*



Planimetria e traccia di sezione della palazzina SIP



1989

Sezione del versante relativo alla palazzina SIP con schema delle opere di consolidamento realizzate

Da quanto detto si evince che i movimenti franosi avvenuti in relazione ai lavori minerari svolti dall'ENEL a partire dal 1955 nella Miniera di lignite di Santa Barbara hanno interessato prevalentemente i terreni di origine fluvio-lacustre e le coltri detritiche superficiali, mentre hanno praticamente risparmiato, eccettuate alcune modeste deformazioni, le zone in cui affiora il Macigno e, di conseguenza, il vecchio nucleo di Castelnuovo dei Sabbioni.

Dette deformazioni hanno determinato dei sistemi lesivi sugli edifici del nucleo antico di Castelnuovo dei Sabbioni, in particolare nella porzione orientale e sono riconducibili molto verosimilmente alla giacitura degli strati ( $45^\circ$  di inclinazione) a reggipoggio, che, in seguito agli scavi per l'attività mineraria, ha determinato scorrimenti tra gli strati con fenomeni di instabilità flessionale per carico di punta che hanno riguardato quelli più esterni della sequenza. Attualmente, dopo che il terreno è stato riportato dalla quota di 30 m s.l.m. alla

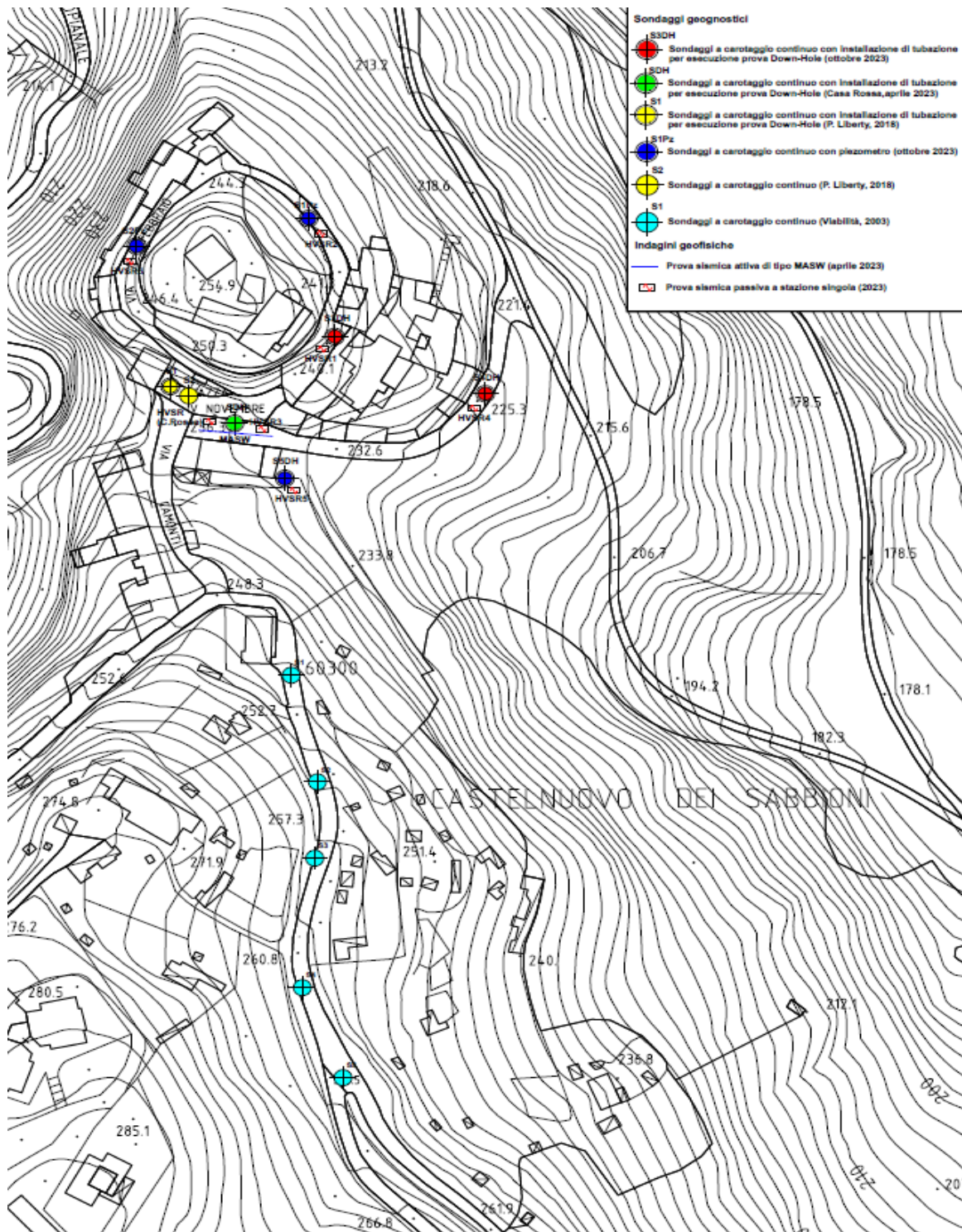


quota 140 m s.l.m., quindi con la creazione di un carico di piede e di contrasto, i fenomeni descritti non si sono più verificati.

### 3. INDAGINI SULL'AREA

Le molteplici campagne di indagine realizzate nel sito di interesse sono state puntualmente descritte e documentate nella relazione geologica a compendio della presente variante urbanistica.


In questa sede si farà riferimento alla campagna di indagini 2023 appositamente realizzate per il PFTE.




Ubicazione planimetrica delle indagini effettuate nella campagna 2023. Sono state indicate parzialmente anche indagini relative a campagne precedenti



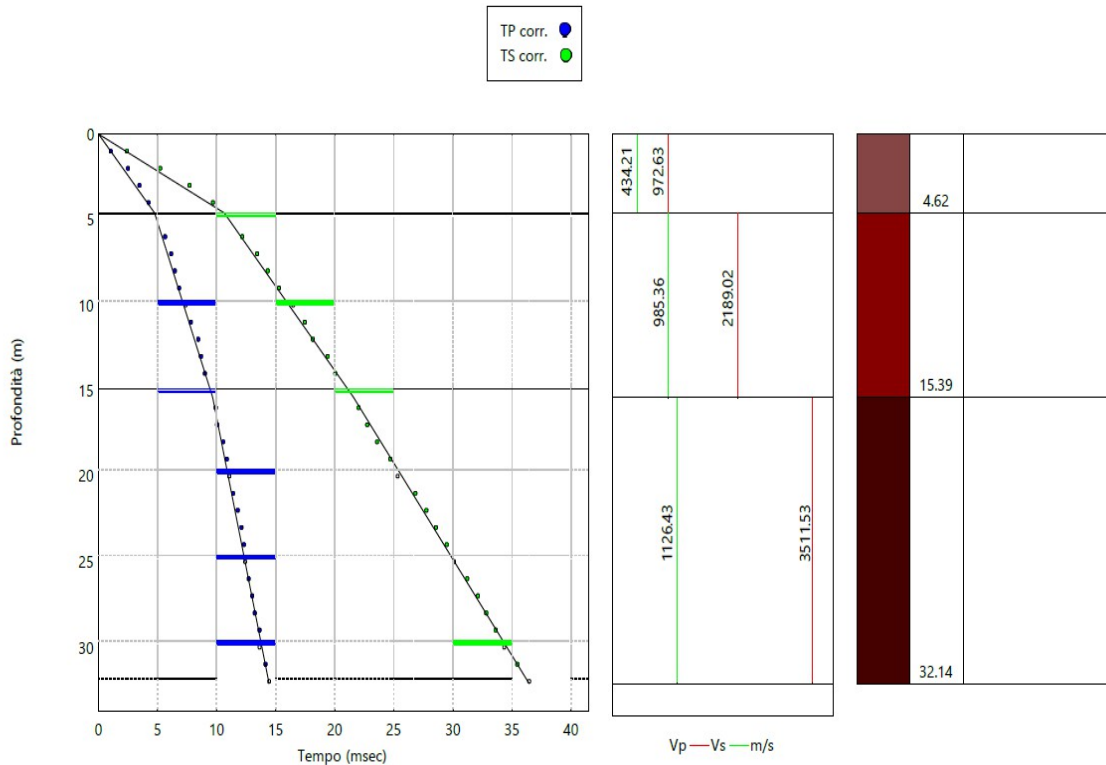


 Misura di microtremore ambientale  
a stazione singola HVSR

 Prova sismica in foro Down-Hole  
*Ubicazione indagini geofisiche attive e passive 2023*

Si riportano sinteticamente i risultati delle indagini svolte a monte e a valle nell'area di studio.

DH3 – monte



Segue la stratigrafia.

Comitente Comune di Cavriglia		Località Castelnuovo dei Sabbioni - Cavriglia (AR)		Certificato n° / Data 255C del 10/10/2023	
Carriere Castelnuovo dei Sabbioni		Sondaggio n. DH3		Inizio / Fine Esecuzione Del 27/09/2023 al 02/10/2023	
Responsabile di sito Dr. Alessio Costantini		Operatore MBarek e Ciocca		Tipo Carotaggio continuo	
		Tipo Sonda T44		Diametro perforazione / Diametro rivestimento 101 mm / 127 mm	

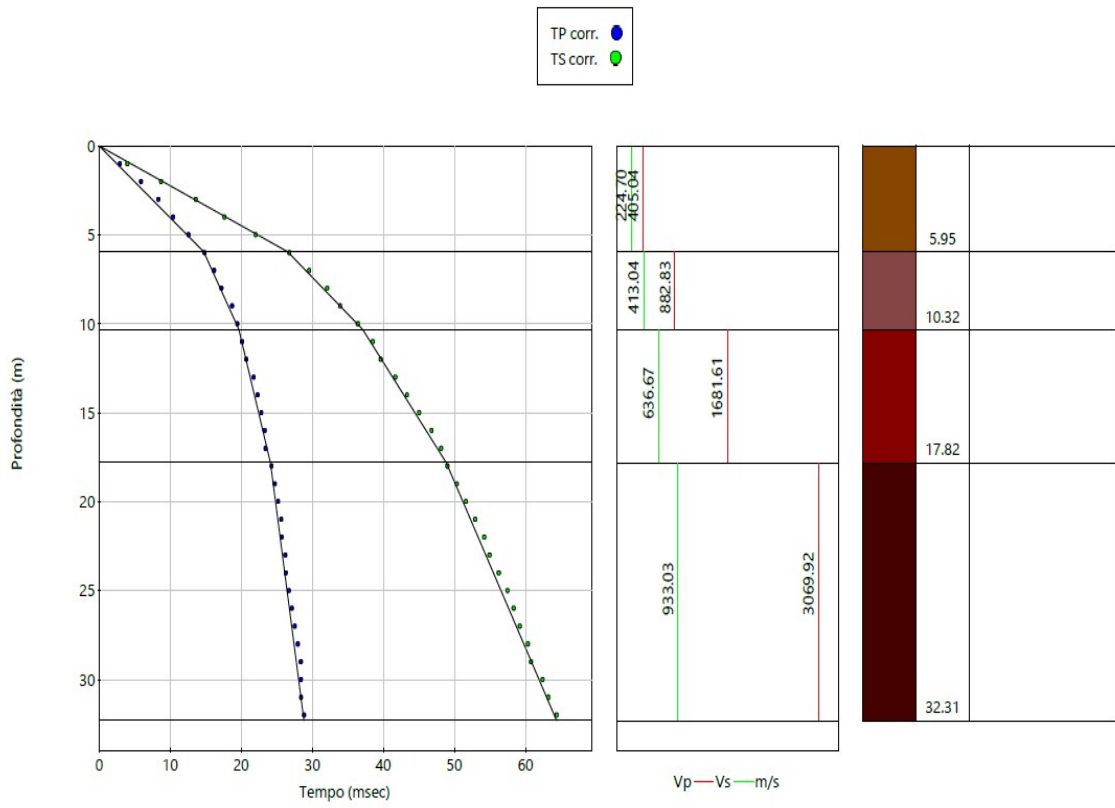
  

Scala (m)	Litologia	Descrizione	Quota	Metodo Perforazione	Metodo Stabiliz.	Caric. Carot.	Met. Stabiliz. Perforat.	I-(1)
0		Terreno riporto di sottofondo stradale.	0.50					
1		Sabbie limose da addensate a cementate di alterazione con presenza di pezzame arenaceo dell'ordine della ghiaia grossolana e del ciottolo.	4.00					
2			5.00					
3		Sabbie limose alterate addensate contenenti pezzame calcarenitico centimetrico brunastro.	6.80				# 1	
4		Calcareniti alterate grigiastre ramate a tratti fissili facilmente frantumabili.	16.40				# 2	
5		Sabbie addensate a cementate di alterazione con pezzame lapideo calcarenitico centimetrico bruno grigiastro.	18.50				# 3	
6		Siltiti marnose grigio verdastre compatte.	20.00				# 4	
7		Calcareniti alterate con trovanti decimetrici grigio verdastre a tratti fissili frantumabili.	24.00	(CS)			20.00	
8		Calcareniti frammentate alterate grigio bruno avana ramate con intercalazioni siltitiche e marnose calcaree frammentate. Trovante decimetrico tra 24.00 m - 24.40 m.	25.00					
9		Indice RQD tra 23.00 e 24.00 27% Indice RQD tra 24.00 e 25.00 50%						
10		Calcareniti compatte grigiastre a tratti bruno giallastre con locali intercalazioni di marnose calcaree frammentate.	30.00				# 5	
11		Indice RQD 25.00-26.00 30% Indice RQD 26.00-27.00 75% Indice RQD 27.00-28.00 65% Indice RQD 28-29.00 60% Indice RQD 29.0-30.00 65%						
12		Calcareniti frammentate grigiastre di diametro del ciottolo con presenza di trovanti centimetrici.	32.00	(CD)			32.00	
13		Indice RQD 30.00-31.00 49% Indice RQD 31.00-32.00 47%					# 6	
14							# 7	
15								A
								32.00

Piezometro: ATA-Tubo Aperto, CSG-Casagrande		Responsabile di sito Dr. Alessio Costantini	Direttore laboratorio Dr. Moretti Giuliano
Perforazione: CS-Carotiere Semplice, CD-Carotiere Doppio, EC-Elica Continua			
Stabilizzazione: RM-Rivestimento Metallico, FB-Fanghi Betonici			
Carotaggio: continuo			
Sonda: T44			
Campioni prelevati n° (data prelievo)		nessuno	

# DH4 - valle



Segue la stratigrafia relativa.



Autorizzazione Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti ad effettuare e certificare prove geotecniche sui terreni n. 4542 del 13/04/2012

Committente		Località		Certificato n° / Data						
Comune di Cavriglia		Castelnovo dei Sabbioni - Cavriglia (AR)		2550 del 10/10/2023						
Carriere		Sondaggio n.		Inizio / Fine Esecuzione						
Castelnovo dei Sabbioni		DHH		Dal 18/09/2023 al 25/09/2023						
Responsabile di sito		Operatore		Tipo Carotaggio						
Dr. Alessio Costantini		M'Barek e D'Andrea		continuo						
		Tipo Sonda		Diametro perforazione / Diametro rivestimento						
		T44		101 mm / 127 mm						
Scala (m)	Litologia	Descrizione	Quota	S.P.T. (n° Colpi)	Campioni	Metodo Perforazione	Metodo Stabilizzazione	Caric. Carotaggio	Metodo Sonda / Note	I-(1)
1		Coltre di riporto costituita limi sabbiosi argillosi con ghiaie eterogenee e laterizi	1.00							
		Siltiti argillose bruno grigiastre.	1.80							
		Campione	2.00	15-18-40	1.60					
2		Siltiti argillose bruno grigiastre contenenti pezzame centimetrico calcarenitico grigio.	3.50	2.00 PC	2.00					
3		Calcarenti fini, mame calcaree grigiastre frammentate dell'ordine della ghiaia grossolana.								
4										
5										# 1
6										
7		Siltiti argillose grigio avana intercalate ad abbondanti	7.00							
8		Calcarenti, mame calcaree grigiastre frammentate.	8.50							
9		Calcarenti fini e mame grigio biancastre con tratti ramati frammentate grossolanamente in pezzame lapideo perlopiù del diametro del ciottolo. Presenti localmente tratti di matrice siltitica.								# 2
10										
11										
12										
13										
14										
15		Alternanze di calcareniti e mame calcaree grigiastre frammentate grossolanamente pulite a tratti immersi in matrice siltitica grigio avana. Tratti argillitici tra 15.30 m e 16.00 m, tra 17.20 m e 18.00 m, tra 18.50 m e 19.00 m, tra 19.50 m e 19.80 m.	15.00							# 3
16										
17										
18										
19										
20		Calcarenti grossolane perlopiù frammentate del diametro del ciottolo con presenza di tratti compatti e di trovanti centimetrici di colorazione dal grigio, grigio scuro avana.	20.00							# 4
21										
22										
23		Indice RQD 20-21.00 55%								
24		Indice RQD 21-22.00 33%								
25		Indice RQD 23.00-24.00 60%								
26		Indice RQD 24.00-25.00 34%	25.00							# 5
27		Calcarenti grossolane compatte contenenti tratti frammentati con trovanti decimetrici di colorazione dal grigio scuro, verdastro al grigio chiaro avana. Presenti vene di calcite.								
28										
29		Indice RQD 25.00-26.00 92%								
30		Indice RQD 26.00-27.00 32%								
31		Indice RQD 27.00-28.00 62%								
32		Indice RQD 28.00-29.00 36%								
33		Indice RQD 29.00-30.00 40%	30.00							# 6
34		Calcarenti grossolane verdastre grigiastre, con tratto di matrice argillitica tra 30.80 m e 31.80 m.								
35			32.00							# 7
36										A
										32.00

Campioni: S-Paroli Sottili, O-Osterberg, R-Mauser, R-Rimaneggiato, R-Rimaneggiato da SPT

Piezometro: ATA-Tubo Aperto, CSG-Casagrande

Perforazione: CS-Carotere Semplice, CD-Carotere Doppio, IC-Elica Continua

Stabilizzazione: RM-Rivestimento Metallico, RB-Franghi Betonici

Prove SPT: PA-Punta Aperta, PC-Punta Chiusa

Carotaggio: continuo

Sonda: T44

Campioni prelevati n° (data prelievo)

01 (18/09/23)

 Responsabile di sito  
 Dr. Alessio Costantini

 Direttore laboratorio  
 Dr. Moretti Giuliano

Appare evidente da quanto emerso dalle indagini che nella zona di monte dell'area analizzata sono presenti coltri di spessore maggiore (> 6.0 m), con caratteristiche geotecniche scadenti rispetto allo scenario di valle, dove la coltre mostra potenze appena superiori ai 4.0 m, ma condizioni geotecniche delle coperture migliori. E' da rilevare anche, sempre a monte, la presenza di arenarie fortemente alterate sottostanti alle coltri di detrito, con spessori di circa 12.0 m.

Si riporta il quadro sinottico dei risultati delle analisi di laboratorio relative alle "Terre", ossia alle coltri di ricoprimento.

**QUADRO SINOTTICO DEI RISULTATI**

DETERMINAZIONE		SONDAGGIO	S4DH	S5PZ																	
		CAMPIONE	1	1																	
		da m	1,60	3,30																	
		a m	2,00	3,80																	
		N° laborat.	6636	6637																	
CONTENUTO NATURALE D'ACQUA	$W_n$	(%)	14,3	11,1																	
INDICE DEI VUOTI	$e$	(-)	0,64	0,43																	
POROSITA'	$n$	(%)	39,2	29,8																	
GRADO DI SATURAZIONE	$S_r$	(%)	59,8	69,3																	
PESO DI VOLUME NATURALE	$\gamma_n$	(kN/m <sup>3</sup> )	18,35	20,31																	
PESO DI VOLUME SECCO	$\gamma_d$	(kN/m <sup>3</sup> )	16,05	18,28																	
PESO DI VOLUME SATURO	$\gamma_{sat}$	(kN/m <sup>3</sup> )	19,90	21,21																	
PESO SPECIFICO DEI GRANULI	$\gamma_s$	(kN/m <sup>3</sup> )	26,39	26,05																	
FRAZIONE GHIAIOSA	$G$	(%)	15,9	12,8																	
FRAZIONE SABBIOSA	$S$	(%)	17,2	51,6																	
FRAZIONE LIMOSA	$L$	(%)	42,5	19,2																	
FRAZIONE ARGILLOSA	$A$	(%)	24,3	16,3																	
LIMITE DI LIQUIDITA'	$W_L$	(%)	42,5	30,2																	
LIMITE DI PLASTICITA'	$W_p$	(%)	18,4	16,5																	
INDICE DI PLASTICITA'	$IP$	(%)	24,1	13,7																	
INDICE DI CONSISTENZA	$IC$	(-)	1,2	1,4																	
LIMITE DI RITIRO	$W_s$	(%)																			
CLASSIFICAZIONE U.S.C.S. (S.I.)	<b>U.S.C.S</b>	(-)	CL	SC																	
CLASSIFICAZIONE AASHTO	<b>AASHTO</b>	(-)	A-7-6	A-6																	
VANE TEST (MEDIA DI PIU' VALORI)			(kPa)	/	/																
POCKET PENETROMETER (MEDIA O RANGE DI PIU' VALORI)			(kPa)	/	/																
RESISTENZA ALLA COMPRESSIONE AD ESPANSIONE LATERALE LIBERA	$\sigma$	(kPa)																			
PROVA DI TAGLIO DIRETTO TIPO CD*	$c'$	(kPa)	11	21																	
	$\phi'$	(°)	28	32																	
PROVA DI TAGLIO DIRETTO RESIDUO	$c_r$	(kPa)																			
	$\phi_r$	(°)																			
PROVA DI COMPRESSIONE TRIASSIALE UU	$c_u$	(kPa)																			
	$\phi_u$	(°)																			
PROVA DI COMPRESSIONE TRIASSIALE CIU	$c$	(kPa)																			
	$\phi$	(°)																			
PROVA DI COMPRESSIONE TRIASSIALE CID	$c'$	(kPa)																			
	$\phi'$	(°)																			
MODULO DI COMPRESSIBILITA' EDOMETRICA	$E$ (kPa)	12,3/25(kPa)																			
		25/49(kPa)																			
		49/98(kPa)			10152																
		98/196(kPa)	7688	15695																	
		196/392(kPa)	8918	11483																	
		392/785(kPa)	12614	19137																	
		785/1569(kPa)	24194	36046																	
		1569/3138(kPa)	45312	67419																	
COEFFICIENTE DI CONSOLIDAZIONE	$C_v$ cm <sup>2</sup> /sec	12,3/25(kPa)																			
		25/49(kPa)																			
		49/98(kPa)																			
		98/196(kPa)																			
		196/392(kPa)	1,04E-03	1,90E-03																	
		392/785(kPa)	8,34E-04	1,42E-03																	
		785/1569(kPa)	5,16E-04	1,57E-03																	
		1569/3138(kPa)	4,56E-04	1,33E-03																	
3138/6278(kPa)																					
PROVA DI COLONNA RISONANTE	$bc$																				

Tabella I

#### 4. MODELLO GEOTECNICO

Sulla scorta del Modello Geologico di Riferimento si sono distinte tre Unità geotecniche, con la prima suddivisa in due subunità:

**Ug1-** La copertura, sia antropica che naturale, è costituita da:

**- Ug1a**

**limi (siltiti) con argilla debolmente sabbioso-ghiaiosa** (sensu A.G.I.).

Si ripete a più livelli nel sottosuolo del Borgo con spessori variabili (v. stratigrafia)

La caratterizzazione è la seguente:

Peso di volume  $\gamma = 19.5 \text{ kN/mc}$   
Resistenza al taglio drenata  $c' = 11.0 \text{ kPa}; \phi' = 28^\circ$   
Modulo di deformazione edometrico  $E_d = 7688 \text{ kPa}$

**- Ug1b**

**sabbie debolmente limose argillose**, con tenori di ghiaie del 13% Spessore 4.7 m). A questa unità può essere assimilata la parte degradata del Macigno presente nella parte alta del versante, ossia nel Borgo antico di Castelnuovo dei Sabbioni (spessore 14.0 m).

La caratterizzazione è la seguente:

Peso di volume  $\gamma = 20.31 \text{ kN/mc}$   
Resistenza al taglio drenata  $c' = 21.0 \text{ kPa}; \phi' = 32^\circ$   
Modulo di deformazione edometrico  $E_d = 15695 \text{ kPa}$

**Ug2**

**Siltiti argillose marnose** molto consistenti.

Spessore variabile con intercalazioni ritmiche con le arenarie

Peso di volume  $\gamma = 19.6 \text{ kN/mc}$   
Resistenza al taglio drenata  $c' = 19.60 \text{ kPa}; \phi' = 27^\circ$

**Ug3**

**Arenaria Macigno**

L'arenaria dal punto di vista meccanico è una roccia di media resistenza con buone caratteristiche quando non alterata, ma spesso soggetta a fenomeni di degradazione con perdita consistente delle proprietà di resistenza; le siltiti e gli argilloscisti intercalati possono essere assimilati ad argille molto consistenti le cui proprietà meccaniche dipendono dallo stato di fratturazione ed alterazione (D'Elia et al., 1986).

Per la caratterizzazione del Macigno si fa riferimento al lavoro di "RIASSETTO IDROGRAFICO DEL COMPENSORIO MINERARIO DI SANTA BARBARA (Esu F. e D'Elia B., 1996). Il lago di Castelnuovo e il suo emissario – Relazione Geotecnica" ove per l'arenaria sono indicati i seguenti parametri:

Peso di volume  $\gamma = 24.5 - 25.5 \text{ kN/mc}$   
Resistenza a compressione  $s = 50 - 70 \text{ MPa}$  – roccia di media resistenza  
Inoltre, dalle analisi di laboratorio su arenaria (Focardi, 2018) è emerso quanto segue:

**· Campione "SIC1 Profondità 3,70 ÷ 3,90 m"**

**Prova di compressione monoassiale**

$\sigma_{\max} = 64,16 \text{ MPa}$   
 $\nu = 0,36$   
 $E_{s50} = 35,09 \text{ GPa}$   
 $E_{t50} = 15,45 \text{ GPa}$

Il comportamento meccanico dell'insieme mostra una minima resistenza al taglio al contatto tra arenarie e argillosecisti o nell'ambito dei livelli argillosecistosi con superfici lucide.

Successivi lavori quali “PROGETTO PER IL RECUPERO AMBIENTALE DELLA MINIERA DI SANTA BARBARA NEI COMUNI DI CAVRIGLIA (AR) E FIGLINE (FI) - All. 3 Relazione Geotecnica” e Gullotto G., 2006 “PROGETTO PER IL RECUPERO AMBIENTALE DELLA MINIERA DI SANTA BARBARA APPROFONDIMENTI E INTEGRAZIONI - Relazione Geologico-tecnica” (D'Elia B., 1999) descrivono un quadro geologico e geotecnico del tutto analogo.

Gli studi geomeccanici eseguiti in aree limitrofe negli anni 2010-2012 hanno portato alla definizione dei seguenti valori caratteristici:

### Macigno litofacies arenacea

*Rocce arenacee grossolanamente stratificate o massive con interstrati pelitici ridotti o assenti (Macigno) - Valori riferiti all'ammasso indisturbato*

<i>Peso di volume naturale / Peso di volume saturo:</i>	$\gamma_{nat} = 25.0 \text{ kN/mc} / \gamma_{sat} = 26.0 \text{ kN/mc}$
<i>Resistenza al taglio (Criterio di Rottura Hoek-Brown Generalizzato)</i>	
<i>Hoek-Brown Classification:</i>	$sigci = 48.3 \text{ MPa}, GSI = 51.1, mi = 15.67, D = 0$
<i>Hoek-Brown Criterion:</i>	$mb = 2.73278, s = 0.00436851, a = 0.505313$
<i>Failure Envelope Range:</i>	$sig3max = 2.60468 \text{ MPa}, \text{ Unit Weight} = 0.025 \text{ MN/m}^3, \text{ Slope Height} = 130 \text{ m}$
<i>Mohr-Coulomb Fit:</i>	$c = 1.03626 \text{ MPa}, \phi = 47.4154 \text{ degrees}$
<i>Rock Mass Parameters:</i>	$sigt = -0.0772104 \text{ MPa}, sigc = 3.10153 \text{ MPa}, sigcm = 10.6902 \text{ MPa}$

### Macigno litofacies pelitico-arenacea

*Rocce pelitico-arenacee o marnoso arenacee in alternanze decimetriche (Macigno litofacies pelitico-arenacea) - Valori riferiti all'ammasso indisturbato*

<i>Peso di volume naturale / Peso di volume saturo:</i>	$\gamma_{nat} = 25.0 \text{ kN/mc} / \gamma_{sat} = 26.0 \text{ kN/mc}$
<i>Resistenza al taglio (Criterio di Rottura Hoek-Brown Generalizzato)</i>	
<i>Hoek-Brown Classification:</i>	$sigci = 33.33 \text{ MPa}, GSI = 29, mi = 6.33, D = 0$
<i>Hoek-Brown Criterion:</i>	$mb = 0.501368, s = 0.000374886, a = 0.523899$
<i>Failure Envelope Range:</i>	$sig3max = 2.30969 \text{ MPa}, \text{ Unit Weight} = 0.025 \text{ MN/m}^3, \text{ Slope Height} = 130 \text{ m}$
<i>Mohr-Coulomb Fit:</i>	$c = 0.425275 \text{ MPa}, \phi = 30.1513 \text{ degrees}$
<i>Rock Mass Parameters:</i>	$sigt = -0.0249217 \text{ MPa}, sigc = 0.534448 \text{ MPa}, sigcm = 2.81167 \text{ MPa}$

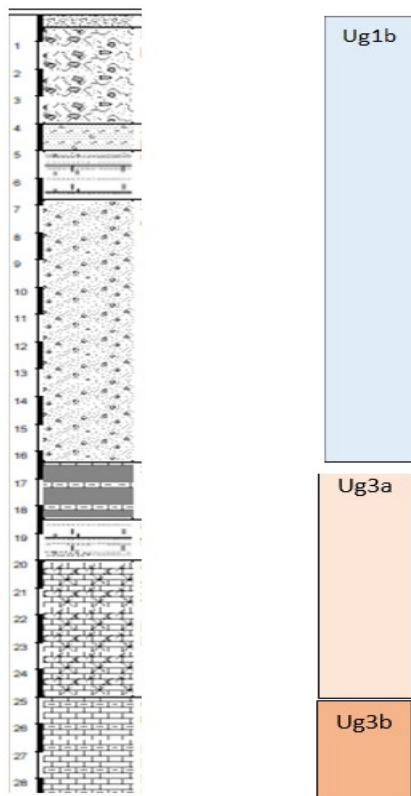
Si tenga presente, tuttavia, la disomogeneità dell'ammasso roccioso in termini di litologia, stato di alterazione, fratturazione, geometria e caratteristiche delle discontinuità.

In sintesi, si fornisce una tabella delle caratteristiche geotecniche:

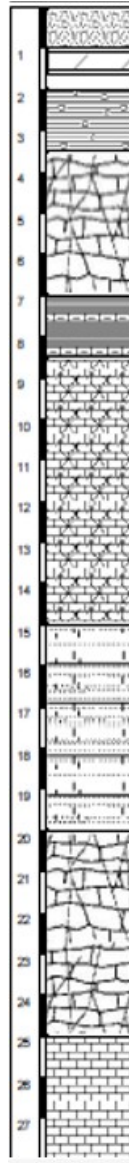
<b>Unità geotecnica</b>	<b>Parametri caratteristici</b>
<b>Ug1a - limi con argilla debolmente sabbioso-ghiaiosa</b>	$\gamma = 19.5 \text{ kN/mc}$ $c' = 11.0 \text{ kPa}; \phi' = 28^\circ$ $Ed = 7688 \text{ kPa}$
<b>Ug 1b - sabbie debolmente limoso argillose. Arenarie alterate e degradate (MACa)</b>	$\gamma = 20.31 \text{ kN/mc}$ $c' = 21.0 \text{ kPa}; \phi' = 32^\circ$ $Ed = 15695 \text{ kPa}$
<b>Ug2 - Siltiti argillose marnose</b>	$\gamma = 19.6 \text{ kN/mc}$ $c' = 19.60 \text{ kPa}; \phi' = 27^\circ$
<b>Ug3a – Arenarie e siltiti alternate (MAC)</b>	$\gamma = 25 \text{ kN/mc}$ $c' = 400 \text{ kPa}; \phi' = 30^\circ$
<b>Ug3b – Arenarie (MAC)</b>	$\gamma = 25 \text{ kN/mc}$ $c' = 1000 \text{ kPa}; \phi' = 27^\circ$

Tabella II

**Zona di monte – Borgo antico di Castelnuovo dei Sabbioni**

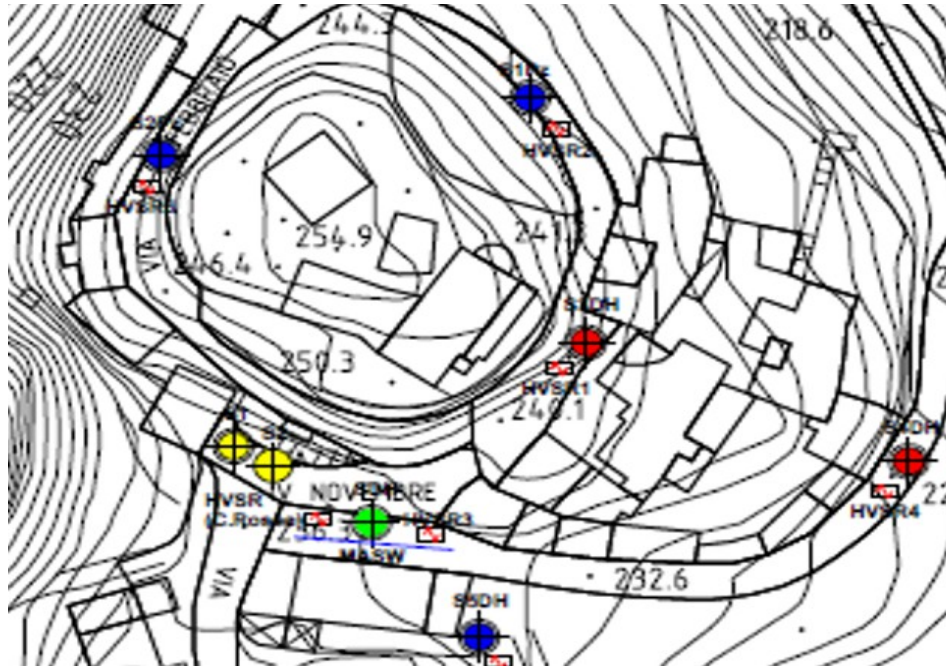


### Zona di scarpata verso la strada di valle



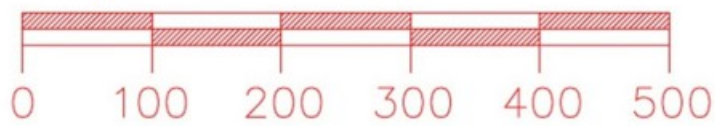
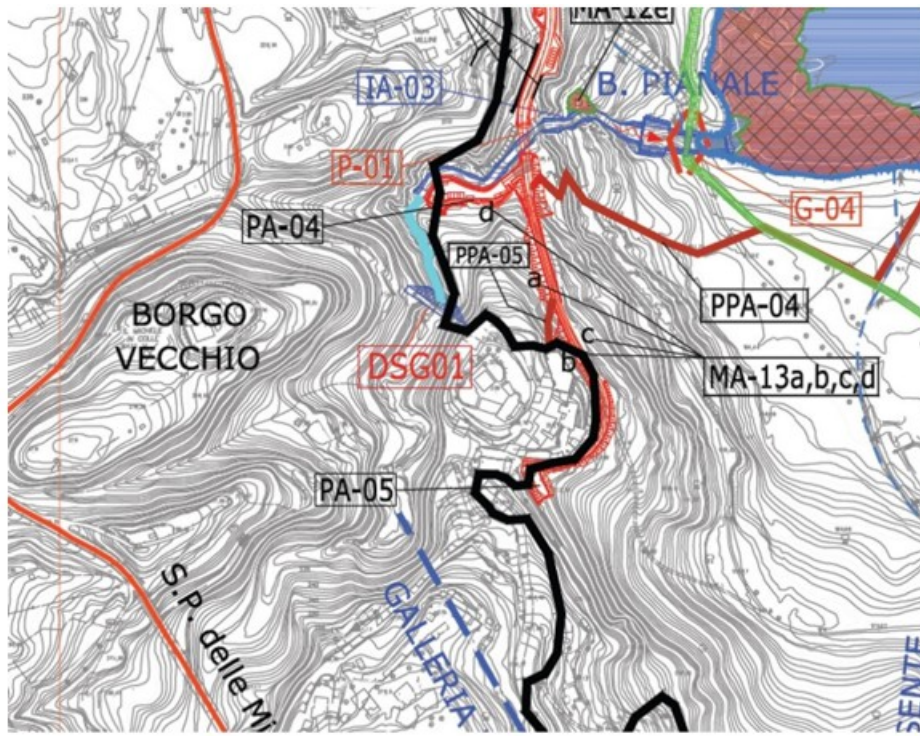
La falda nel Borgo antico si attesta a profondità di -7.0 m da piano campagna, mentre in prossimità della strada di valle, sotto Piazza IV Novembre, questa si approssima al piano campagna con una profondità di -3.0 m.





Ubicazione piezometri: pallini blu.

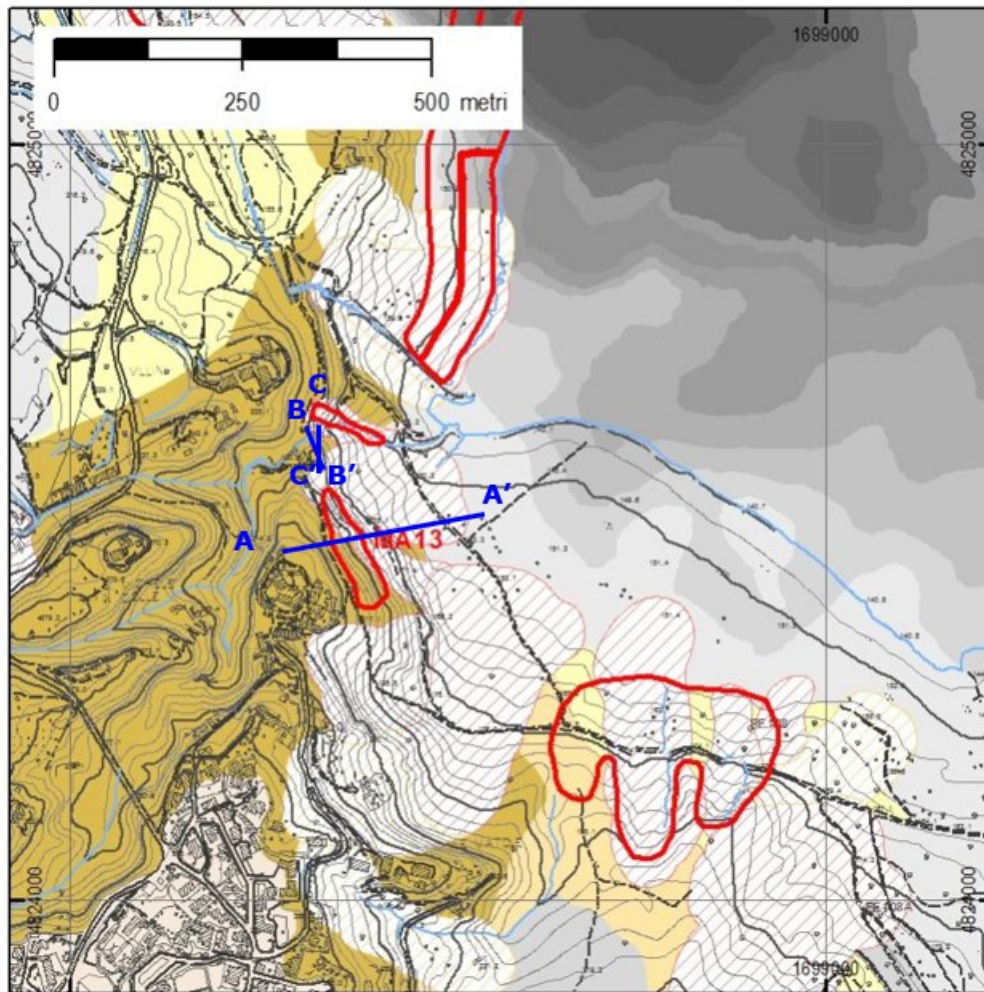
Gli interventi previsti sono sintetizzati nella seguente figura e nella Tabella III.



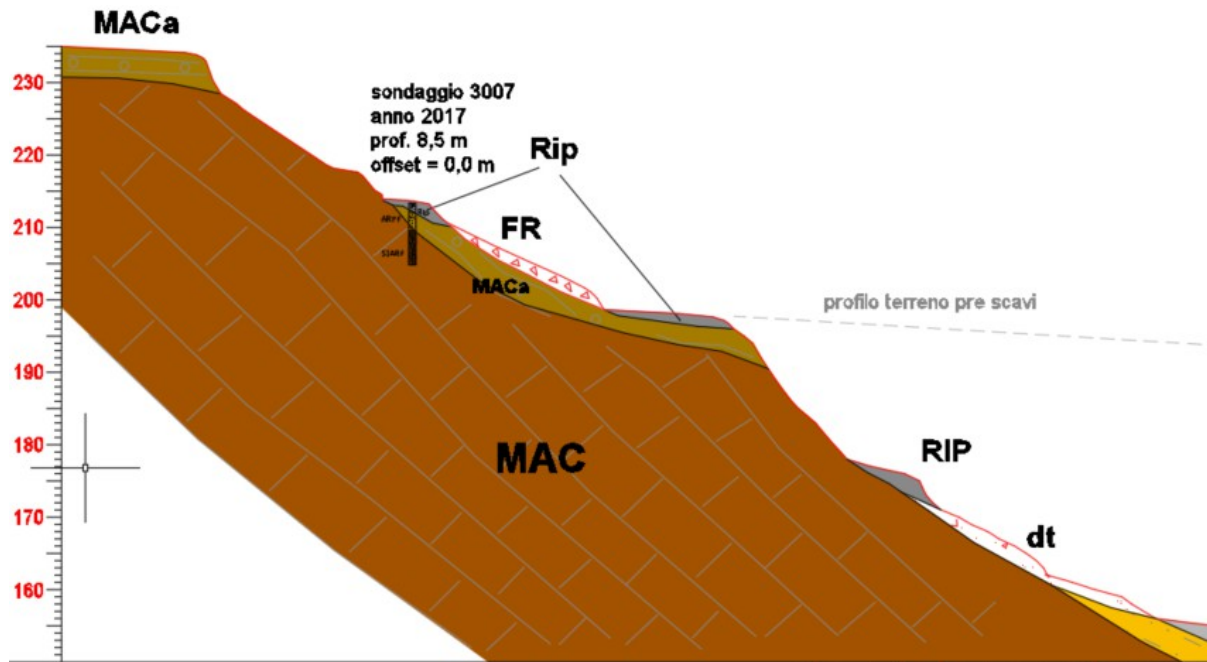
Ubicazione interventi

MA-13a	Strada vecchio Borgo Tratto Ponte Pianale - Muro in pietra esistente	Scavo versante per la realizzazione della sede stradale e consolidamento versante roccioso mediante rete metallica e chiodature
MA-13b	Strada vecchio Borgo Muro in pietra esistente	Consolidamento muro
MA-13c	Strada vecchio Borgo Tratto a monte del Ponte Pianale	Strada vecchio Borgo - Opere geotecniche lato di valle (muro in c.a. su pali e rilevati)
MA-13d	Strada vecchio Borgo Area Ponte Pianale	Scavo e consolidamento versante per la realizzazione di un parcheggio

Tabella III

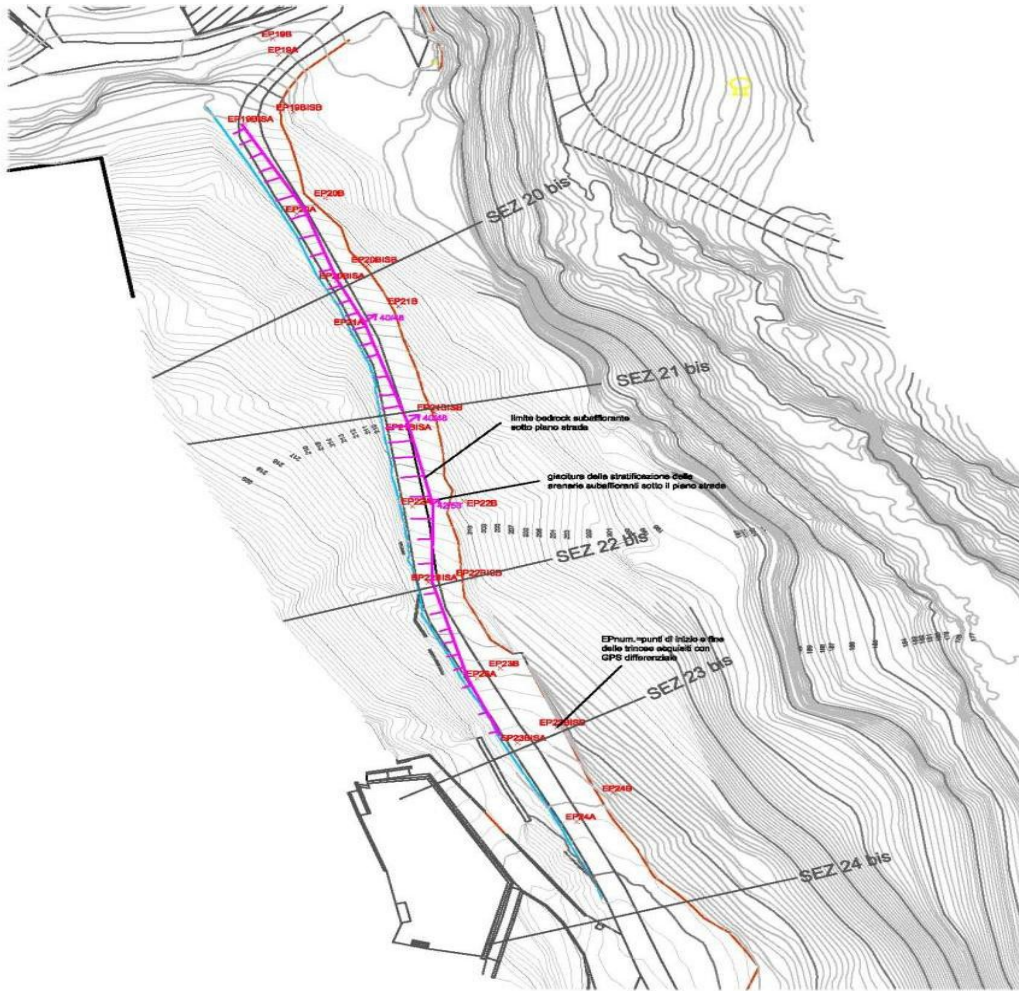


Ubicazione dell'intervento MA13 e sezioni di riferimento per la caratterizzazione geologica e geotecnica dell'area del Borgo di Castelnuovo

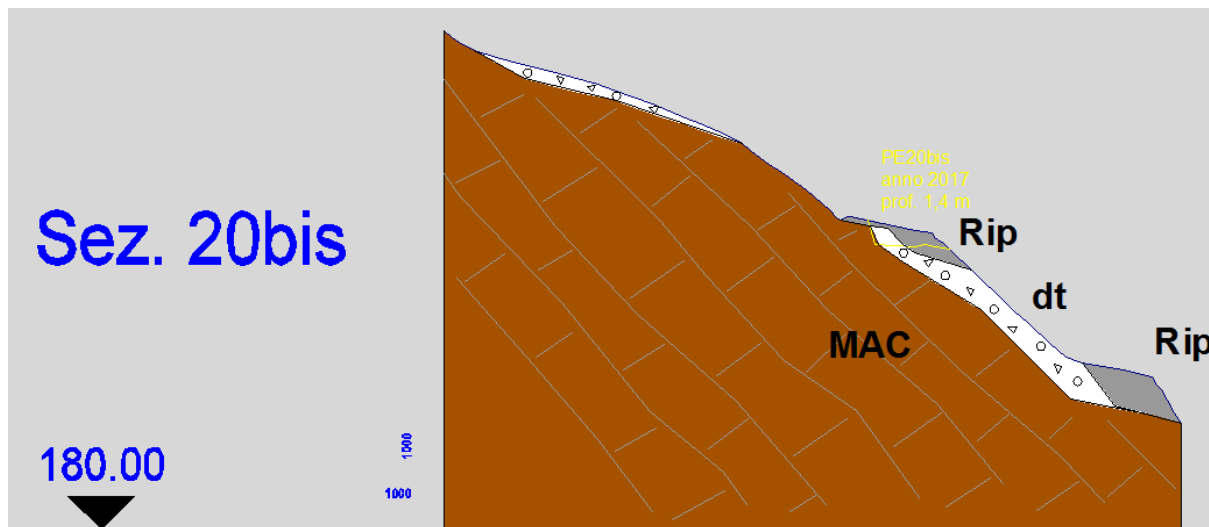


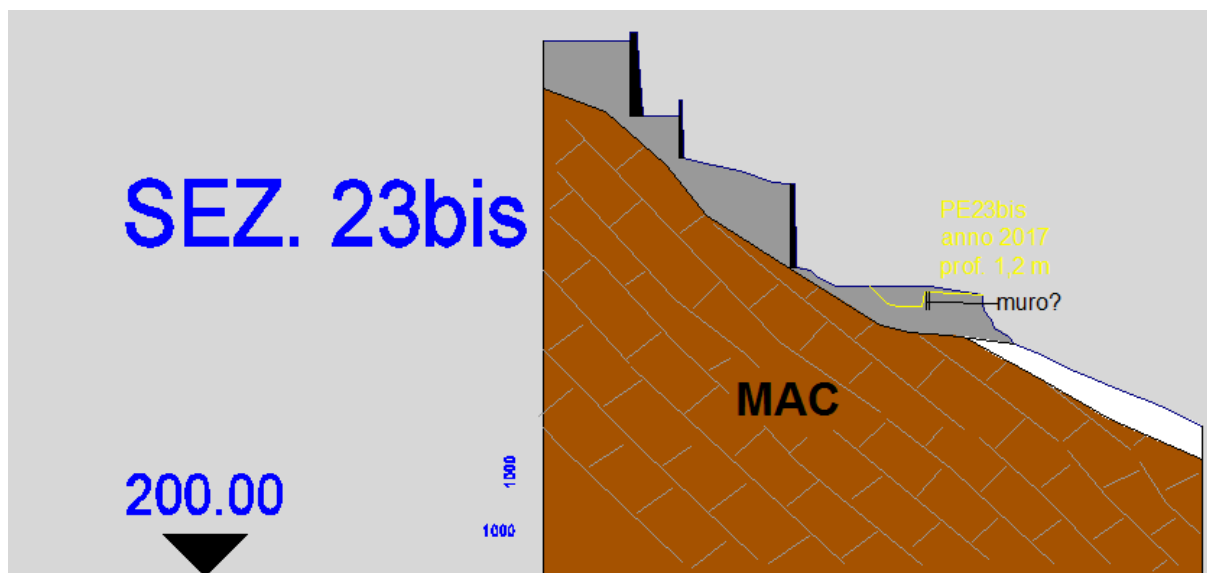
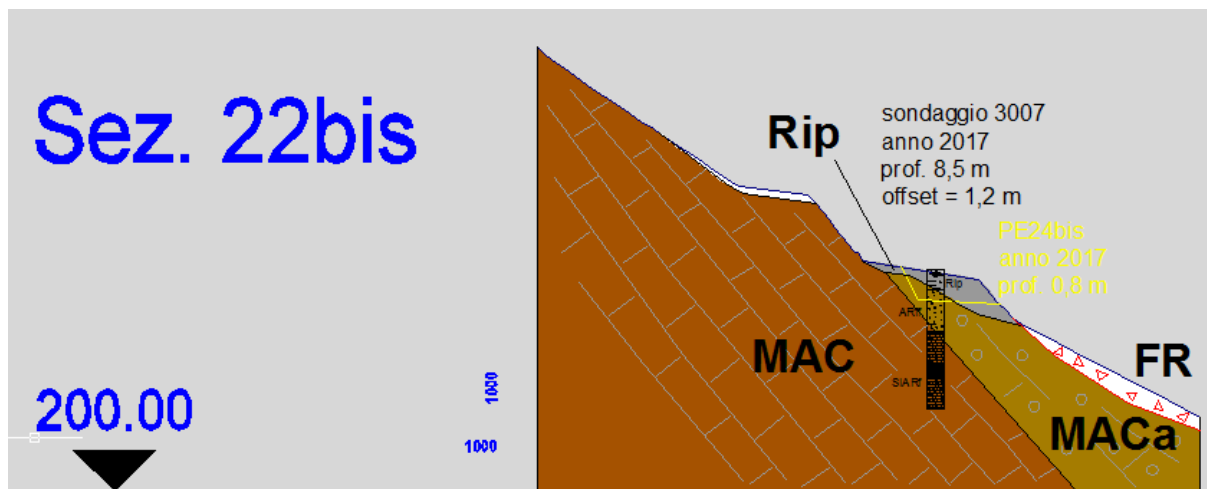
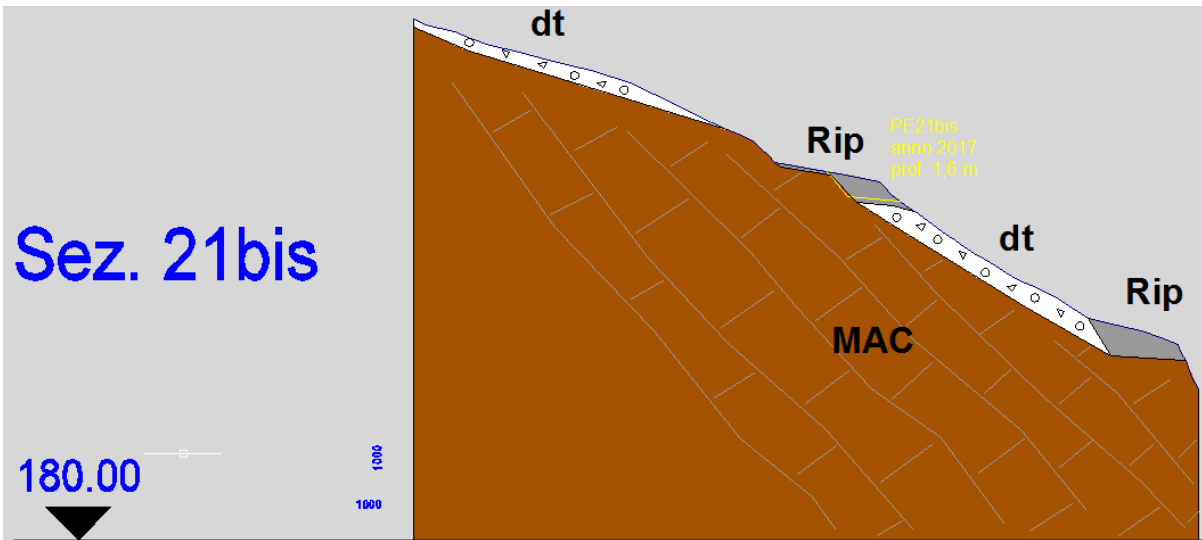
Sezione geologica e geotecnica lungo la traccia A-A'. MACa=Macigno: Arenarie stratificate e siltiti molto fratturate e alterate (alteriti), passanti a sabbie da sciolte a debolmente cementate (Ug1b); MAC=Macigno: Arenarie stratificate e siltiti stratificate, moderatamente fratturate e alterate (Ug3a); FR=frana: depositi eterometrici ed eterogenei derivanti da movimenti franosi attivi e quiescenti a spese prevalentemente del materiale di riporto (RIP) per la costruzione della strada; dt: detrito indifferenziato (Ug1a).  
(v. anche Tabella II)

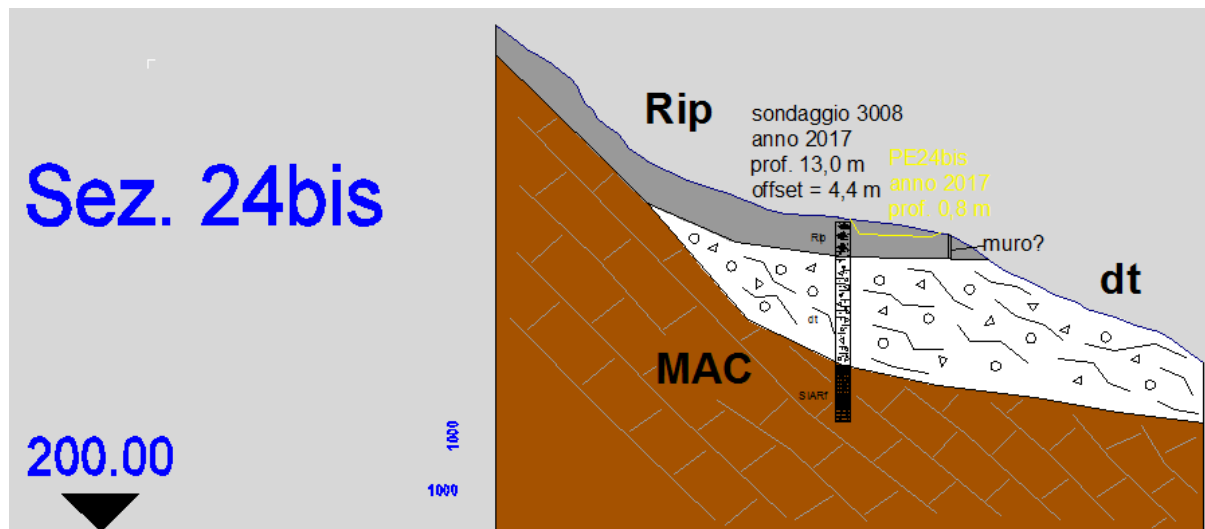




Ubicazione delle sezioni geologiche-geotecniche da 20 a 24 bis lungo la strada di accesso al vecchio borgo. La linea viola indica la posizione del bedrock arenaceo sub affiorante sotto il piano strada.







*Sezioni geologiche-geotecniche da 20 a 24 bis lungo la strada di accesso al vecchio borgo*

Le uniche notazioni da evidenziare in questa sede riguardano il parcheggio multipiano che sarà posto in contiguità con la paratia esistente. A tale proposito, è necessario valutare l'interazione che la nuova opera avrà con detta paratia. In particolare, sia sui sovraccarichi nel caso di utilizzo dell'area sovrastante la paratia, che sullo scalzamento della stessa per sbancamenti legati alla nuova costruzione andranno effettuate verifiche approfondite, che prendano in considerazione anche la possibilità di interventi di consolidamento. In ogni caso, a valle del parcheggio andrà prevista un'opera di presidio per prevenire i fenomeni decompressivi legati all'area di degradazione e franosità diffusa ivi presente.



## 5. VERIFICA DELLA SICUREZZA E DELLE PRESTAZIONI

### ANALISI DI STABILITA' ANTE E POST OPERAM

Le analisi vengono condotte sia nella condizione attuale, che dopo gli interventi di consolidamento ipotizzati per il versante.

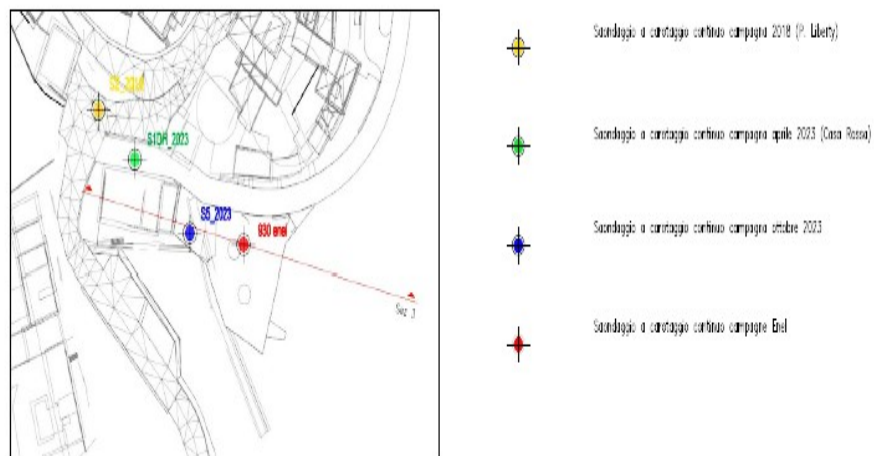
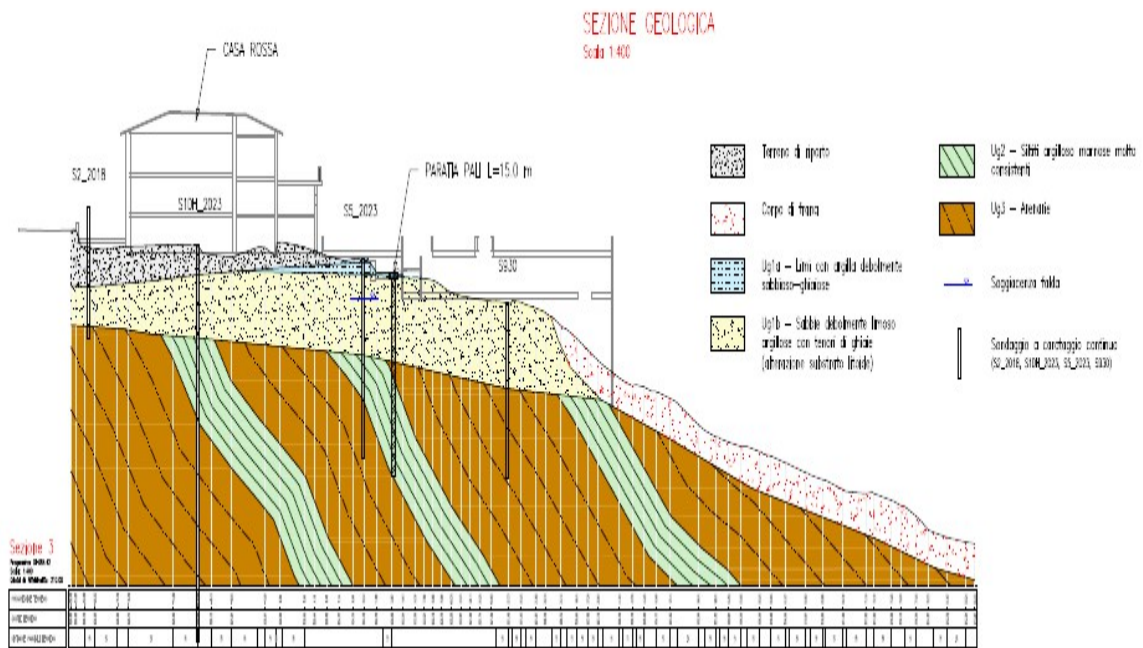
La caratterizzazione geotecnica è sintetizzata nella Tabella II.

Per le analisi di stabilità si adotta il Metodo di Morgenstern & Price (1978), applicando le NTC18 (Cap. 6 e 7).

Si anticipano nella tabella seguente i risultati di dette verifiche relativi al Fattore di sicurezza FS.

Stato	Condizioni statiche	Condizioni sismiche
<i>Ante operam FS</i>	<b>0.8106</b>	<b>0.7276</b>
<i>Post operam FS</i>	<b>1.494</b>	<b>1.2745</b>

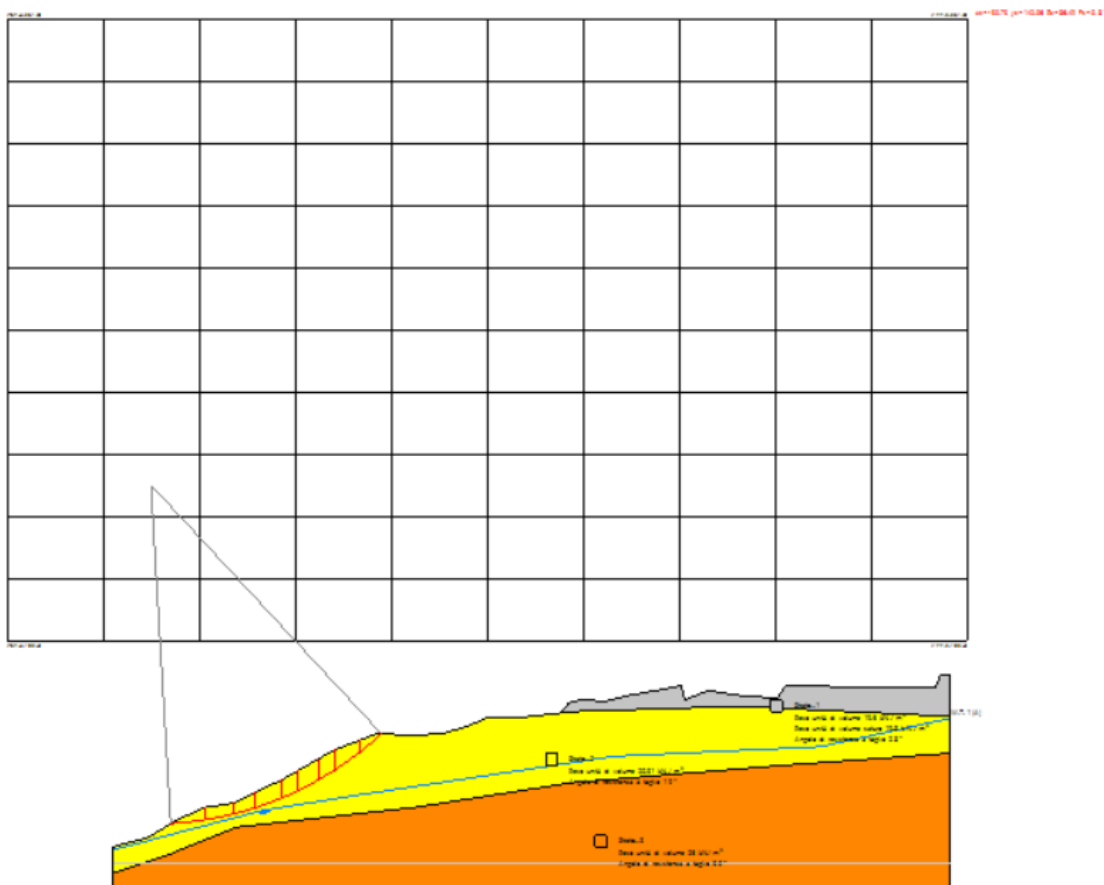
*Tabella IV*



*Sezione geologica e traccia della sezione*

## Ante operam

### Condizioni statiche



**$x_c = -30.73$   $y_c = 142.06$   $R_c = 86.49$   $F = 0.8106$**

### SCHEDA VERIFICA

Analisi di stabilità dei pendii con : MORGENTERN-PRICE (1965)

Calcolo eseguito secondo	NTC 2018
Numero di strati	3.0
Numero dei conci	10.0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1.3
Coefficiente parziale resistenza	1.0
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

### Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore $x_i$	-67.43 m
Ordinata vertice sinistro inferiore $y_i$	102.42 m
Ascissa vertice destro superiore $x_s$	177.21 m
Ordinata vertice destro superiore $y_s$	260.98 m
Passo di ricerca	10.0

Numero di celle lungo x	10.0
Numero di celle lungo y	10.0

### Coefficienti sismici [N.T.C.]

#### Dati generali

Tipo opera:	2
Classe d'uso:	II
Vita nominale:	50.0 [anni]
Vita di riferimento:	50.0 [anni]

#### Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	-40.44	49.76
2	-31.61	52.15
3	-24.45	56.44
4	-17.06	59.78
5	-9.66	60.98
6	2.75	66.94
7	16.11	74.58
8	26.85	78.64
9	37.59	78.16
10	44.27	78.88
11	50.0	80.55
12	55.01	82.69
13	64.8	82.93
14	73.63	83.89
15	75.77	86.51
16	80.07	87.47
17	84.36	86.75
18	91.28	88.42
19	104.41	90.81
20	105.36	87.23
21	111.09	89.61
22	115.86	88.9
23	120.4	88.18
24	128.99	87.7
25	130.9	90.81
26	169.08	90.33
27	170.51	93.43
28	172.9	93.43

#### Falda

Nr.	X (m)	y (m)
1	-40.33	49.04
2	-2.3	59.04
3	22.47	63.05
4	86.76	72.8
5	139.8	75.3
6	172.83	82.56

Vertici strato .....1

N	X (m)	y (m)
1	-40.44	49.76
2	-31.61	52.15
3	-24.45	56.44
4	-17.06	59.78
5	-9.66	60.98
6	2.75	66.94
7	16.11	74.58
8	26.85	78.64
9	37.59	78.16
10	44.27	78.88
11	50.0	80.55
12	55.01	82.69
13	64.8	82.93
14	73.63	83.89
15	73.84	84.15
16	119.28	85.62
17	172.9	83.04

Vertici strato .....2

N	X (m)	y (m)
1	-40.44	43.04
2	-26.73	47.61
3	-8.98	54.8
4	37.13	59.92
5	76.66	66.17
6	131.7	70.67
7	172.9	73.63

Coefficienti parziali azioni

Sfavorevoli: Permanenti, variabili	1.0	1.0
Favorevoli: Permanenti, variabili	1.0	1.0

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Tangente angolo di resistenza al taglio	1.25
Coazione efficace	1.25
Coazione non drenata	1.4
Riduzione parametri geotecnici terreno	No

Stratigrafia

Strato	Coazione (kN/m <sup>2</sup> )	Coazione non drenata (kN/m <sup>2</sup> )	Angolo resistenza al taglio (°)	Peso unità di volume (kN/m <sup>3</sup> )	Peso unità di volume saturo (kN/m <sup>3</sup> )	Litologia	
1	11		28	19.5	19.8		
2	0		19	20.31	20.5		
3	400		30	25			

Risultati analisi pendio

Fs minimo individuato	0.811
Ascissa centro superficie	-30.73 m
Ordinata centro superficie	142.059 m
Raggio superficie	86.491 m

B: Larghezza del concio; Alfa: Angolo di inclinazione della base del concio; Li: Lunghezza della base del concio; Wi: Peso del concio ; Ui: Forze derivanti dalle pressioni neutre; Ni: forze agenti normalmente alla direzione di scivolamento; Ti: forze agenti parallelamente alla superficie di scivolamento; Ei, Ei-1: Forze agenti normalmente alle facce del concio; Xi, Xi-1: Forze di tipo tagliante applicate sulle facce laterali .

$$x_c = -30.734 \quad y_c = 142.059 \quad R_c = 86.491 \quad F_s = 0.811$$

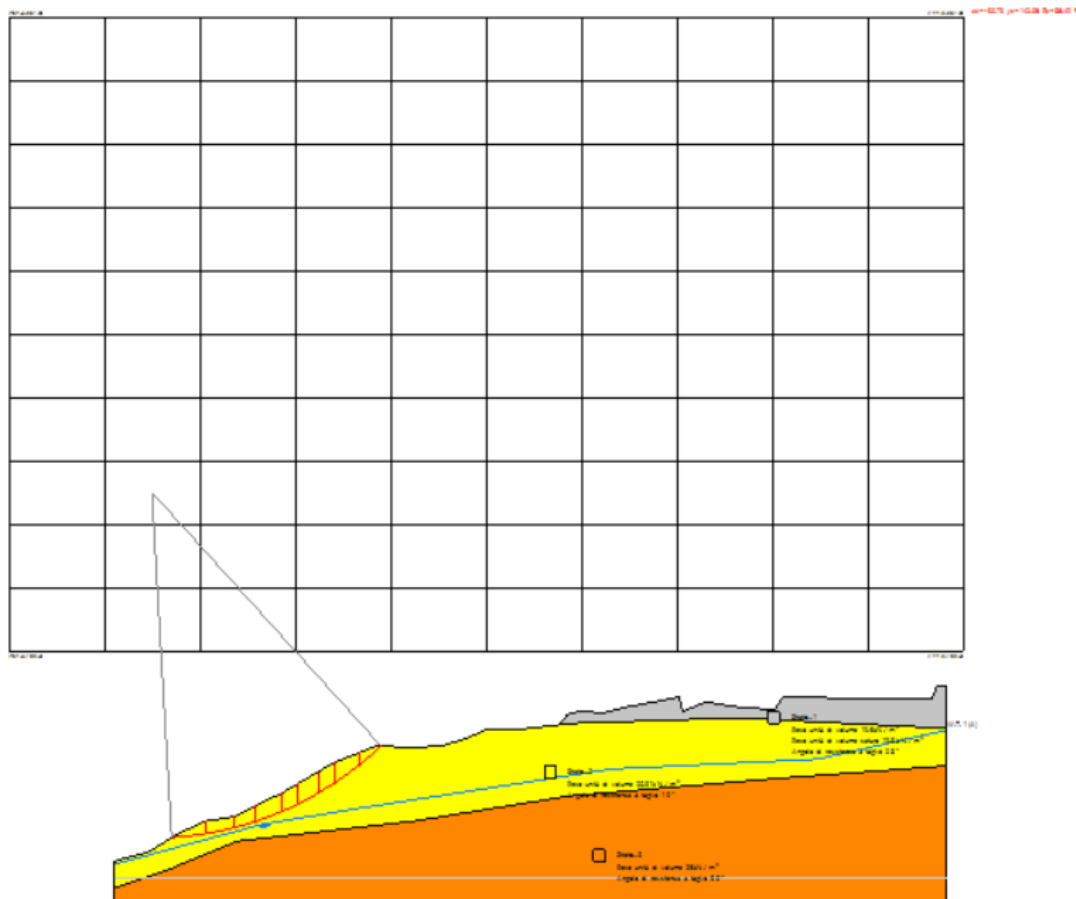
$$\text{Lambda} = 0.00$$

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (kN)
1	1.21	3.76	1.21	8.01
2	7.4	6.63	7.45	295.69
3	7.4	11.6	7.55	458.14
4	5.47	15.99	5.69	375.49
5	6.94	20.32	7.4	610.81
6	3.79	24.15	4.16	376.92
7	5.37	27.54	6.05	576.91
8	4.2	31.17	4.91	455.34
9	6.54	35.45	8.02	563.72
10	5.37	40.45	7.05	202.87

Sforzi sui concii

Nr.	Xi (kN)	Ei (kN)	Xi-1 (kN)	Ei-1 (kN)
1	1.43	3.3	0.0	0.0
2	44.68	102.94	1.43	3.3
3	88.68	204.32	44.68	102.94
4	109.91	253.22	88.68	204.32
5	122.63	282.53	109.91	253.22
6	119.4	275.1	122.63	282.53
7	100.26	230.98	119.4	275.1
8	73.59	169.55	100.26	230.98
9	24.34	56.07	73.59	169.55
10	0.0	0.0	24.34	56.07

Condizioni sismiche



**xc=-30.73 yc=142.06 Rc=86.49 F=0.7276**

SCHEDA VERIFICA

Analisi di stabilità dei pendii con : MORGENSTERN-PRICE (1965)

Lat./Long.	43.5509986877441/11.4526996612549 °
Calcolo eseguito secondo	NTC 2018
Numero di strati	3.0
Numero dei conci	10.0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1.3
Coefficiente parziale resistenza	1.0
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	-67.43 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	102.42 m
Ascissa vertice destro superiore xs	177.21 m
Ordinata vertice destro superiore ys	260.98 m
Passo di ricerca	10.0
Numero di celle lungo x	10.0
Numero di celle lungo y	10.0



**Coefficienti sismici [N.T.C.]****Dati generali**

Tipo opera:	2 – Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe II
Vita nominale:	50.0 [anni]
Vita di riferimento:	50.0 [anni]

**Parametri sismici su sito di riferimento**

Categoria sottosuolo:	C
Categoria topografica:	T1

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s <sup>2</sup> ]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30.0	0.422	2.592	0.254
S.L.D.	50.0	0.51	2.616	0.267
S.L.V.	475.0	1.196	2.4	0.297
S.L.C.	975.0	1.53	2.412	0.298

**Coefficienti sismici orizzontali e verticali**

Opera: Stabilità dei pendii e Fondazioni

S.L. Stato limite	amax [m/s <sup>2</sup> ]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0.633	0.2	0.0129	0.0065
S.L.D.	0.765	0.2	0.0156	0.0078
S.L.V.	1.794	0.24	0.0439	0.022
S.L.C.	2.2555	0.24	0.0552	0.0276

Coefficiente azione sismica orizzontale 0.0439  
 Coefficiente azione sismica verticale 0.022

**Vertici profilo**

Nr	X (m)	y (m)
1	-40.44	49.76
2	-31.61	52.15
3	-24.45	56.44
4	-17.06	59.78
5	-9.66	60.98
6	2.75	66.94
7	16.11	74.58
8	26.85	78.64
9	37.59	78.16
10	44.27	78.88
11	50.0	80.55
12	55.01	82.69
13	64.8	82.93
14	73.63	83.89
15	75.77	86.51
16	80.07	87.47
17	84.36	86.75
18	91.28	88.42
19	104.41	90.81
20	105.36	87.23
21	111.09	89.61

22	115.86	88.9
23	120.4	88.18
24	128.99	87.7
25	130.9	90.81
26	169.08	90.33
27	170.51	93.43
28	172.9	93.43

Falda

Nr.	X (m)	y (m)
1	-40.33	49.04
2	-2.3	59.04
3	22.47	63.05
4	86.76	72.8
5	139.8	75.3
6	172.83	82.56

Vertici strato .....1

N	X (m)	y (m)
1	-40.44	49.76
2	-31.61	52.15
3	-24.45	56.44
4	-17.06	59.78
5	-9.66	60.98
6	2.75	66.94
7	16.11	74.58
8	26.85	78.64
9	37.59	78.16
10	44.27	78.88
11	50.0	80.55
12	55.01	82.69
13	64.8	82.93
14	73.63	83.89
15	73.84	84.15
16	119.28	85.62
17	172.9	83.04

Vertici strato .....2

N	X (m)	y (m)
1	-40.44	43.04
2	-26.73	47.61
3	-8.98	54.8
4	37.13	59.92
5	76.66	66.17
6	131.7	70.67
7	172.9	73.63

Coefficienti parziali azioni

---

Sfavorevoli: Permanenti, variabili	1.0	1.0
Favorevoli: Permanenti, variabili	1.0	1.0

---

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

---

Tangente angolo di resistenza al taglio	1.25
Coesione efficace	1.25
Coesione non drenata	1.4
Riduzione parametri geotecnici terreno	No

#### Stratigrafia

Strato	Coesione (kN/m <sup>2</sup> )	Coesione non drenata (kN/m <sup>2</sup> )	Angolo resistenza al taglio (°)	Peso unità di volume (kN/m <sup>3</sup> )	Peso unità di volume saturo (kN/m <sup>3</sup> )	Litologia	
1	11		28	19.5	19.8		
2	0		19	20.31			
3	400		30	25			

#### Risultati analisi pendio

Fs minimo individuato	0.728
Ascissa centro superficie	-30.73 m
Ordinata centro superficie	142.059 m
Raggio superficie	86.491 m

$$x_c = -30.734 \quad y_c = 142.059 \quad R_c = 86.491 \quad F_s = 0.728$$

$$\text{Lambda} = 0.00$$

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (kN)
1	1.21	3.76	1.21	8.01
2	7.4	6.63	7.45	295.69
3	7.4	11.6	7.55	458.14
4	5.47	15.99	5.69	375.49
5	6.94	20.32	7.4	610.81
6	3.79	24.15	4.16	376.92
7	5.37	27.54	6.05	576.91
8	4.2	31.17	4.91	455.34
9	6.54	35.45	8.02	563.72
10	5.37	40.45	7.05	202.87

#### Sforzi sui conci

Nr.	Xi (kN)	Ei (kN)	Xi-1 (kN)	Ei-1 (kN)
1	1.67	3.54	0.0	0.0
2	51.84	109.78	1.67	3.54
3	102.13	216.29	51.84	109.78
4	125.99	266.84	102.13	216.29
5	139.69	295.85	125.99	266.84
6	135.56	287.09	139.69	295.85
7	113.25	239.85	135.56	287.09
8	82.79	175.34	113.25	239.85
9	27.2	57.6	82.79	175.34
10	0.0	0.0	27.2	57.6

#### Terapie di intervento

Le linee di intervento in questi casi sono individuabili in opere geotecniche del tipo della paratia ancorata che funge da presidio alla sottostante frana.

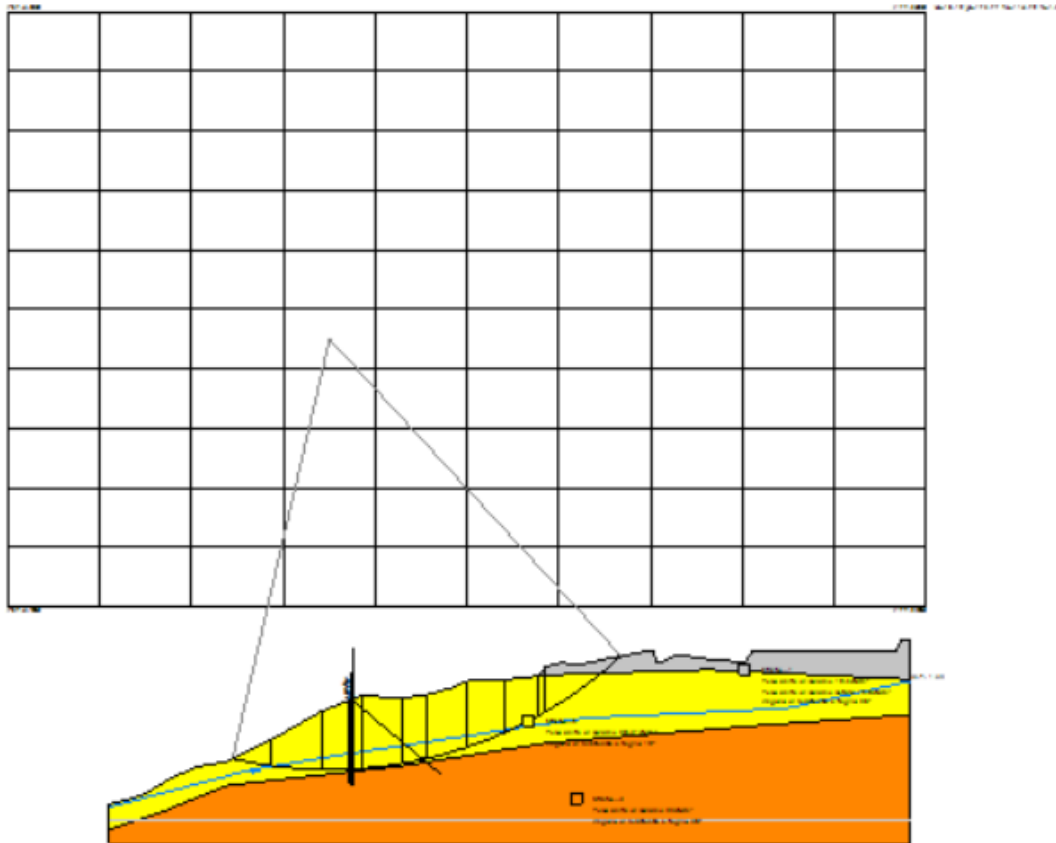
In via del tutto preliminare, lasciando allo strutturista il dimensionamento finale, si ricorre a pali trivellati diametro 800 mm lunghi 22 m e a barre tipo dywidag lunghe 30 m, inclinate di 40°.

Si simula la presenza della tipologia di intervento ipotizzata per verificare le condizioni di stabilità globale post operam.

Come si evince dalla Tabella IV, le condizioni di stabilità post operam sono  $\gg 1.2$  e pertanto la condizione di stabilità globale risulta verificata.

### Post operam

#### Condizioni statiche



**xc=18.19 yc=173.77 Rc=114.79 F=1.4994**

#### SCHEDA VERIFICA

Analisi di stabilità dei pendii con : MORGENSTERN-PRICE (1965)

Lat./Long.	43.5509986877441/11.4526996612549 °
Calcolo eseguito secondo	NTC 2018
Numero di strati	3.0
Numero dei conci	10.0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1.3
Coefficiente parziale resistenza	1.1
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	-67.43 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	102.42 m
Ascissa vertice destro superiore xs	177.21 m
Ordinata vertice destro superiore ys	260.98 m
Passo di ricerca	10.0
Numero di celle lungo x	10.0
Numero di celle lungo y	10.0

### Coefficienti sismici [N.T.C.]

#### Dati generali

Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe II
Vita nominale:	50.0 [anni]
Vita di riferimento:	50.0 [anni]

#### Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	C
Categoria topografica:	T1

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s <sup>2</sup> ]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30.0	0.422	2.592	0.254
S.L.D.	50.0	0.51	2.616	0.267
S.L.V.	475.0	1.196	2.4	0.297
S.L.C.	975.0	1.53	2.412	0.298

#### Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Stabilità dei pendii e Fondazioni

S.L. Stato limite	amax [m/s <sup>2</sup> ]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0.633	0.2	0.0129	0.0065
S.L.D.	0.765	0.2	0.0156	0.0078
S.L.V.	1.794	0.24	0.0439	0.022
S.L.C.	2.2555	0.24	0.0552	0.0276

#### Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	-40.44	49.76
2	-31.61	52.15
3	-24.45	56.44
4	-17.06	59.78
5	-9.66	60.98
6	2.75	66.94
7	16.11	74.58
8	26.85	78.64
9	37.59	78.16
10	44.27	78.88
11	50.0	80.55
12	55.01	82.69
13	64.8	82.93



14	73.63	83.89
15	75.77	86.51
16	80.07	87.47
17	84.36	86.75
18	91.28	88.42
19	104.41	90.81
20	105.36	87.23
21	111.09	89.61
22	115.86	88.9
23	120.4	88.18
24	128.99	87.7
25	130.9	90.81
26	169.08	90.33
27	170.51	93.43
28	172.9	93.43

Falda

Nr.	X (m)	y (m)
1	-40.33	49.04
2	-2.3	59.04
3	22.47	63.05
4	86.76	72.8
5	139.8	75.3
6	172.83	82.56

Vertici strato .....1

N	X (m)	y (m)
1	-40.44	49.76
2	-31.61	52.15
3	-24.45	56.44
4	-17.06	59.78
5	-9.66	60.98
6	2.75	66.94
7	16.11	74.58
8	26.85	78.64
9	37.59	78.16
10	44.27	78.88
11	50.0	80.55
12	55.01	82.69
13	64.8	82.93
14	73.63	83.89
15	73.84	84.15
16	119.28	85.62
17	172.9	83.04

Vertici strato .....2

N	X (m)	y (m)
1	-40.44	43.04
2	-26.73	47.61
3	-8.98	54.8
4	37.13	59.92
5	76.66	66.17

6	131.7	70.67
7	172.9	73.63

Coefficienti parziali azioni

Sfavorevoli: Permanenti, variabili	1.0	1.0
Favorevoli: Permanenti, variabili	1.0	1.0

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Tangente angolo di resistenza al taglio	1.25
Coazione efficace	1.25
Coazione non drenata	1.4
Riduzione parametri geotecnici terreno	Si

Stratigrafia

Strato	Coazione (kN/m <sup>2</sup> )	Coazione non drenata (kN/m <sup>2</sup> )	Angolo resistenza al taglio (°)	Peso unità di volume (kN/m <sup>3</sup> )	Peso unità di volume saturo (kN/m <sup>3</sup> )	Litologia	
1	11		28	19.5	19.8		
2	0		19	20.31			
3	400		30	25			

Pali...

N°	x (m)	y (m)	Diametro (m)	Lunghezza (m)	Inclinazione (°)	Interasse (m)	Resistenza al taglio (kN/m <sup>2</sup> )	Momento plasticizzazione (kN*m)	Metodo stabilizzazione
1	23.61657	77.07143	0.8	22	90	1.5	1500	360	Tensione tangenziale

Tiranti

N°	x (m)	y (m)	Lunghezza libera (m)	Lunghezza ancorata (m)	Diametro del bulbo (m)	Inclinazione (°)	Tiro (kN)
1	24.48147	77.28765	10	20	0	40	233.5053

Risultati analisi pendio [A2+M2+R2]

Fs minimo individuato	0.47
Ascissa centro superficie	-30.73 m
Ordinata centro superficie	157.91 m
Raggio superficie	95.93 m

$$x_c = 18.193 \quad y_c = 173.771 \quad R_c = 114.793 \quad F_s = 1.499$$

$$\text{Lambda} = 0.00$$

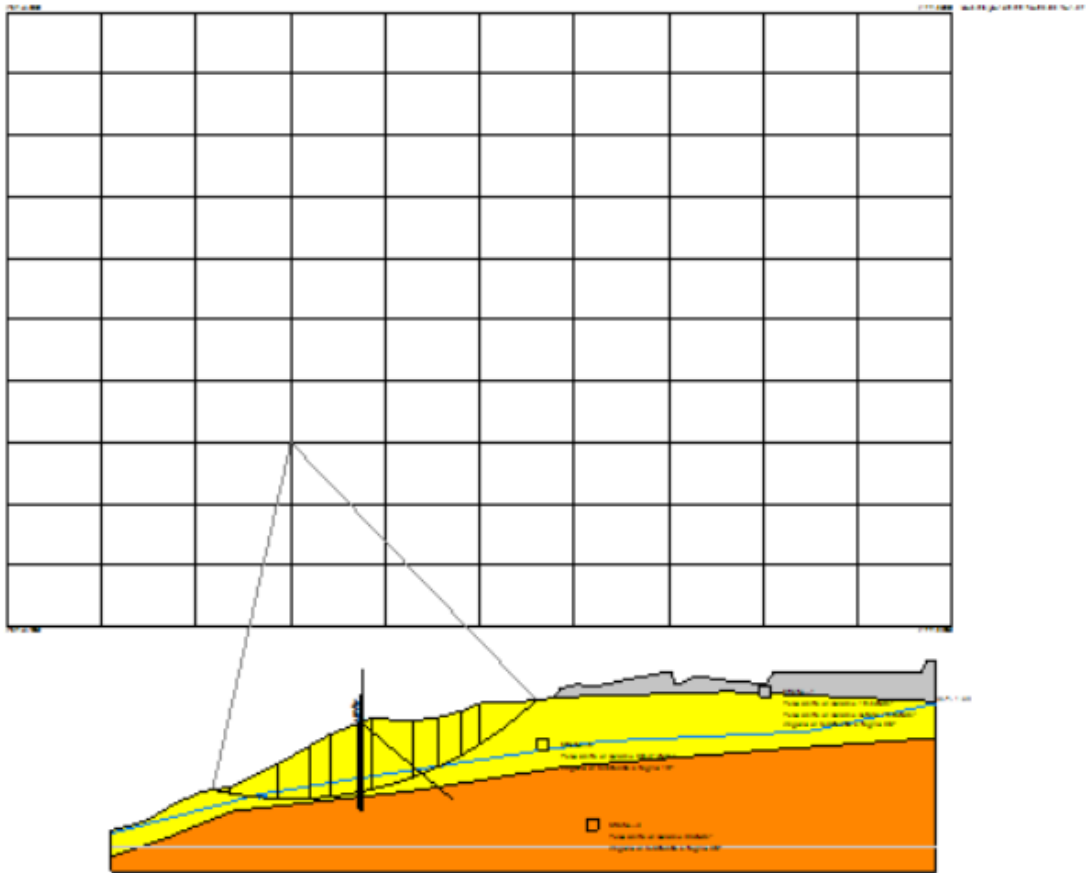
Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (kN)
1	10.43	-10.38	10.6	759.22
2	13.36	-4.38	13.4	3107.38
3	10.74	1.64	10.74	3834.9

4	10.74	7.03	10.82	4047.89
5	6.68	11.43	6.82	2342.96
6	10.74	15.92	11.17	3723.32
7	9.8	21.33	10.52	3181.56
8	8.81	26.42	9.84	2232.24
9	2.15	29.49	2.47	493.36
10	20.1	36.35	24.96	2443.5

Sforzi sui conci

Nr.	Xi (kN)	Ei (kN)	Xi-1 (kN)	Ei-1 (kN)
1	57.74	295.08	0.0	0.0
2	204.26	1043.86	57.74	295.08
3	588.12	3005.61	204.26	1043.86
4	592.53	3028.14	588.12	3005.61
5	553.7	2829.69	592.53	3028.14
6	450.39	2301.72	553.7	2829.69
7	313.81	1603.73	450.39	2301.72
8	188.29	962.24	313.81	1603.73
9	155.47	794.54	188.29	962.24
10	-64.89	-331.62	155.47	794.54

## Condizioni sismiche



$x_c=5.96$   $y_c=149.99$   $R_c=92.02$   $F=1.2745$

### SCHEDA VERIFICA

Analisi di stabilità dei pendii con : MORGENSTERN-PRICE (1965)

Lat./Long.	43.5509986877441/11.4526996612549 °
Calcolo eseguito secondo	NTC 2018
Numero di strati	3.0
Numero dei conchi	10.0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1.3
Coefficiente parziale resistenza	1.2
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

### Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	-67.43 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	102.42 m
Ascissa vertice destro superiore xs	177.21 m
Ordinata vertice destro superiore ys	260.98 m
Passo di ricerca	10.0
Numero di celle lungo x	10.0

**Coefficienti sismici [N.T.C.]****Dati generali**

Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe II
Vita nominale:	50.0 [anni]
Vita di riferimento:	50.0 [anni]

**Parametri sismici su sito di riferimento**

Categoria sottosuolo:	C
Categoria topografica:	T1

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s <sup>2</sup> ]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30.0	0.422	2.592	0.254
S.L.D.	50.0	0.51	2.616	0.267
S.L.V.	475.0	1.196	2.4	0.297
S.L.C.	975.0	1.53	2.412	0.298

**Coefficienti sismici orizzontali e verticali**

Opera: Stabilità dei pendii e Fondazioni

S.L. Stato limite	amax [m/s <sup>2</sup> ]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0.633	0.2	0.0129	0.0065
S.L.D.	0.765	0.2	0.0156	0.0078
S.L.V.	1.794	0.24	0.0439	0.022
S.L.C.	2.2555	0.24	0.0552	0.0276

Coefficiente azione sismica orizzontale 0.044

Coefficiente azione sismica verticale 0.022

**Vertici profilo**

Nr	X (m)	y (m)
1	-40.44	49.76
2	-31.61	52.15
3	-24.45	56.44
4	-17.06	59.78
5	-9.66	60.98
6	2.75	66.94
7	16.11	74.58
8	26.85	78.64
9	37.59	78.16
10	44.27	78.88
11	50.0	80.55
12	55.01	82.69
13	64.8	82.93
14	73.63	83.89
15	75.77	86.51
16	80.07	87.47
17	84.36	86.75
18	91.28	88.42



19	104.41	90.81
20	105.36	87.23
21	111.09	89.61
22	115.86	88.9
23	120.4	88.18
24	128.99	87.7
25	130.9	90.81
26	169.08	90.33
27	170.51	93.43
28	172.9	93.43

Falda

Nr.	X (m)	y (m)
1	-40.33	49.04
2	-2.3	59.04
3	22.47	63.05
4	86.76	72.8
5	139.8	75.3
6	172.83	82.56

Vertici strato .....1

N	X (m)	y (m)
1	-40.44	49.76
2	-31.61	52.15
3	-24.45	56.44
4	-17.06	59.78
5	-9.66	60.98
6	2.75	66.94
7	16.11	74.58
8	26.85	78.64
9	37.59	78.16
10	44.27	78.88
11	50.0	80.55
12	55.01	82.69
13	64.8	82.93
14	73.63	83.89
15	73.84	84.15
16	119.28	85.62
17	172.9	83.04

Vertici strato .....2

N	X (m)	y (m)
1	-40.44	43.04
2	-26.73	47.61
3	-8.98	54.8
4	37.13	59.92
5	76.66	66.17
6	131.7	70.67
7	172.9	73.63

Coefficienti parziali azioni

Sfavorevoli: Permanenti, variabili

1.0 1.0

## Coefficients parziali per i parametri geotecnici del terreno

Tangente angolo di resistenza al taglio	1.25
Coazione efficace	1.25
Coazione non drenata	1.4
Riduzione parametri geotecnici terreno	No

## Stratigrafia

Strato	Coazione (kN/m <sup>2</sup> )	Coazione non drenata (kN/m <sup>2</sup> )	Angolo resistenza al taglio (°)	Peso unità di volume (kN/m <sup>3</sup> )	Peso unità di volume saturo (kN/m <sup>3</sup> )	Litologia	
1	11		28	19.5	19.8		
2	0		19	20.31			
3	400		30	25			

## Pali...

N°	x (m)	y (m)	Diametro (m)	Lunghezza (m)	Inclinazione (°)	Interasse (m)	Resistenza al taglio (kN/m <sup>2</sup> )	Momento plasticizzazione (kN*m)	Metodo stabilizzazione
1	23.61657	77.07143	0.8	22	90	1.5	1500	360	Tensione tangenziale

## Tiranti

N°	x (m)	y (m)	Lunghezza libera (m)	Lunghezza ancorata (m)	Diametro del bulbo (m)	Inclinazione (°)	Tiro (kN)
1	24.48147	77.28765	10	20	0	40	233.5053

## Risultati analisi pendio

Fs minimo individuato	1.274
Ascissa centro superficie	5.962 m
Ordinata centro superficie	149.987 m
Raggio superficie	92.021 m

$$x_c = 5.962 \quad y_c = 149.987 \quad R_c = 92.021 \quad F_s = 1.274$$

$$\text{Lambda} = 0.00$$

Nr.	B (m)	Alfa (°)	Li (m)	Wi (kN)
1	4.65	-11.25	4.74	82.09
2	12.41	-5.89	12.47	1388.92
3	8.09	0.52	8.09	1853.72
4	5.28	4.69	5.29	1585.52
5	10.74	9.73	10.9	3778.22
6	10.74	16.61	11.21	3621.57
7	6.78	22.39	7.33	1877.08
8	5.63	26.63	6.3	1372.89
9	5.01	30.4	5.81	1121.02
10	14.51	37.95	18.4	1670.21

## Sforzi sui conci

Nr.	$X_i$ (kN)	$E_i$ (kN)	$X_{i-1}$ (kN)	$E_{i-1}$ (kN)
1	9.39	37.8	0.0	0.0
2	119.5	481.09	9.39	37.8
3	183.9	740.32	119.5	481.09
4	197.63	795.61	183.9	740.32
5	557.45	2244.15	197.63	795.61
6	436.49	1757.2	557.45	2244.15
7	343.55	1383.05	436.49	1757.2
8	247.91	998.04	343.55	1383.05
9	152.35	613.31	247.91	998.04
10	-43.07	-173.38	152.35	613.31

## 6. COLLAZIONE INDAGINI GEOGNOSTICHE DAL 1988 AL 2018

In relazione alla parte conclusiva della richiesta di integrazioni della Regione Toscana Direzione Difesa del Suolo e Protezione Civile - Settore Genio Civile Valdarno Superiore sede di Arezzo, con proprio protocollo AOOGR/PO n. 323770 del 07.06.2024, che formula la seguente richiesta:

*“A tale proposito si chiede di allegare anche tutte le indagini geognostiche e geofisiche, comprensive dei monitoraggi inclinometrici, effettuate nella zona di interesse tra il 1988 ed il 2018”.*

Si allega al presente rapporto la documentazione stratigrafica (corredata da analisi di laboratorio di meccanica delle terre) e le certificazioni delle indagini sismiche svolte da ENEL nel periodo 1988 – 2018, per estratto dal rapporto “PROGETTO STRADA VECCHIO BORGO DI CASTELNUO O – INDAGINI E PROVE IN SITO” (CGT Engineering, 2024).

ENEL, che ha fornito le certificazioni allegate ne autorizza l'uso ai fini di studio per necessità comunali.

Dagli stessi archivi ENEL non sono state rintracciate documentazioni e certificazioni relativamente al monitoraggio inclinometrico delle verticali mostrate in planimetria dei sondaggi.

Firenze, li 24.06.2024

Prof. Geol. Eros Aiello


Dott. Geol. Gabriele Grandini



## **ALLEGATO**


***“PROGETTO STRADA VECCHIO BORGO DI CASTELNUOVO  
– INDAGINI E PROVE IN SITO”  
(ENEL – CGT Engineering, 2024)***

 HTGT DESIGN AND EXECUTION			Relazione Tecnica												
			Document / Documento n. <b>PBSMA</b>			Sheet Pagina 1 of di 115									
PROJECT <i>Progetto</i>			<b>MINIERA DI SANTA BARBARA</b>  <b>PIANO DI RECUPERO AMBIENTALE</b>				Security Index <i>Indice Sicurezza</i>								
							Internal Use / P								
TITLE <i>Titolo</i>			<b>PROGETTO STRADA VECCHIO BORGO DI CASTELNUOVO –          INDAGINI E PROVE IN SITO</b>												
CLIENT <i>Cliente</i>			<b>ENEL GLOBAL GENERATION – GENERATION ITALY</b> <b>O&amp;M GAS ITALY – POWER PLANT CENTER – ex Area Mineraria Santa          Barbara</b>												
JOB no. ....			Document no. ....												
CLIENT SUBMITTAL <i>Inoltro al Cliente</i>		<input type="checkbox"/> FOR APPROVAL <i>Per Approvazione</i>		<input type="checkbox"/> FOR INFORMATION ONLY <i>Per Informazione</i>		<input type="checkbox"/> NOT REQUESTED <i>Non Richiesto</i>									
SYSTEM <i>Sistema</i> ...		APPL. TO SECT. <i>Valido per le sez.</i> ...		DOC. TYPE <i>Tipo Doc.</i> TL		DISCIPLINE <i>Disciplina</i> C									
				FILE <i>File</i>		<b>PBSMA</b>									
REV		DESCRIPTION OF REVISIONS / <i>Descrizione delle revisioni</i>													
00		Prima emissione gg/mm/2024													
															
00		gg.mm.24		ES		E. Aiello		F. Bonciani		R. Branca		M. Gonella		S. Perugini	
						CGT Engineering		CGT Engineering		Artelia		Artelia		PE	
REV		Date <i>Data</i>		Scope <i>Scopo</i>		Prepared by <i>Preparato</i>		Co-operations <i>Collaborazioni</i>				Approved by <i>Approvato</i>		Issued by <i>Emesso</i>	

 HGTG DESIGN AND EXECUTION	MINIERA DI SANTA BARBARA PIANO DI RECUPERO AMBIENTALE	Document <i>Documento n.</i> <b>PBSMA</b>
	PROGETTO STRADA VECCHI O BORGO DI CASTELNUOVO INDAGINI E PROVE IN SITO	REV. 00    gg.mm.24 Sheet      2    of <i>Pagina</i> di 115


## INDICE

1.	PREMESSA .....	4
2.	SONDAGGI .....	9
	925	10
	930	11
	935	13
	936	16
	937	18
	938	20
	939	21
	946	22
	966	25
	967	27
	969	30
	970	33
	1051	36
	1052	39
	1071	43
	1071A	46
	1071B	47
	1175	48
	3007	50
	3008	52
	3045	54
	3046	55
3.	ANALISI DI LABORATORIO SU CAMPIONI .....	56
	3007i1	57
	3008i1	60

 HGTG DESIGN AND EXECUTION	MINIERA DI SANTA BARBARA PIANO DI RECUPERO AMBIENTALE	Document <i>Documento n.</i> <b>PBSMA</b>
	PROGETTO STRADA VECCHIO BORGO DI CASTELNUOVO INDAGINI E PROVE IN SITO	REV. 00    gg.mm.24 Sheet      3    of <i>Pagina</i> di 115

4. INDAGINI GEOFISICHE..... 61

REF_1	62
REF_2	68
REF_3	74
MASW_102	80
MASW_106	86
HVSR_103	92
HVSR_104	93
HVSR_109	96
SISM1	110
SISM3	112
SISM4	114

 HGTG DESIGN AND EXECUTION	MINIERA DI SANTA BARBARA PIANO DI RECUPERO AMBIENTALE	Document <i>Documento n.</i> <b>PBSMA</b>
	PROGETTO STRADA VECCHIO BORGO DI CASTELNUOVO INDAGINI E PROVE IN SITO	REV. 00    gg.mm.24 Sheet      of <i>Pagina</i> 4    di    115

## 1. PREMESSA

Il presente elaborato raccoglie tutte le indagini e prove in sito eseguite nell'area di interesse dell'intervento MA-13 previsto nel Progetto di recupero ambientale della miniera di Santa Barbara – Lotto A.


L'intervento identificato con la sigla MA-13 consiste nella sistemazione della strada di accesso al Vecchio Borgo di Castelnuovo dei Sabbioni (Comune di Cavriglia), nel tratto compreso tra il Borro Pianale e il borgo stesso, per una lunghezza di circa 250 metri (Figura 1).

Attualmente la strada consiste in una pista di servizio della miniera con fondo sterrato, avente larghezza di circa 3,5 m che corre a mezzacosta con pendenza media del 16,5%.



Figura 1 - Inquadramento geografico dell'intervento. In giallo il tracciato della strada di accesso al Vecchio Borgo di Castelnuovo.



 HGTG DESIGN AND EXECUTION	MINIERA DI SANTA BARBARA PIANO DI RECUPERO AMBIENTALE	Document <i>Documento n.</i> <b>PBSMA</b>
	PROGETTO STRADA VECCHI O BORGO DI CASTELNUOVO INDAGINI E PROVE IN SITO	REV. 00    gg.mm.24 Sheet            5    of <i>Pagina</i> di    115

Il sito minerario è stato indagato, nelle fasi di studio propedeutiche all'attività estrattiva e nel corso della stessa, attraverso un significativo numero di indagini, consistenti in quasi 2.000 punti corrispondenti per lo più ad altrettanti sondaggi e prove, con prelievo di campioni, prove di laboratorio ed installazione di strumentazioni di monitoraggio.


L'enorme mole di dati raccolta tra la fine degli anni 60 e la fine degli anni 90 ha permesso, di produrre elaborati di sintesi che consentono una valutazione complessiva e robusta dei caratteri stratigrafici, geotecnici e geomorfologici dei siti indagati.

A partire dal 2017 è iniziata una nuova campagna di indagini che ha integrato e finalizzato le conoscenze con specifico riferimento ai siti ed alle tematiche di interesse per le attività previste nell'ambito dello recupero ambientale dell'area mineraria. La nuova campagna di indagini è stata svolta tra Aprile 2017 ed agosto 2020 ed ha previsto la realizzazione di 45 verticali di sondaggio, con prelievo di 60 campioni, installazione di 14 piezometri di Casagrande e 16 tubi inclinometrici.

Di queste indagini, 22 ricadono nell'area del Borgo di Castelnuovo e sono state realizzate tra il 1988 e il 2018 secondo quanto riportato nella Tabella 2.

NOME INDAGINE	ANNO	PROFONDITA	TIPO	NOTE	X_GB	Y_GB	QUOTA
925	1988	19.7	Sondaggio		1698305,86	4824325,52	244,7
930	1988	13.3	Sondaggio		1698320,66	4824343,53	235,6
935	1988	1	Sondaggio		1698333,97	4824328,67	233,4
936	1989	9.5	Sondaggio		1698341,42	4824312,41	233,3
937	1989	19.7	Sondaggio		1698387,53	4824324,77	217,7
938	1989	5.4	Sondaggio		1698305,87	4824319,22	243,6
939	1989	7.1	Sondaggio		1698313,95	4824313,99	248,0
946	1989	19.7	Sondaggio		1698290,67	4824318,81	249,1
966	1989	19.4	Inclinometro	inclin.71	1698312,68	4824298,14	250,4
967	1989	16.2	Inclinometro	inclin.71	1698302,55	4824310,90	249,0
969	1989	17.5	Piezometro		1698294,03	4824287,50	255,4
970	1989	15.2	Sondaggio		1698317,85	4824314,02	242,8
1051	1990	21	Piezometro		1698331,15	4824332,18	232,4
1052	1990	26.6	Sondaggio		1698322,28	4824354,89	234,1
1071	1990	46	Piezometro		1698470,68	4824366,09	180,1
1175	1992	18	Inclinometro	inclin.104	1698325,44	4824326,28	235,8
3007	2017	8.5	Piezometro		1698340,00	4824474,84	213,5
3008	2017	13	Sondaggio		1698366,27	4824420,65	220,2
1071_A	1990	11	Piezometro		1698471,70	4824362,72	179,9
1071_B	1990	21	Piezometro		1698466,97	4824375,37	179,9
3045	2018	10	Sondaggio		1698348,59	4824457,45	216,5
3046	2018	10	Sondaggio		1698358,13	4824438,79	218,5

Tabella 1 - Tabella di sintesi delle indagini geognostiche eseguite tra il 1988 e il 2018 nell'area del Borgo di Castelnuovo.

 HGTG DESIGN AND EXECUTION	<b>MINIERA DI SANTA BARBARA</b> <b>PIANO DI RECUPERO AMBIENTALE</b>	Document <i>Documento n.</i> <b>PBSMA</b>
	<b>PROGETTO STRADA VECCHIO BORGO DI</b> <b>CASTELNUOVO</b> <b>INDAGINI E PROVE IN SITO</b>	REV. 00    gg.mm.24 Sheet      of <i>Pagina</i> 6    di    115

L'ubicazione di dette indagini è mostrata nella Figura 50. I certificati sono raccolti nel Capitolo 2.

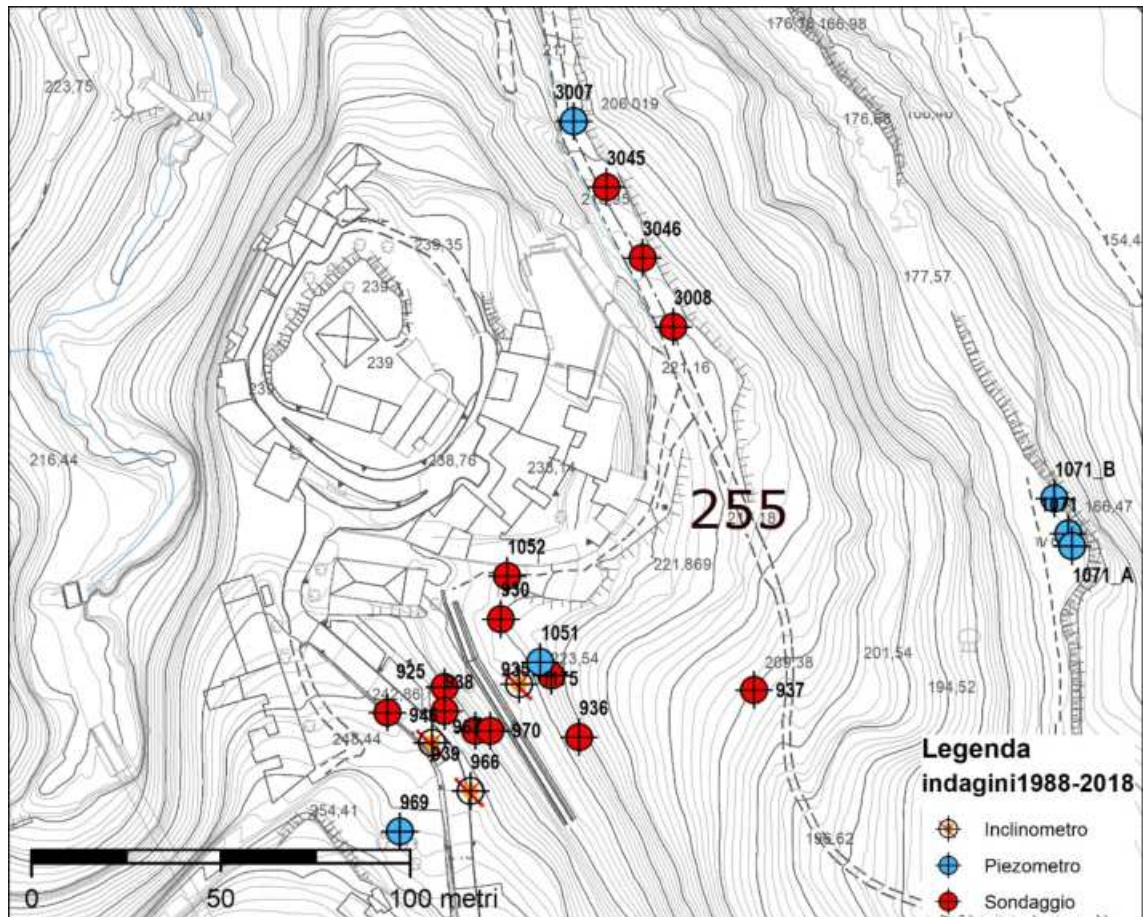



Figura 2 - Ubicazione delle indagini eseguite tra il 1988 e il 2018.

Lungo le verticali 3007 e 3008 sono stati prelevati due campioni di roccia alle profondità di 6.6 m e 10.0 m da p.c.; su uno di questi è stata eseguita una prova di compressione monoassiale secondo le Raccomandazioni ISRM 1979. I risultati delle prove sono mostrati sinteticamente nella Tabella 3. I certificati di analisi sono forniti nel Capitolo 3.

NOME CAMPIONE	SONDAGGIO	PROFONDITA	MATERIALE	PESO DI VOLUME	RESISTENZA COMPRESSIONE
3007i1	3007	6.6 m	arenaria	26.26 KN/m <sup>3</sup>	53.9 N/mm <sup>2</sup>
3008i1	3008	10.0 m	arenaria	24.48 KN/m <sup>3</sup>	-

Tabella 2 - Analisi di laboratorio su campioni di roccia provenienti dai sondaggi 3007 e 3008.

 HGTG DESIGN AND EXECUTION	MINIERA DI SANTA BARBARA PIANO DI RECUPERO AMBIENTALE	Document <i>Documento n.</i> <b>PBSMA</b>
	PROGETTO STRADA VECCHIO BORGO DI CASTELNUOVO INDAGINI E PROVE IN SITO	REV. 00    gg.mm.24 Sheet        7    of <i>Pagina</i> di 115

Le indagini geofisiche eseguite nel territorio del Lotto A in area limitrofa al Borgo di Castelnuovo consistono in 11 prove le cui caratteristiche sono riassunte nella seguente Tabella 4.

VERSANTE	NOME INDAGINE	TIPO INDAGINE	DITTA	DATA	LUNGHEZZA (m)
Borgo Vecchio	REEF_1	Sismica a rifrazione	Elletipi	2018	34,5
Borgo Vecchio	REEF_2	Sismica a rifrazione	Elletipi	2018	34,5
Borgo Vecchio	REEF_3	Sismica a rifrazione	Elletipi	2018	23
Borgo Vecchio	MASW_102	Masw	Soil investigation	2017	
Borgo Vecchio	MASW_106	Masw	Elletipi	2018	
Borgo Vecchio	HVSR_103	Sismica passiva H/V	Elletipi	2018	
Borgo Vecchio	HVSR_104	Sismica passiva H/V	Elletipi	2018	
Borgo Vecchio	HVSR_109	Sismica passiva H/V	Elletipi	2018	
Borgo Vecchio	SISM1	Sismica a rifrazione	Geopexplorer	2024	142
Borgo Vecchio	SISM3	Sismica a rifrazione	Geopexplorer	2024	142
Borgo Vecchio	SISM4	Sismica a rifrazione	Geopexplorer	2024	106.5

*Tabella 3 - Indagini geofisiche 2017-2018 nell'area del Borgo di Castelnuovo.*

L'ubicazione planimetrica delle indagini è mostrata nella Figura 3. I rapporti di indagine sono raccolti nel Capitolo 4.

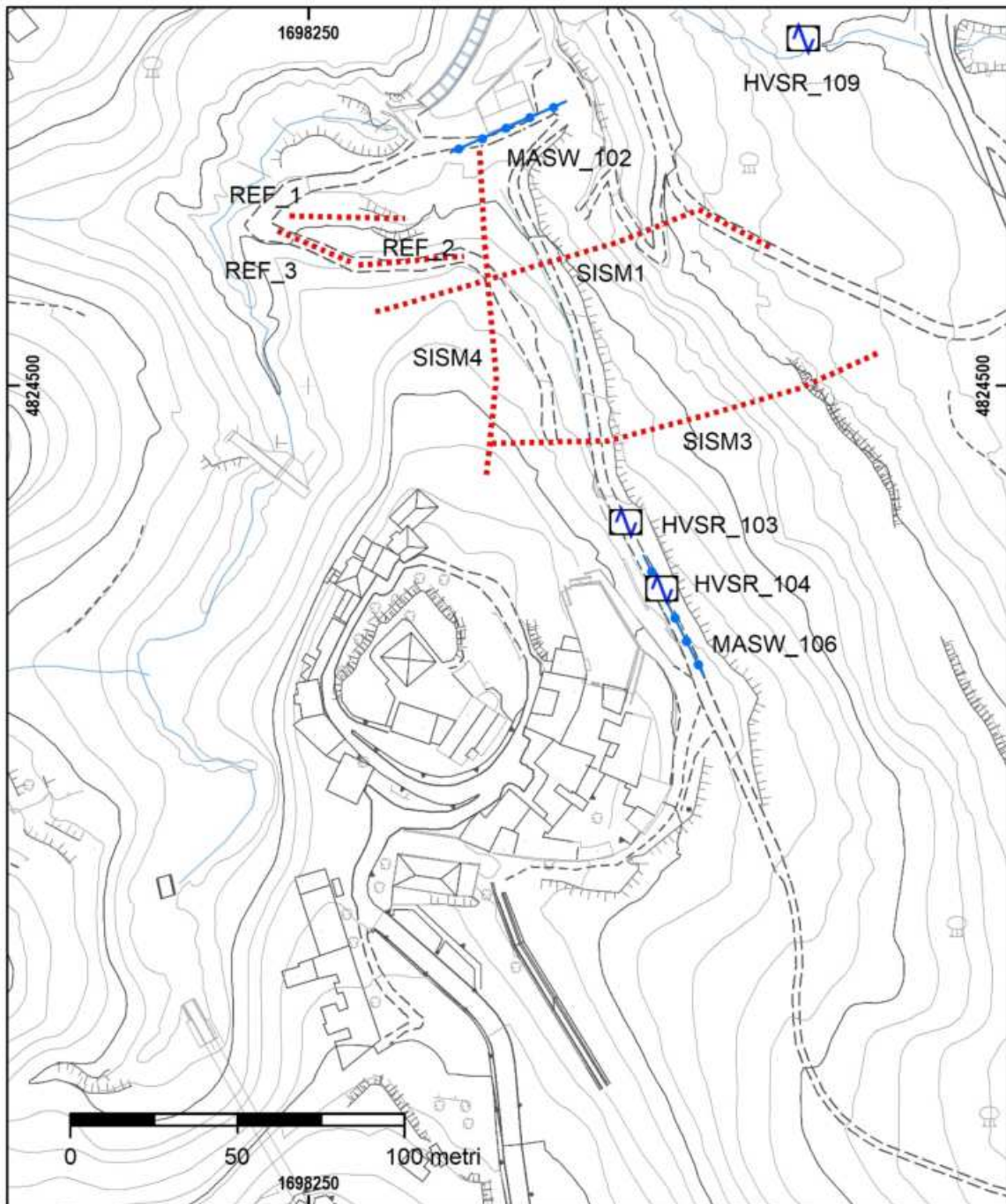



Figura 3 - Ubicazione delle indagini geofisiche nell'area del Borgo di Castelnuovo.

Seguono gli elaborati specifici relativi ad ogni tipologia di indagine eseguita.

 HGTG DESIGN AND EXECUTION	MINIERA DI SANTA BARBARA PIANO DI RECUPERO AMBIENTALE	Document <i>Documento n.</i> <b>PBSMA</b>
	PROGETTO STRADA VECCHIO BORGO DI CASTELNUOVO INDAGINI E PROVE IN SITO	REV. 00    gg.mm.24 Sheet      9    of <i>Pagina</i> di 115

## 2.      SONDAGGI



STRATIGRAFIA DEL SONDAGGIO N° 925 ZONA CASTELNUOVO

Coordinate X = 25235,79  
 Y = 9859,32  
 Z = 244,72

Iniziato il 25/11/88  
 Ultimato il 28/11/88

Il sondaggio eseguito a scopo geognostico con l'impianto ACRAELIUS D 700 parte a distruzione di nucleo con trapano da 4" 3/4 e parte in carotaggio con doppio carotiere ATLAS TB/S da 26 mm. ha raggiunto la profondità di m. 19,70 E' stato attrezzato segnalatore di scorrimento in tubo zincato da 1"1/2 fino alla profondità di m. 7,50.

Da m. 0,00 a m. 2,50		D.N. Materiale di riporto (massicciata stradale ecc.)
Da m. 2,50 a m. 3,70		A = 1,20 C = 0,10 R = 8% RQD = 0%
m. 0,10		Frammenti di arenaria e siltite giallastre. Carota parzialmente distrutta da blocco arenaceo incastrato sulla scarpata.
Da m. 3,70 a m. 5,20		A = 1,50 C = 0,20 R = 13% RQD = 0%
m. 0,20		Sabbie limose giallastre inglobante piccoli frammenti di siltiti stesso colore.
Da m. 5,209 a m. 6,30		A = 1,10 C = 1,10 R = 100% RQD = 18%
m. 0,13		Frammenti di siltiti giallastre
" 0,10	0,10	Siltiti grigie (inclinazione strati 45°)
" 0,12		Siltiti grigie con fratture variamente orientate
" 0,31		Frammenti di siltiti in dimensioni dal centimetro ai 6-7 cm.
* 0,23		Tre frammenti di siltiti con fratture variamente inclinati.
* 0,10	0,10	Siltiti grigie stratificate a 45°
" 0,11		Frammenti di arenarie a grana finissima con stratificazioni a 45°
-----	-----	
m. 1,10	0,20	
Da m. 6,30 a m. 7,70		A = 1,40 C = 1,40 R = 100% RQD = 50%
m. 1,00		Arenaria grigia a grana fine
	0,11	
	0,13	con numerose fratture variamente inclinate e piani di stratificazione inclinati di 45°
	0,20	
* 0,40		Arenaria grigia a grana media con fratture e patina di ossidazione giallastra
	0,14	
	0,12	
-----	-----	
m. 1,40	0,70	
Da m. 7,70 a m. 8,80		A = 1,10 C = 1,04 R = 95% RQD = 76%
m. 0,20		Arenaria giallastra in frammenti di pezzatura 3 - 5 cm.
" 0,35	0,35	Arenaria a grana grossa di colore grigiastro con fratture ossidate e inclinate da 45° a 60°.
" 0,12	0,12	c.s.
" 0,37	0,37	c.s.
-----	-----	
m. 1,04	0,84	

NOTA: Perdita totale di circolazione su tutto il foro.



STRATIGRAFIA DEL SONDAGGIO N° 930 ZONA CASTELNUOVO

X = 25253,32  
Coordinate Y = 9874,68  
Z = 235,61

Iniziato il 29/11/88  
Ultimato il 11/12/88

Il sondaggio eseguito a scopo geognostico con l'impianto CRAELIUS D 700 parte a distruzione di nucleo con trapano da 4" 3/4 e parte in carotaggio con doppio carotiere ATLAS T6/S da 86 mm., ha raggiunto la profondità di m. 13,30. E' stato attrezzato con segnalatore di scostamento in tubo zincato da 1"1/2 fino alla profondità di m.13,00

Da m. 0,00 a m. 1,50	D.N. Terreno sabbioso giallastro con detriti di arenaria.
Battuta da m. 2,00 a m. 3,50 m. 0,08 " 0,42 ----- m. 0,50	A = 1,50 C = 0,50 R = 33% RQD = 0% Arenaria giallastra in frammenti Sabbie limose molli di colore giallastro  La parte mancante della carote sabbioso
Battuta da m. 3,50 a m. 5,00 m. 0,20  " 0,08 " 0,12  ----- m. 0,40	A = 3,50 C = 0,40 R = 27% RQD = 0% Arenaria a grana grossa di colore giallastro in blocchetti di varia grossezza (10- 40 mm). Sabbia grigia molle con frammenti di arenaria Sabbie giallastre inglobanti detriti a grana grossa.
Battuta da m. 5,00 a m. 6,50 m. 0,32  m. 0,12  " 0,26  " 0,20 ----- m. 0,90	A = 6,50 C = 0,90 R = 60% RQD = 0% Sabbie giallastre inglobanti frammento di arenaria a grana grossa Argilla plastica inglobanti frammenti di arenaria Arenaria a grana grossa grigio avana in blocchetti separati da piani di rottura ossidati Sabbia limosa giallastra
Battuta da m. 6,50 a m. 8,00 m. 0,35  m.0,35 ----- m. 0,70	A = 1,50 C = 0,70 R = 47% RQD = 0% Arenaria compatta giallastra a grana grossa con fratture Arenaria compatta a grana media con fratture ossidate
Battuta da m. 8,00 a m. 9,50	A = 1,50 C = 1,20 R = 80% RQD = 8%

m. 0,30		Arenaria compatta giallastra a grna grossa in frammenti di 25 - 40 mm. con livelletto di siltiti (circa 40 mm.)
" 0,15		Siltiti molto frantumati
" 0,10		Sabbie limose inglobanti frammenti di siltiti
" 0,08		Siltiti con piani di scorrimento inclinati di 30°
" 0,12	0,12	Arenaria grigia a grana fine
" 0,08		Silti grigi
" 0,05		Arenaria grigia in frammenti
" 0,20		Sabbie cementate grigio azzurrognole
" 0,05		Siltiti compatte
" 0,06		Arenaria grigia
-----	-----	
m. 1,20	0,12	
Battuta da m. 9,50 a m. 11,00		A = 1,50° C = 1,50 R = 100% RQD = 59%
m. 0,05		Frammenti di arenaria
" 0,13	0,13	Arenaria grigia a grna fine
" 0,17		Frammenti di arenaria grigia
" 0,05		Siltiti grigi
" 0,25		Arenaria grigia
" 0,25	0,25	Arenaria a grana media con stratificazione inclinata di 40°
"		
" 0,04		Frammenti di arenaria
" 0,40	0,40	Arenaria grigia
" 0,11	0,11	" "
" 0,05		Frammenti di arenaria
-----	-----	
m. 1,50	0,76	
Battuta da m. 11,00 a m. 12,20		A = 1,20 C = 0,94 R = 78% RQD = 0%
m. 0,20		Arenaria grigia frantumata a grana media
" 0,15		Siltiti grigie fratturate
" 0,40		Arenaria grigia a grna media con fratture subverticali
" 0,10		Siltiti grigio scure molte fogliettate e allentate
" 0,08		Arenaria grigia a grna fine
-----	-----	
m. 0,94		
Battuta da m. 12,20 a m. 13,30		A = 1,10 C = 1,10 R = 100% RQD = 36%
m. 0,12	0,12	Arenaria grigia a grana fine
" 0,13	0,13	" "
" 0,30		Frammenti di arenaria grigia molto disgregate
" 0,15	0,15	Arenaria grigia a grana media
" 0,40		Arenaria grigia molto disgregate
-----	-----	
m. 1,10	0,40	

NOTA: perdita totale di circolazione sul tutto il foro

STRATIGRAFIA DEL SONDAGGIO N° 935 ZONA CASTELNUOVO

X = 25238,03  
Coordinate Y = 9887,65  
Z = 233,44

Iniziato il 15.12.88  
Ultimato il 29.12.88

Il sondaggio eseguito a scopo geognostico con l'impianto LRAELIUS D 700 parte a distruzione di nucleo con trapano da 4" 3/4 e parte in carotaggio con doppio carotiere ATLAS T6/S da 86 mm., ha raggiunto la profondità di m. 17,00. E' stato attrezzato con segnalatore di scorrimento in tubo zincato da 1"½ fino alla profondità di m. 16,40.

Da m. 0,00 a m. 1,50		D.N. Terreno sabbioso giallastro con Frammenti di arenaria stesso colore.
Battuta da m. 1,50 a m. 3,10		A = 3,10 C = 6,60 R = 19% RQD = 0,04
m. 0,10		Arenaria giallastra a grana mediafrattumata
* 0,20		Siltiti giallastre in frammenti
* 0,20		Sabbie giallastre (arenaria sfatta) debolmente consistenti
* 0,12	0,12	Arenaria giallastra a grana grossa
* 0,08		Frammenti di arenaria giallastra sfatta
-----	-----	
m. 0,60	0,12	
Battuta da m. 3,10 a m. 4,50		A = 1,40 C = 0,75 R = 54% RQD = 18%
m. 0,05		Frammenti di siltiti giallastre
* 0,10		Arenarie giallastre in frammenti
* 0,25	0,25	Arenaria giallastra a grana grossa
* 0,07		Arenaria giallastra Arenaria giallastra frattumata
* 0,28		Sabbia giallastra rimaneggiata inglobante frammenti di arenaria e siltiti
-----	-----	
m. 0,75	0,25	
NOTA : Perdita totale di circolazione		
Battuta da m. 4,50 a m. 5,75		A = 1,25 C = 0,20 R = 16% RQD = 0%
m. 0,20		Frammenti di arenaria giallastra
Battuta da m. 5,75 a m. 7,25		A = 1,50 C = 0,35 R = 23% RQD = 0%
m. 0,35		Frammenti di arenaria giallastra a grana grossa
Battuta da m. 7,25 a m. 9,30		A = 2,10 C = 0,50 R = 24% RQD = 0%
m. 0,58		Frammenti di arenaria a grana fine e siltiti

Battuta da m. 9,30 a m. 10,50 m. 0,80	A = 1,20 C = 0,80 R = RQD = 0% Alternanza di siltiti grigie e arenarie finissime stesso colore. Stratificazione inclinata 45° patina di ossidazione rossastra sui giunti. Numerose fratture anche subverticali
Battuta da m. 10,50 a m. 11,00 m. 0,50	A = 0,50 C = 0,50 R = 100% RQD = 0% Arenaria a grana fine finissima grigia e giallastra stratificazione inclinata 45°. Numerose fratture
Battuta da m. 11,00 a m. 12,80 m. 0,40 " 0,40	A = 1,80 C = 0,80 R = RQD = 0% arenaria frantumata idem sopra Arenaria grigia frantumata grigia a grana media in parte allentata
----- m. 0,30	
Battuta da m. 12,80 a m. 13,80 m. 0,55 " 0,15 0,15 " 0,08 " 0,05	A = 1,00 C = 0,83 R = 75% RQD = 15% Frammenti di arenaria grigia a grana fine Arenaria grigia a grana finissima. Stratificazione inclinata 45° Idem sopra Arenaria giallastra sfatta impostata in matrice sabbiosa
----- m. 0,83 0,15	
Battuta da m. 13,80 a m. 14,90 m. 0,02 " 0,18 0,18 " 0,90	A = 1,10 C = 1,10 R = 100% RQD = 16% Arenaria grigia a grana finissima Arenaria grigia a grana " Idem sopra con fratture verticali e variamente orientate.
----- m. 1,10 0,18	
Battuta da m. 14,90 a m. 15,40 m. 0,22 0,22 " 0,05	A = 0,50 C = 0,27 R = 54% RQD = 44% Arenaria grigia a grana media Idem sopra
----- m. 0,27 0,22	
Battuta da m. 15,40 a m. 16,40 m. 0,35 0,35 " 0,15 0,15 " 0,10 0,10 " 0,10 0,10 " 0,30	A = 1,00 C = 1,00 R = 100% RQD = 85% Arenaria grigia a grana grossa " " " " " " " " " " " "
----- m. 1,00 0,70	

Battuta da m. 16,40 a m. 17,00 A = 0,60 C = 45 R = 75% PGD = 75%  
m. 0,45 0,45 Arenaria grigia a grna grossa

NOTA: Perdita totale di circolazione sul tutto il foro

STRATIGRAFIA DEL SONDAGGIO N° 936 ZONA CASTELNUOVO

Coordinate X = 25221.509  
 Y = 9894.36  
 Z = 239.34

Iniziato il 4/1/89  
 Ultimato il 14/1/89

Il sondaggio eseguito a scopo geognostico con l'impianto CRAELIUS D 700 parte a distruzione di nucleo con trapano da 4" 3/4 e parte in carotaggio con doppio carotiere ATLAS 76/S da 86 mm., ha raggiunto la profondità di m. 9.50 Interrotto causa presa della batteria di perforazione.

Da m. 0.00 a m. 1,90	O.N. Terreno sabbioso giallastro con detriti di arenaria.
Battuta da m. 1,90 a m. 3,00 m. 0,40	A = 1,10    C = 1,10    R = 100%    RQD = 15% Arenaria giallastra a grana fine in pezzi da 3 - 4 cm. Patina di ossidazione sulle fratture.
" 0,53	Frammenti di arenaria giallastra intensamente fratturata.
" 0,17        0,17	Arenaria giallastra a grana finissima
----- m. 1,10        0,17	
Battuta da m. 3,00 a m. 4,50 m. 0,50	A = 4,50    C = 0,6        R = 33%    RQD = 0% Frammenti di arenaria giallastra a grana media
Battuta da m. 4,50 a m. 5,70 m. 0,30	A = 1,20    C = 0,80        R = 67%    RQD = 0% Frammenti di arenaria giallastra a grana media.
" 0,40	Piccoli frammenti di arenaria e siltiti inglobanti in matrice sabbiosa limosa giallastra
" 0,10	Detriti di arenaria giallastra
----- m. 0,80	
Battuta da m. 5,70 a m. 6,80 m. 0,55	A = 1,10    C = 0,90        R = 82%    RQD = 0% Detriti di arenaria e siltiti
" 0,35	Siltiti grigie frammenti. Stratificazione 42°
----- m. 0,90	
Battuta da m. 6,80 a m. 8,00 m. 0,02	A = 1,20    C = 1,15        R = 96%    RQD = 42% Siltiti grigie
" 0,30    0,30	Siltiti grigie



" 0,30		Siltiti frattumete con fratture variamente orientate fino a verticoli.
" 0,20	0,20	Siltiti grigie
" 0,33		Siltiti grigie

-----  
m. 1.15    0,50

Battuta da m. 8,00 a m. 9,50    A = 4,50 C = 1,25    R = 83%    RQD = 47%

m. 1,10	0,10	Arenaria grigia a grana fine
" 0,25		Siltiti di arenaria grana fine
" 0,10	0,10	Arenaria grigia
" 0,10	0,10	Arenaria grigia
" 0,21		Arenaria grigia a grana media
" 0,15	0,15	" " " grossa
" 0,25	0,25	" " " "
" 0,09		Detriti di arenaria

-----  
m. 1.25    0,70

Battuta da m. 9,50 a m. 10,90    A = 1,40 C = 1,10    R = 78%    RQD = 56%

NOTA: Nell'ultima battuta si è verificato l'ingostramento della battuta.

NOTA: Perdita totale di circolazione su tutto il foro

STRATIGRAFIA DEL SONDAGGIO N° 937 ZONA CASTELNUOVO

X = 25232,28  
Coordinate Y = 9940,90  
Z = 217,67

Iniziato il 23.01.89  
Ultimato il 30.01.89

Il sondaggio eseguito a scopo geognostico con l'impianto CRAELIUS D 700 parte a distruzione di nucleo con trapano da 4" 3/4 e parte in sondaggio con doppio carotiere ATLAS T6/S da 25 mm., ha raggiunto la profondità di m. 19,70 ed è stato attrezzato con segnalatore di scorrimento in tubo zincato da 1"½ fino alla profondità di m. 19,40.

Da m. 0,00 a m. 1,50	N. Terreno sabbioso giallastro con detriti di arenaria
Battuta da m. 1,90 a m. 3,40 " 0,35 " 0,20	A = 1,50 C = 0,55 R = 37% RQD = 0% Detriti di arenaria giallastra. Sabbia giallastra limosa inglobante frammenti di siltiti.
----- m. 0,50	
Battuta da m. 3,40 a m. 4,90 m. 0,35 " 0,10	A = 1,50 C = 0,45 R = 30% RQD = 0% Frammenti di arenaria giallastra Sabbie limose giallastre
----- m. 0,45	
Battuta da m. 4,90 a m. 6,40 m. 0,07	A = 1,50 C = 0,07 R = 5% RQD = 0% Sabbie limose giallastre. Distrutta la carota
Battuta da m. 6,40 a m. 7,70 m. 0,60	A = 1,30 C = 0,60 R = 46% RQD = 0% Sabbie limose giallastre con frammenti di arenaria e siltiti.
Battuta da m. 7,70 a m. 9,00 m. 0,20	A = 1,30 C = 0,85 R = 65% RQD = 23% Arenaria giallastra molto allentata confratture
" 0,12 0,12	Arenaria giallastra
" 0,25	Sabbie limose giallastre con detriti di arenaria.
" 0,18 0,18	Arenaria a grana grossa con fratture inclinate di 50° - 60°
" 0,10	Idem sopra
----- m 0,85 0,30	
Battuta da m. 9,00 a m. 10,20	A = 1,20 C = 1,00 R = 83% RQD = 0%

m. 1,00		Sabbie giallastre in parte limose inglobanti detriti di arenaria e siltiti.
Battuta da m. 10,20 a m. 12,00		A = 1,80 C = 1,00 R = 55% RQD 22%
m. 0,25		Frammenti di arenaria grigia inglobati in matrice sabbiosa stesso colore.
" 0,20	0,20	Arenaria grigia
" 0,35		Arenaria grigia con fratture inclinate 7°
" 0,20	0,20	Arenaria grigia
-----	-----	
m. 1,00	0,40	
Battuta da m. 12,00 a m. 13,50		A = 1,80 C = 0,30 R = 20% RQD = 0%
m. 0,30		Detriti di arenaria grigia
		Detriti parte sabbiosi (avanzamento veloce)
Battuta da m. 13,50 a m. 14,90		A = 1,40 C = 0,90 R = 57% RQD = 0%
m. 0,20		Detriti di arenaria grigia
" 0,50		Sabbie grigie inglobanti detriti di arenaria stesso colore
-----		
m. 0,90		
Battuta da m. 14,90 a m. 16,40		A = 1,50 C = 1,15 R = 77% RQD = 0%
m. 0,25		Sabbie grigie inglobanti detriti di arenaria
" 0,15		Arenaria grigia frantumata
" 0,50		Arenaria allentata (consistenza di sabbia)
" 0,15		Frammenti di arenaria inglobati in sabbia
-----		
m. 1,15		
Battuta da m. 16,40 a m. 17,70		A = 1,30 C = 1,08 R = 83% RQD = 65%
m. 0,05		Arenaria grigia
" 0,15	0,15	Arenaria grigia
" 0,20	0,20	" "
" 0,20	0,20	" "
" 0,08		Sabbie grigie
" 0,10	0,10	Siltiti grigi
" 0,10		Frammenti di siltiti
" 0,20	0,20	Arenaria grigia
-----	-----	
m. 1,08	0,86	

Da m. 17,70 a M. 19,70 D.N. Arenaria grigia

NOTA: Perdita totale di circolazione su tutto il foro

STRATIGRAFIA DEL SONDAGGIO N° 938 ZONA CASTELNUOVO

Coordinate X = 25229,49  
 Y = 9859,07  
 Z = 243,61

Iniziato il 05/02/89  
 Ultimato il 06/02/89

Sondaggio eseguito a scopo geognostico con l'impianto CRAELIUS 700 parte a distruzione di nucleo con trapano da 4" 3/4 e parte in carotaggio con doppio carotiere ATLAS T6/S da 36 mm., ha raggiunto la profondità di m. 5,40. Effettuato con segnalatore scorrimento in tubo zincato da 1" fino alla profondità di m.5,00

Da m. 0,00 a m. 1,80

D.N. Terreno sabbioso giallastro con detriti di arenaria.

Battuta da m. 1,80 a m. 3,30

A = 1,50 C = 1,20 R = 80% RQD = 350%

m. 0,08		Siltiti grigie fratturate
" 0,10	0,10	Siltiti grigie con stratificazione inclinata di 42°
" 0,20		Siltiti grigie in frammenti
" 0,22	0,22	Siltiti grigie stratificate (inclinate 42°)
" 0,05		Arenaria grigia in frammenti
" 0,15	0,15	Arenaria grigia
" 0,15		Arenaria grigia fratturata
" 0,15	0,15	Arenaria grigia
" 0,10		Arenaria in frammenti
-----	----	
m. 1,20	0,52	

Battuta da m. 3,30 a m. 4,50

A = 4,50 C = 1,20 R = 1,16 RQD 75%

m. 0,25	0,25	Arenaria grigia
" 0,10	0,10	" "
" 0,10	0,10	" "
" 0,08		Arenaria in frammenti
" 0,25	0,25	Arenaria grigia
" 0,10		Arenaria grigia in frammenti
" 0,20	0,20	Arenaria grigia
" 0,08		Arenaria in frammenti
-----	----	
1,16	0,90	

Battuta da m. 4,50 a m. 5,40

A = 0,90 C = 0,90 R = 100% RQD 78%

m. 0,20	0,20	Arenaria grigia a grana media
" 0,15		Siltiti grigie stratificate
" 0,30	0,30	Arenaria grigia a grana media
" 0,05		Siltiti grigie
-----	----	
" 0,20	0,20	Arenaria grigia
-----	----	
" 0,90	0,70	

NOTA: Perdita di circolazione totale su tutto il foro

STRATIGRAFIA DEL SONDAGGIO N° 939 ZONA CASTELNUOVO

Coordinate X = Iniziatò 1' 08.02.89  
 Y = Ultimato il 10.02.89  
 Z =

Il sondaggio eseguito a scopo geognostico con l'impianto CRAELIUS D 700 parte a distruzione di nucleo con trapano da 4" 3/4 e parte in carotaggio con doppio carotiere ATLAS T6/S da 86 mm., ha raggiunto la profondità di m. ~~5,80~~ <sup>7,10</sup>

Da m. 0,00 a m. 1,90		Sabbie limose grigie con detriti di arenaria e siltiti.		
Battuta da m. 1,90 a m. 3,20	A = 1,30	C = 0,70	R = 37%	RQD = 0%
m. 0,30	Sabbie grigie con detriti di arenaria			
" 0,40	Siltiti fratturate in matrice limo argillosa			
-----				
m. 0,70				
Battuta da m. 3,20 a m. 4,40	A = 1,20	C = 0,80	R =	RQD = 0%
m. 0,60	Detriti di arenaria in matrice sabbiosa			
Battuta da m. 4,40 a m. 5,90	A = 1,40	C =		
m. 1,15	Arenaria grigia a grana fine			
" 0,40	Detriti di arenaria grigia			
-----				
m. 0,55	0,15			
Battuta da m. 6,80 a m. 7,10	A = 1,30	C = 1,30	R = 100%	RQD = 80%
m. 0,15	Arenaria grigia a grana media			
" 0,10	"	"	"	"
" 0,10	"	"	"	"
" 0,15	Frammenti di arenaria grigia			
" 0,25	Arenaria grigia			
" 0,35	Arenaria grigia			
" 0,10	Detriti di arenaria			
-----				
m. 1,30	1,05			

STRATIGRAFIA DEL SONDAGGIO N° 946 ZONA CASTELNUOVO

X = 25229.62  
Coordinate Y = 9843.86  
Z = 249.06

Iniziato il 07.03.89  
Ultimato il 19.03.89

Il sondaggio eseguito a scopo geognostico con l'impianto CRAELIUS D 700 parte a distruzione di nucleo con trapano da 4" 3/4 e parte in carotaggio con doppio carotiere ATLAS TB/S da 86 mm.. ha raggiunto la profondità di m. 19.70.

Da m. 0.00 a m. 1.30 D.N. Terreno sabbioso giallastro con detriti di arenaria

Battuta da m. 1.30 a m. 2.80 A = 1,50 C = 1.40 R = 93 RGD = 0%  
m. 0.40 Frammenti di arenaria giallastra  
" 0.40 Sabbie giallastre inglobanti frammenti di arenaria  
" 0.50 Arenaria grigio-giallastra a grana fine con numerose fratture

-----  
m. 1.40

Battuta da m. 2.80 a m. 4.00 A = 1,20 C = 0,45 R = 37 RGD = 0%  
m. 0.45 Sabbie grigio giallastre inglobanti frammenti di arenaria.

Battuta da m. 4.00 a m. 5.50 A = 1,30 C = 0,50  
m. 0,50 Siltiti grigio molto allentate e fratturate

Battuta da m. 5.50 a m. 7.00 A = 1,50 C = 1,2 R = 96% RGD = 7%  
m. 0,60 Frammenti di arenaria grigia a grana fine  
" 0,10 0,10 Arenaria grigia  
" 0,15 0,15 " "  
" 0,25 Arenaria grigia fratturata

-----  
m. 1,35 0,25

Battuta da m. 7.00 a m. 8.40 A = 1,40 C = 1,25 R = 89% RGD = 0%  
m. 0,25 Arenaria grigia fratturata  
" 1,00 Siltiti giallastre molto alterate e sfatte inglobati in matrice limo-sabbiosa giallastra.

-----  
m. 1.25

Battuta da m. 8,40 a m. 9,90 m. 0,30	A = 1,50    C = 1,40    R = 93%    ROD = 0%	Frammenti di arenaria giallo-rossastra molto sfatta. Localmente sabbia limosa.
Battuta da m. 9,90 a m. 11,40 m. 0,30 " 1,00	A = 1,50    C = 1,30    R = 87%    ROD = 0%	Idem sopra Frammenti di arenaria giallastra a grana molto grossa (lunghezza dei frammenti da 2 a 7 cm. )
----- m. 1,30		
Battuta da m. 11,40 a m. 12,90 m. 0,20 " 0,90  " 0,08 ----- m. 1,18	A = 1,50    C = 1,18    R = 79%    ROD = 0%	Piccoli frammenti di arenaria grigia Sabbie limose grigie inglobanti frammenti di arenaria Arenaria grigia a grana grossa
Battuta da m. 12,90 a m. 14,40 m. 0,20 " 0,40  " 0,20 " 0,15            0,15 " 0,10 " 0,12            0,12 ----- m. 0,65            0,27	A = 1,50    C = 1,17    R = 78%    ROD = 0%	Frammenti di arenaria Siltiti grigio-nerastre sfatte inglobati in matrice limo - sabbiose. Frammenti di arenaria Arenaria grigia Frammenti di arenaria Arenaria grigia
Battuta da m. 14,40 a m. 15,80 m. 0,10            0,10 " 0,20 " 0,15            0,15 " 0,40 ----- m. 0,65            0,25	A = 1,40    C = 0,85    R = 61%    ROD = 18%	Arenaria grigia Frammenti di arenaria Arenaria grigia Frammenti di arenaria
Battuta da m. 15,80 a m. 17,30 m. 0,30 " 0,10            0,10 " 0,10 " 0,15            0,15 " 0,10  " 0,10            0,10 " 0,20 " 0,10            0,10 " 0,15            0,15	A = 1,50    C = 1,50    R = 100%    ROD = 60%	Arenaria grigia a grana media in parte frantumata



"	0,20	0,20
-----		-----
m.	1,50	0,90

Battuta da m. 17,30 a m. 18,80

m.	0,40
"	0,50
"	0,25
"	0,20
-----	
m.	1,35

A = 1,50      C = 1,35      R = 90%      RQD = 47%

Arenaria grigia a grana media

STRATIGRAFIA DEL SONDAGGIO N° 966 - Zona Castelnuovo

Coordinate X- 25208,17  
Y- 9855,17  
Z- 250,44

Iniziato il 18/05/89  
Ultimato il 26/05/89

Il sondaggio eseguito a scopo geognostico con l'impianto CRAELIUS D 700 parte a distruzione di nucleo con trapano da 4" 3/4 e parte in carotaggio con doppio carotiere ATLAS T6/S da 86 mm, ha raggiunto la profondità di m. 19,40.

E' stato successivamente attrezzato con tubazione inclinometrica fino alla profondità di m. 19,00 e cementata l'intercapedina.

Da m. 0,00 a m. 1,30

B.N. Materiale di riporto e massicciata stardale.

Battuta da m. 1,30 a m. 2,50

m. 0,75

m. 0,35

-----  
m. 1,10

A=1,20 C=1,10 R=92% RQD=0%  
Terreno limo sabbioso di colore grigio scuro (alterazione). Frammenti di siltiti grigio giallastre in matrice limo sabbiosa.

Battuta da m. 2,50 a m. 4,00

m. 0,30

m. 0,30

m. 0,70

-----  
m. 1,30

A=1,50 C=1,30 R=87% RQD=0%  
Siltiti giallastre molto allentate in matrice limo sabb. Arenaria molto allentata giallo rossiccia con piani di rottura molto inclinati (subverticali) Siltiti grigie molto fratturate con patine di ossidazione nere.

Battuta da m. 4,00 a m. 5,50

m. 1,40

A=1,50 C=1,40 R=93% RQD=0%  
Frammenti di siltiti grigie ridotte a livello di breccia inglobate in matrice limo sabb. giallastra.

Battuta da m. 5,50 a m. 6,50

m. 0,20

m. 0,60

-----  
m. 0,80

A=1,00 C=0,80 R=80% RQD=0%  
Idem come sopra. Arenarie grigio nerastre molto disfatte ridotte a livello di sabbie poco consistenti.

Battuta da m. 6,50 a m. 8,00

A=1,50 C=0,70 R=47% RQD=0%

m. 0,10		Frammenti di siltiti grigio scure.
m. 0,60		Sabbia limo argillosa giallastra inglobante frammenti di arenaria stesso colore molto allentata.
-----		
m. 0,70		
<u>Battuta da m. 8,00 a m. 9,50</u>		A=1,50 C=1,30 R=87% RQD=0%
m. 1,30		Sabbia limosa giallastra inglobante frammenti di arenaria stesso colore molto allentata.
<u>Battuta da m. 9,50 a m. 10,95</u>		A=1,45 C=1,25 R=86% RQD=0%
m. 1,25		Frammenti di arenaria molto allentata a grana medio grossa giallastra.
<u>Battuta da m. 10,95 a m. 12,40</u>		A=1,45 C=1,10 R=76% RQD=0%
m. 1,10		Sabbia a grana medio grossa grigio giallastra derivante dal disfacimento di arenaria, inglobante frammenti di aren.
<u>Battuta da m. 12,40 a m. 13,90</u>		A=1,50 C=1,50 R=100% RQD=0%
m. 1,00		Frammenti di arenaria e siltiti sfatte in matrice grigio giallastra.
m. 0,50		Breccia di siltiti inglobate in matrice limo sabbiosa grigia.
-----		
m. 1,50		
<u>Battuta da m. 13,90 a m. 15,30</u>		A=1,40 C=1,25 R=89% RQD=18%
m. 0,40		Frammenti di arenaria grigia
m. 0,14	0,14	Arenaria grigia
m. 0,20		Arenaria grigia fratturata
m. 0,11	0,11	Arenaria grigia
m. 0,40		Frammenti di arenaria grigia.
-----	-----	
m. 1,25	0,25	
<u>Battuta da m. 15,30 a m. 16,40</u>		A=1,10 C=0,82 R=75% RQD=49%
m. 0,10	0,10	Arenaria grigia
m. 0,17	0,17	Arenaria grigia fratturata
m. 0,15	0,15	Arenaria grigia
m. 0,08		Arenaria grigia fratturata
m. 0,12	0,12	Arenaria grigia
m. 0,20		Arenaria grigia fratturata.
-----	-----	
m. 0,82	0,54	
<u>Da m. 16,40 a m. 19,40</u>		D.N. Arenaria grigia.

STRATIGRAFIA DEL SONDAGGIO N° 967 - Zona Castelnuovo

Coordinate x- 25221.25  
 y- 9855.46  
 z- 249.02

Iniziato il 29/05/89  
 Ultimato il 02/06/89

Il sondaggio eseguito a scopo geognostico con l'impianto CRAELIUS D 700 parte a distruzione di nucleo con trapano da 4" 3/4 e parte in carotaggio con doppio carotiere ATLAS T6/S da 86 mm, ha raggiunto la profondità di m. 16,20 .

Da m. 0,00 a m. 1,30

D.N. Materiale di riporto e massicciata stardale.

Battuta da m. 1,40 a m. 2,80

A=1,40 C=1,20 R=86% RQD=43%  
 Arenaria in frammenti compatti molto disagregata nella pezzatura. Sabbia giallastra inglobante un trovante di arenaria grigio scura disposto verticalmente. Arenaria molto disagregata con poca consistenza.

m. 0,30

m. 0,20

m. 0,10

m. 0,30

0,30

m. 0,10

0,10

m. 0,10

0,10

m. 0,10

0,10

-----

-----

m. 1,20

0,60

Arenaria compatta grigio giallastra con piani di ossidazione a pendenza 70° irregolari

Battuta da m. 2,80 a m. 4,30

A=1,50 C=1,40 R=93% RQD=30%  
 Arenaria grigio giallastra molto disagregata  
 Arenaria grigio giallastra compatta.

m. 0,15

m. 0,25

0,25

m. 0,10

m. 0,40

m. 0,30

m. 0,10

0,10

m. 0,10

0,10

-----

-----

m. 1,40

0,45

Frammenti di siltite in matrice limo sabbiosa.

Frammenti di arenaria grigio giallastra molto disagregata e senza consistenza.

Siltiti giallastre molto allentate in matrice limo sabbiosa.

Siltite grigiasta molto comp.

Siltite grigiasta molto comp.

Battuta da m. 4,30 a m. 5,60

A=1,30 C=1,20 R=92% RQD=9%

m. 0,30

m. 0,12

0,12

Frammenti di arenaria grigio giallastra molto spezzettata  
 Arenaria grigio giallastra compatta con piani di ossidazione nerastri quasi verticali.

m. 0,78		Frammenti di siltite da medio fini a molto fini inglobati in matrice argillo limosa
-----		
m. 1,30	0,12	
<u>Battuta da m. 5,60 a m. 7,00</u>		A=1,40 C=1,40 R=100% RQD=0%
m. 0,15		Frammenti molto disagregati di siltite
m. 1,25		Frammenti di siltite da medio fini a molto fini inglobate in matrice argillo limosa
-----		
m. 1,40		
<u>Battuta da m. 7,00 a m. 8,50</u>		A=1,50 C=1,50 R=100% RQD=0%
m. 0,40		Siltiti molto frammentate da medio grosse a medio fini inglobate in matrice argillo limosa
m. 0,25		Arenaria molto disagregata giallastra in matrice sabbiosa
m. 0,30		Frammenti di siltite in matrice argillo limosa
m. 0,50		Siltiti da medio fini a medio grosse in matrice limo sabbiosa
m. 0,05		Arenaria grigia compatta
-----		
m. 1,50		
Battuta da m. 8,70 a m. 10,20		A=1,70 C=1,50 R=100% RQD=0%
m. 0,10		Arenaria grigia compatta con piano di ossidazione quasi verticale
m. 1,40		Sabbia + o - compatta di colore grigio giallastro
-----		
m. 1,50		
Battuta da m. 10,20 a m. 11,70		A=1,50 C=1,50 R=100% RQD=0 %
m. 1,50		Sabbie più o meno compatte di colore grigio-giallastro
Battuta da m. 11,70 a m. 13,20		A=1,50 C=1,50 R=100% RQD=0 %
m. 0,20		Sabbie giallastre a grana grossa
m. 0,90		sabbie grigie a grana medio grossa
m.0,40		limi argillosi localmente sabbiosi inglobanti frammenti di siltiti di varia pezzatura
-----		
m.1,50		

Battuta da m. 13.20 a m. 14.70

A=1.50 C=1.10 R=73% RQD= 20%

m. 0.40

arenaria grigia molto fratturata  
con piani di ossidazione  
rossastri

m. 0.20

arenaria grigia compatta in tre  
pezzi

m. 0.10      0.10

arenaria grigia compatta  
limo argilloso inglobante

m. 0.20

siltiti in frammenti

m. 0.20      0.20

arenaria grigia compatta a grana  
fine

-----  
m. 1.10      0.30

Battuta da m. 14.70 a m. 16.20

A=1.50 C=1.10 R= 75% RQD=27%

m. 0.15      0.15

arenaria grigia a grana fine  
frammenti di arenaria

m. 0.35

arenaria grigia fratturata

m. 0.15

arenaria grigia compatta

m. 0.25      0.25

piccoli frammenti di arenaria  
grigia

m. 0.05

arenaria grigia fratturata

m. 0.15

-----  
m. 1.10      0.40

NOTA= Perdita parziale di circolazione:

STRATIGRAFIA DEL SONDAGGIO N° 969 ZONA CASTELNUOVO

Coordinate x = 25198,19  
Y = 9846,15  
Z = 255,42

Iniziato il 12/05/89  
Ultimato il 17/06/89

Il sondaggio eseguito a scopo geognostico con l'impianto CRAELIUS D 700 parte a distruzione di nucleo con trapano da 4" 3/4 e parte in carotaggio con doppio carotiere ATLAS T6/S da 86 mm., ha raggiunto la profondità di m. 17,50. Il foro è stato attrezzato con piezometro a tubo aperto.

Da m. 0,00 a m. 1,50	D.N.	Terreno vegetale sabbioso giallastro
Battuta da m. 1,50 a m. 3,00	A = 1,50 C = 1,40 R = 93% RQD = 0%	
m. 0,70		Frammenti di arenaria giallastra con patina di alterazione bruno rossiccia (dimensione dei frammenti da 1 a 5 - 6 cm).
" 0,20		Sabbie giallastre inglobanti piccoli frammenti di arenaria.
" 0,50		Arenaria giallastra molto alterata e allentata con numerose fratture.
-----		
m. 1,40		
Battuta da m. 3,00 a m. 4,40	A = 1,40 C = 1,20 R = 86% RQD = 0%	
m. 0,50		Arenaria giallo-brunastra molta alterata ridotta in frammenti.
" 0,40		Arenaria giallo-brunastra molto allentata con numerose fratture.
" 0,30		Arenaria giallo-brunastra leggermente allentata. Giunto di stratificazione con ossidazione rossastra. Inclinaz. 45°.
-----		
m. 1,20		
Battuta da m. 4,40 a m. 5,70	A = 1,30 C = 1,00 R = 77% RQD = 11%	
m. 1,00 0,14		Arenaria a grana medio grossa di colore giallastro grigio molto frammentata con superfici di ossidazione ad inclinazioni irregolari rossastre.
Battuta da m. 5,70 a m. 7,20	A = 1,50 C = 1,50 R = 100 RQD = 0%	
m. 1,50		Come sopra con un piccolo spessore di sabbia grossa di colore grigio giallastro a 45 cm. dall' inizio carota spessore 5 cm.
Battuta da m. 7,20 a m. 8,70	A = 1,50 C = 1,00 R = 67% RQD 0%	



m. 0,42  
 " 0,23  
 " 0,35  
 -----  
 m. 1,00

Come battuta da m. 4,40 a m. 5,70  
 Arenaria a grana medio fine di colore grigiastro molto frammentata inglobante siltiti di piccole dimensioni.  
 Arenaria molto disgregata e frammentata in matrice argilloso-sabbiosa di colore giallastro.

**Battuta da m. 8,70 a m. 10,20**

A = 1,50 C = 1,00 R = 67% RQD = 17%

m. 0,40 0,14  
 " 0,12  
 " 0,13  
 " 0,35 0,11  
 -----  
 m. 1,00 0,25

Arenaria a grana medio fine di colore grigio giallastro con superfici di ossidazione rosso-nerastre ed a finebattuta un blocco intero di cm. 14.  
 Arenaria molto frammentata con siltiti di piccole dimensioni.  
 Arenaria a grana medio fine con superfici di ossidazione nero rossastre  
 Arenaria come sopra con all'inizio un blocco di 11 cm.

**Battuta da m. 10,20 a m. 11,70**

A = 1,50 C = 1,30 R = 87% RQD = 0%

m. 0,30  
 " 0,45  
 " 0,25  
 " 0,10  
 " 0,20  
 -----  
 m. 1,30

Arenaria a grana medio fine di colore grigio molto frammentata.  
 Arenaria molto frammentata ed a piccole dimensioni inglobante siltiti.  
 Arenaria come sopra con livelletti di sabbia argillosa.  
 Arenaria come sopra in matrice argillo sabbiosa patina.  
 Argilla sabbiosa inglobante scaglie di arenaria grigia e siltiti.

**Battuta da m. 11,70 a m. 13,20**

A = 1,50 C = 80 R = 53% RQD = 0%

m. 0,60  
 " 0,20  
 -----  
 m. 0,80

Arenaria a grana medià fine grigia compatta ma frammentata.  
 Arenaria come sopra con livelli si sabbia spessore 1 cm. e siltiti.

**Battuta da m. 13,20 a m. 14,60**

A = 1,40 C = 0,90 R = 60% RQD = 0%

m. 0,40

Arenaria grigia compatta come consistenza ma molto frammentata.

" 0,50

Argilla limosa grigio-giallastra inglobante  
numerose scaglie di arenaria grigia

-----  
m. 0,90

**Battuta da m. 14,60 a m. 16,00**

A = 1,40 C = 1,20 R = 86% RQD = 23%

m. 0,32 0,32

Arenaria grigia compatta a grana fine non  
alterata.

" 0,50

Arenaria come sopra ma frammentata in molti  
pezzi.

" 0,13

Arenaria a grana grossa abbastanza compatta  
frammentata (probabile livello di sabbie  
cementate distrutte in avanzamento).

" 0,25

Arenaria grigia compatta a grana fine con  
frattura subverticale nella quale è  
riscontrabile una patina argillosa

-----  
m. 1,20 0,32

**Battuta da m. 16,00 a m. 17,50**

A = 1,50 C = 1,50 R = 100% RQD = 52%

m. 1,50 0,10

Arenaria grigia compatta a grana medio  
fine frammentata nei 40 cm. finali.

0,16

0,24

0,16

0,12

-----  
m. 1,50 0,68

STRATIGRAFIA DEL SONDAGGIO N° 970 - Zona Castelnuovo

Coordinate ~~del sondaggio~~ ~~del sondaggio~~ ~~del sondaggio~~ IniziatO il 27.06.89  
 Ultimato il 29.07.89  
 $X = 25223,86$   
 $Y = 9870,90$   
 $Z = 242,79$

Il sondaggio eseguito a scopo geognostico con l'impianto CRAELIUS D 700 parte a distruzione di nucleo con trapano da 4" 3/4 e parte in carotaggio con doppio carotiere ATLAS T6/S da 86 mm, ha raggiunto la profondità di m.15.2- Il foro è stato attrezzato con segnalatore di scorrimento costituito da un tubo zincato da 2".

<u>Da m. 0.00 a m. 3.00</u>		D.N. Materiale di riporto .
<u>Battuta da m. 3.00 a m. 4.50</u>		A=1,50 C=0.05 R=3% RQD=0%
m. 0,05		Arenaria giallastra a grana fine in piccoli frammenti. Distrutta la carota. Perdita di circolazione a m.3.80.
<u>Da m 4.50 a m. 6.00</u>		D.N. Materiale detritico non carotabile costituito da frammenti di arenaria e siltiti Avanzamento veloce. Perdita di circolazione
<u>Battuta da m. 6.00 a m. 7.20</u>		A=1,20 C=1,03 R=86% RQD=63%
m. 0,09		Arenaria grigia
m. 0,13	0,13	Arenaria grigia a grana media molto compatta con piani di stratificazione inclinati di 42°.
m. 0,05		Frammenti di arenaria grigia
m. 0,12	0,12	Arenaria grigia a grana media molto compatta. Piani di stratificazione inclinati di 40° con patina di ossidazione rossastra sulle superfici.
m. 0.08		idem sopra
m. 0.06		idem sopra
m. 0.20	0.20	idem sopra
m. 0.30	0.30	idem sopra
-----	-----	
m. 1.03	0.75	

Battuta da m. 7.20 a m. 8.65

m. 0,11            0.11  
  
m. 0.14            0.14  
m. 0.26            0.26  
m. 0.25            0.25  
m. 0.25            0.25  
-----  
m. 1.01            1.01

A=1,45    C=1,01    R=70%    RQD=70%

Arenaria grigia a grana media  
con fratture inclinate sui 60°.  
Patina di ossidazione rossastra  
Frammenti di siltite da medio

Battuta da m. 8.65 a m. 9.45

m. 0,03  
m. 0.14            0.14  
m. 0.03  
m. 0.60            0.60  
-----  
m. 0.80            0.74

A=0.80    C=0.80    R=100%    RQD=92%

Frammenti di arenaria.  
Arenaria grigia a grana media.  
Frammenti di arenaria  
Arenaria grigia a grana media

Battuta da m. 9.45 a m. 11.00

m. 1.10            1.10  
m. 0.14  
  
m. 0.20            0.10  
  
m. 0.11  
-----  
m. 1.55            1.20

A=1,55    C=1,55    R=100%    RQD=77%

Arenaria grigia compatta  
Arenaria grigia con fratture  
subverticali.  
Arenaria grigia con frattura  
a 70° con patina di alterazione  
giallo-rossastra.  
Arenaria grigia con frattura  
inclinata di 70°.

Battuta da m. 11.00 a m. 12.20

m. 0.47            0.47  
  
m. 0.10            0.10  
m. 0.08  
m. 0.28  
-----  
m. 0.93            0.57

A=1.20    C=0.93    R=77%    RQD=47 %

Arenaria grigia a grana grossa.  
Frattura inclinata di 60°.  
Arenaria grigia a grana fine.  
Idem sopra  
Siltiti grigie fratturate.

Battuta da m. 12.20 a m. 13.70

m. 0.05  
m. 0.12            0.12  
m. 0.10            0.10  
m. 0.60  
  
-----  
m. 1.27            0.22

A=1.50    C=1.27    R=85%    RQD=15%

Siltiti grigie.  
Siltiti grigie stratificate 43°  
Idem sopra  
Frammenti di siltiti ed arena-  
rie a grana finissima di colore  
grigio.

Battuta da m. 13.70 a m. 15.20

A=1.50 C=1.02 R=58% RQD= 48%

m. 0.15		Siltiti grigie fratturate
m. 0.15	0.15	Arenaria grigia a grana fine
m. 0.15	0.15	idem sopra
m. 0.05		Frammenti di arenaria
m. 0.15	0.15	Arenaria grigia a grana fine.
m. 0.15	0.15	Idem sopra
m. 0.10		Arenaria grigia
m. 0.12	0.12	Idem sopra
-----	-----	
m. 1.02	0.72	

STRATIGRAFIA SOVD. N. 1051  
- ZONA CASTELNUOVO -

X 25241,57  
 Y 9884,75  
 Z 232,35

Iniziato il 03.08.1990  
 Terminato il 07.08.1990

Perforato con impianto Ingersoll-Rand - Cicione TR 60 a  
 distruzione di nucleo con trapano da ~~10~~ fino alla profondità di  
 m.3.00 e in carotaggio continuo con doppio carotiere da ~~10~~ fino alla  
 profondità di m 21.00. <sup>n</sup>

146 w m

STRATIGRAFIA

<u>Da m. 0.00 a m. 3.00</u>	D.N.	Terreno sabbioso giallastro con frammenti di arenaria e siltite stesso colore.
<u>Battuta da m. 3.00 a m. 6.00</u>		A = 3.00 C = 2.20 R = 73%
Carota m. 0.30		Arenaria giallastra in frammenti di dimens. max. 8 cm.
0.12		Arenaria grigio-giallastra con fratture verticali.
0.20		Frammenti di arenaria giallastra.
0.27		Breccia di arenaria inglobata in matrice sabbiosa.
0.23		Siltiti grigio-giallastre (tre pezzi) con piani di stratific. inclinati di 40°. Patina rosso- nerastra sui giunti.
0.25	0.25	Siltiti idem sopra.
0.15		Siltiti idem sopra. Inclinazione strati 46°. Frattura subverticale.
0.08		idem sopra
0.13	0.13	idem sopra
0.09		idem sopra
0.25		Frammenti di siltiti con patina di ossidazione rossastra sui giunti.
0.13	0.13	Siltiti giallastre.
-----		
m 2.20	0.51	

R.Q.D. della battuta 17% MOLTO CATTIVA

nota: perdita di circolazione persistente a m.4 di profondità

<u>Battuta da m. 6.00 a m. 8.60</u>		A = 2.60 C = 2.50 R 0 100%
Carota m. 0.30		Frammenti più o meno grossi di arenaria grigio-giallastra.
0.30	0.30	Arenaria grigia.
0.15		Frammenti di arenaria grigio-gial-

			lastra.
	0.35	0.35	Arenaria grigia.
	0.40	0.20	Arenaria grigia con frattura inclinata di 60°.
	0.35		Frammenti di siltiti grigie.
	0.45		Frammenti di arenaria grigia.
	0.30	0.30	Arenaria grigia.
-----			
m.	2.60	1.15	

R.Q.D. della battuta 44 % CATTIVA

Battuta da m. 8.59 a m. 11.40 A = 2.80 C = 2.64 R = 94 %

Carota	m.	0.40		Blocchi di arenaria.
		0.20		Frammenti di arenaria ossidata.
		0.40		Fratture inclinate di 70°.
		0.30	0.30	Frammenti di arenaria.
		0.10		Arenaria grigia.
		0.30	0.30	Frammenti di arenaria.
		0.30		Arenaria grigia.
		0.20		Frammenti di arenaria.
		0.20		Arenaria grigia con frattura verticale.
		0.12	0.12	Idem sopra.
		0.12	0.12	Arenaria grigia. Incl. strati 40°.
				Siltiti grigie compatte. Incl. strati 40°.
-----				
m.		2.64	0.84	

R.Q.D. della battuta 30 % CATTIVA

Battuta da m. 11.40 a m. 13.40 A = 2.00 C = 2.00 R 100%

Carota	m.	0.40		Siltiti grigie.
		0.50		Frammenti di arenaria grigio-scura allentata con patina di ossidazione rossastra: Frattura subverticale.
		0.20	0.20	Arenaria grigia
		0.25	0.26	Idem sopra.
		0.20		Arenaria grigia a grana fine. Frattura subverticale.
		0.20		Frammenti di siltiti grigie.
		0.35		Frammenti di arenaria grigia fratturata.
		0.30		Piccoli frammenti di arenaria e siltite inglobati in matrice limo sabbiosa
-----				
m.		2.00	0.46	

R.Q.D. della battuta 23% MOLTO CATTIVA

Battuta da m. 13.40 a m. 15.40 A = 2.00 C = 1.80 R = 90%

Carota	m.	0.10		Siltiti grigie.
		0.21	0.21	Siltiti grigie.



0.16	0.15	Siltiti grigie.
0.25		Arenaria a grana fine con sottili passaggi a siltite. Incl. strati 40°.
0.08		Idem
0.35		Idem
0.15	0.15	Idem
0.23	0.23	Idem
0.22	0.22	Idem
0.05		Frammenti di siltiti

m. 1.80 0.96

R.Q.D. della battuta 48 % CATTIVA

Battuta da m. 15.40 a m. 18.40 A = 2.60 C = 2.20 R = 85 %

Carota	m.	0.22	0.22	Arenaria grigia.
		0.52	0.52	Arenaria grigia.
		0.20	0.20	Arenaria grigia.
		0.20		Frammenti di arenaria.
		0.09		Arenaria grigia.
		0.16	0.16	Arenaria grigia.
		0.13	0.13	Arenaria grigia.
		0.50	0.50	Arenaria grigia.
		0.10	0.10	Arenaria grigia.
		0.08		Frammenti di arenaria.

m. 2.20 1.83

R.Q.D. della battuta 70 % DISCRETA

Battuta da m. 18.00 a m. 21.00 A = 3.00 C = 2.70 R = 90 %

Carota	m.	0.40	0.40	Arenaria grigia a grana media. Incl. strati 43°.
		0.80	0.80	Idem
		0.22	0.22	Idem
		0.33	0.33	Idem
		0.35	0.20	Arenaria grigia con frattura inclinata di 70° cementata a calcite.
		0.60	0.60	Arenaria grigia.

m. 2.70 2.55

R.Q.D. della battuta 85 % BUONA

STRATIGRAFIA SOND. N. 1052  
- ZONA CASTELNUOVO -

X 25264.6	Iniziato il 13.08.1990
Y 9876.7	
Z 234.14	Terminato il 17.08.1990

Perforato con impianto Ingersoll-Rand - Ciclone TH 60 a distruzione di nucleo con trapano da 6"1/4 fino alla profondità max di m.1.30 e in carotaggio continuo con doppio carotiere da 146 mm. fino alla profondità di m 26.60. Calato tubo zincato da 2" fino a fondo foro per segnalatore di scorrimento.

STRATIGRAFIA

Da m. 0.00 a m. 1.30 D.N. Terreno sabbioso giallastro con frammenti di arenaria.

Battuta da m. 1.30 a m. 4.00 A = 2.70 C = 2.20 R = 81%

Carota m.	0.30	Sabbia giallastra inglobante frammenti di arenaria.
	0.40	Detriti di arenariagiiallastra alterata.
	0.20	Arenaria giallastra co fratture ossidate inclin.60°.
	0.20	Arenaria giallastra. Fratture ossidate inclin.70°.
	0.20	Frammenti di arenaria giallastra.
	0.30	Arenaria giallastra con fratture ossidate inclinate di 70°.
	0.60	Frammenti di arenaria inglobati in matrice limo-sabbiosa giallastra.

-----  
m 2.20

R.Q.D. della battuta 0 % MOLTO CATTIVA

Battuta da m. 4.00 a m. 7.00 A = 3.00 C = 2.45 R = 82%

Carota m.	0.10	Arenaria alterata grigio-giallastra.
	0.60	Sabbia grigia inglobante frammenti di arenaria.
	0.65	Arenaria grigia con fratture inclinate di 70°.
	0.10	Sabbia grigia.
	0.10	Detriti di arenaria grigia.
	0.60	Sabbie limose grigio-giallastre inglobanti frammenti di arenaria.
	0.30	Sabbie grigie derivanti da disfacciamento di arenaria.

-----  
m. 2.45

R.Q.D. della battuta 0 % MOLTO CATTIVABattuta da m. 7.00 a m. 10.00 A = 3.80 C = 3.00 R = 100 %

Carota	m.	2.40		Frammenti di arenaria grigia allentata inglobati in matrice di sabbie grigie.
		0.60	0.25	Arenaria grigia parzialmente allentata con qualche frattura ossidata.
		-----		
	m.	3.00	0.25	

R.Q.D. della battuta 8 % MOLTO CATTIVABattuta da m. 10.00 a m. 12.80 A = 2.80 C = 2.80 R 100%

Carota	m.	0.27		Frammenti di arenaria grigia.
		0.20		Siltite grigia.
		0.25		Siltite grigia in piccoli frammenti.
		0.40		Arenaria grigia a grana fine con fratture subverticali ossidate.
		0.18	0.18	Arenaria grigia.
		0.20		Arenaria grigia allentata e fratturata
		0.30		Siltiti grigie alterate inglobate in matrice limosa.
		0.40	0.40	Arenaria grigia.
		0.30		Arenaria grigia con fratture inclinate di 70°.
		0.30		Frammenti di arenaria e siltite.
		-----		
		2.80	0.58	

R.Q.D. della battuta 21% MOLTO CATTIVABattuta da m. 12.80 a m. 15.30 A = 2.50 C = 2.28 R = 91%

Carota	m.	0.13		Frammenti di arenaria grigia.
		0.13	0.13	Arenaria grigia. Stratif. 41°.
		0.25		Arenaria a grana fine fratturata. Stratif. inclin di 43°
		0.15	0.15	Arenaria grigia a grana fine.
		0.20		Arenaria fratturata.
		0.20		Siltiti fratturate.
		0.12		Arenaria grigia fratturata.
		0.60		Arenaria intensamente fratturata.
		0.20		Siltiti grigie fratturate.
		0.40		Arenaria e siltiti grigie fratturate.
		-----		
	m.	2.28	0.28	

R.Q.D. della battuta 12 % MOLTO CATTIVABattuta da m. 15.30 a m. 17.80 A = 2.50 C = 2.03 R = 81 %

Carota	m.	0.20	0.20	Arenaria grigia.
		0.40		Arenaria grigia a grana fine in blocchi fratturati.
		0.12	0.12	Arenaria grigia.
		0.10	0.10	Arenaria grigia. Strati a 45°.
		0.30		Arenaria grigia con frattura subverticale.
		0.20	0.20	Arenaria grigia.

0.15		Frammenti di arenaria grigia.
0.06		Arenaria grigia.
0.30		Frammenti di arenaria grigia.
0.20		Arenaria grigia fratturata.

-----  
m. 2.03 0.62

R.Q.D. della battuta 30 % CATTIVA

Battuta da m. 17.80 a m. 18.80 A = 1.00 C = 0.90 R = 90 %

Carota	m.	0.40		Detriti di arenaria grigia a grana fine
		0.50		Siltiti grigie intensamente fratturate.

-----  
m. 0.90

R.Q.D. della battuta 0% MOLTO CATTIVA

Battuta da m. 18.80 a m. 21.30 A = 2.80 C = 2.00 R = 71%

Carota	m.	0.08		Arenaria grigia. Strati a 42°.
		0.18	0.18	Arenaria grigia. Strati a 43°.
		0.13	0.13	Arenaria grigia a grana fine.
		0.25		Detrito di arenaria.
		0.32		Arenaria a grana fine. Fratture subvert
		0.13		Detriti di arenaria grigia.
		0.26		Arenaria grigia con fratture vertic.
		0.15		Detriti di siltite grigia.
		0.50		Frammenti di arenaria con fratture verticali.

-----  
m. 2.00 0.31

R.Q.D. della battuta 16 % MOLTO CATTIVA.

Battuta da m. 21.30 a m. 23.80 A = 2.5 C = 2.10 R = 84 %

Carota	m.	0.30		Detrito di arenaria grigia a grana fine
		0.09		Arenaria grigia.
		0.12	0.12	Arenaria grigia.
		0.26	0.26	Arenaria grigia a grana fine. Stratificazione 42°.
		0.13	0.13	Arenaria grigia.
		0.63		Arenaria grigia fratturata in grossi frammenti.
		0.20		Arenaria grigia a grana fine in piccoli frammenti.
		0.12	0.12	Arenaria grigia.
		0.25		Arenaria grigia fratturata.

-----  
2.10 0.63

R.Q.D. della battuta 30 % CATTIVA

Battuta da m. 23.80 a m. 26.60 A = 2.80 C = 2.80 R = 100 %.





Carota	m.	0.30		Arenaria grigia a grana fine. Frattura inclinata di 70°.
		0.55	0.55	Arenaria grigia a grana fine.
		0.18	0.18	Idem sopra.

	0.45	0.45	Idem sopra. Frattura inclin 60°.
	0.35	0.35	Arenaria grigia a grana fine.
	0.16		Arenaria grigia fratturata.
	0.23	0.23	Arenaria grigia a grana fine. Stratifi- cazione inclin. di 45°.
	0.20		Arenaria grigia fratturata.
	0.28	0.28	Arenaria grigia a grana fine.
	0.20		Arenaria grigia fratturata.
-----			
m.	2.80	2.04	

R.Q.D. della battuta 73 % DISCRETA.

# GEOSONDA s.p.A. - Roma

RF. NT.: 009001071	DATA ELABORAZIONE: 10-12-80	DATA INIZIO PERFORAZIONE:	DATA FINE PERFORAZIONE:
COMMITTENTE:	ENEL C.T.O. FIRENZE - G.M. S.BARBARA	CANTIERE:	S. BARBARA
NO. SONDEGGIO: 1071	QUOTA BOCCAFORO:	LUNGHEZZA (m): 46.00	INCLINAZIONE (gradi):
NOTE:		SCALA GRAFICA: 1:100	

STRATIGRAFIA				CAMPIONI		DROLOGIA		PERCENTUALE	ROCK	STANDARD	DI	PERFORAZIONE	STABILIZZAZ.
Profondità dal p.c. (m)	Potenza (m)	Simbolo grafico	Descrizione litologica	Profondità di prelievo (m)	tipo di prelievo Compositore	Profondità di inv. (m)	Profondità di stab. (m)	3 CARICAZIONE 50 *	QUALITÀ DESCRIZIONE 50 *	TEST PENETRATION TEST	METRO DEL F.C.O. (mm)	METODO	METODO DI STABILIZZAZ.
			Marne c/o silti di colore grigio, stratificate, mediamente fratturate con i reattivi piani di frattura della stessa gittura degli strati.										
7.50	7.50		Livello siltoso arenaceo poco fratturato.										
6.50	1.00		Silti e subordinatamente marne di colore grigio da poco a mediamente fratturate, secondo i piani di stratificazione.										
6.50	8.00		Arenarie a grana fina, poco fratturate, talora intercalate a strati lenti più o meno siltosi.										


# GEOSONDA S.p.A. - Roma

RF. INT.: 1105001071	DATA ELABORAZIONE: 10-12-80	DATA INIZIO PERFORAZIONE:	DATA FINE PERFORAZIONE:
COMMITTENTE: ENEL C.T.O. FIRENZE - G.L.V. S.BARBARA	CANTIERE:		S. BARBARA
NO. SONDAGGIO: 1071	QUOTA BOCCAFORDO:	LUNGHEZZA (m): 45,00	INCLINAZIONE (gradi): SCALA GRAFICA: 1:100

Profondità dal p.c. (m)		S - R A T I G R A F I A		CAMPIONI		DRELOGA		PERCENTUALE		ROCK		STANDARD		DEL FORO (mm)		PERFORAZIONE		METODO DI STABILIZZAZ.	
Potenza (m)	Simbolo grafico	Descrizione litologica		Profondità di ripresa (m)	Componente	Profondità di prelievo (m)	Profondità di stab. (m)	% SARTAGGI	% DESIGNATION	STANDARD	PENETRATION TEST	DIAMETRO	NE. TOCC	DI	PERFORAZIONE	VELOCITÀ	STABILIZZAZ.		
		Arenarie a grano fine, poco fratturate, talora intercalate a strati livelli più o meno siltosi.																	

# GEOSONDA s.p.A. - Roma

REF. INT.: 1109001071	DATA ELABORAZIONE: 10-12-90	DATA INIZIO PERFORAZIONE:	DATA FINE PERFORAZIONE:
CONMITTENTE:	ENEL C.TO FIRENZE - G.L.M. S.BARBARA	CANTIERE:	S. BARBARA
NO. SONDAGGIO: 1071	QUOTA BOCCAFFORD:	LUNGHEZZA (m): 46.00	INCLINAZIONE (gradi):
		SCALA GRAFICA: 1:100	

STRATIGRAFIA				CAMPIONI		IDROLOGIA		PERCENTUALE DI CARSTAGGIO	ROCK QUALITY DESIGNATION	STANDARD PENETRATION TEST	DIMETRO DEL FORO (mm)	METODO DI PERFORAZIONE	METODO DI STABILIZZAZ.
Profondita' dal p.c. (m)	Potenza (m)	Simbolo grafico	Descrizione litologica	Profondita' prelievo (m)	Completato	tipo di prelievo	Profondita' di Fluss. (m)	Profondita' di stab. (m)	50 x	50 x	N. colpi		
46.00	29.50		Arenarie a grana fina, poco fratturate, talora intercalate a stili livelli piu' o meno siltosi.										



# GEOSONDA

FONDAZIONI E APPLICAZIONI SPECIALI  
ALLE COSTRUZIONI S.p.A - ROMA

Committente EDEL G.I.M. - S.BARBARA (C.T.O.FI)  
 Cantiera S. BARBARA

Verticale 1071

Riferimento raccogliatore  
(Max 21 cor.) \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_ 10  
 \_\_\_\_\_ 21

TIPO COORDINATE (diz. COOR) LS  
 IMPRESA ESECUTRICE (diz. MES) GE

## STRATIGRAFIA DI SONDAGGIO

Utente A  
 Sito TT01

Postazione 1071  
 Sondaggio 5  
 Prof. tot. da p.c. (m) 11.00

Coord. X 25267.45  
 Coord. Y 10026.31  
 Quota ass. p.c. 179.94  
 (m. s.l.m.)

Data inizio 0612990  
 Data fine 0612990  
 Data interpret. \_\_\_\_\_

PERFORAZIONE: SISTEMA DI PERFORAZIONE (diz. SIPE) \_\_\_\_\_ FLUIDO DI CIRCOLAZIONE (diz. FLCI) AQ

UN. DI MISURA SPINTA SULLE ASTE (diz. UNM1) \_\_\_\_\_ UN. DI MISURA POCKET PENETR. (diz. UNM2) \_\_\_\_\_ UN. DI MISURA VANE TEST (diz. UNM3) \_\_\_\_\_

Dato	Profondità dal p.c.	Spessore strati	Campioni	Quota campioni	CAROTTAGGIO % recupero 10 30 50 70 90 % Rqd	DISTRUZIONE Tipo perforazione Tipo carotaggio	Scala riferimento	STRATIGRAFIA	STRUMENTAZIONE INSTALLATE O PROVE EFFETT.	DESCRIZIONE DEI TERRENI ATTRAVERSATI	Tipo loga di vite (TIST)	Pocket penetrometr Kg/cm <sup>2</sup>	S. P. T.		Vane test
													Profondità	Numero colpi	
1						UTENSILE DI PERFORAZIONE: ROCK BITS $\phi$ 8" 1/4				PERFORAZIONE A DISTRUZIONE DI NUCLEO					
	11.00							18							
								750							
								9.00							
								10.00							
								11.00							

LEGENDA DIZIONARI  
 DIZ. COOR : LS = Locale di sito  
 DIZ. MES : GE = Geosonda  
 DIZ. FLCI : AQ = Acqua  
 DIZ. TIPE : RC = Carotaggio continuo  
 " " : RD = " a distruzione  
 DIZ. TCAM : C2 = Carotiere doppio

Note  
 PIEZOMETRO TIPO  
 CASAGRANDE

MISURA FALDA ACQUIFERA							
Data	Prof. foro	Quota rivest.	Livello acqua	Data	Prof. foro	Quota rivest.	Livello acqua
S				S			
M				M			
S				S			
M				M			



Associazione Temporanea di Imprese  
 GEOSONDA S.p.A. - GEOGNOSTICA UMBRA S.r.l.

REF. INT.: 1029200040	DATA ELABORAZIONE: / /	DATA INIZIO PERFORAZIONE: 10/06/1992	DATA FINE PERFORAZIONE: 11/06/1992
COMMITTENTE: ENEL C.TO FIRENZE - MINERA S. BARBARA		CANTIERE: ENEL S. BARBARA 3	
PERFORAZIONE: SH75	QUOTA BOCCAFFORO (m s.l.m.):	LUNGHEZZA (m): 18.00	INCLINAZIONE (gradi):
MACCHINA PERFORATRICE:			
PERFORATORE RESPONSABILE:		TECNICO RESPONSABILE:	
NOTE: La perforazione e' stata eseguita con il wire line del diam. 146. Posa in opera inclinometro. Coordinate X= 25235.90 Y= 9878.91 Z= 235.76 <i>m.e. 12</i>			
IMCL 104 (trave. C. Nuova)			

Profondità dal p.c. (m)	STRATIGRAFIA		PERCENTUALE DI CAROTAGGIO	ROCK QUALITY DESIGNATION	METODO DI STABILIZZAZIONE
	Potenza (m)	Simbolo grafico			
5.00					
7.30	7.30				
9.50	2.20				
10.00					
10.90	1.10				
13.00					
13.60	4.70				


Software by GIEOS

Foglio 1/2

10292/173

Associazione Temporanea di Imprese  
 GEOSONDA S.p.A. - GEOGNOSTICA UMBRA S.r.l.

REF. INT.: 1029200040	DATA ELABORAZIONE: / /	DATA INIZIO PERFORAZIONE: 10/06/1992	DATA FINE PERFORAZIONE: 11/06/1992
COMITENTE: ENEL C.TO FIRENZE - MINIERA S. BARBARA		CANTIERE: ENEL S. BARBARA 3	
PERFORAZIONE: S1175	QUOTA BOCCAFFORO (m s.l.m.):	LUNGHEZZA (m): 18.00	INCLINAZIONE (gradi):
			SCALA GRAFICA: 1:100

Profondità dal p.c. (m)	Potenza (m)	Simbolo grafico	STRATIGRAFIA		PERCENTUALE di CAROTAGGIO 50 x	ROCK QUALITY DESIGNATION 50 x	METODO DI STABILIZZAZIONE
			Descrizione litologica				
18.00	2.10		Marna di colore grigio, mediamente fratturata. Piani di frattura a 45 gr. dalla verticale.				Carico d'acqua





CASSA 1 0.00 - 5.00 m



CASSA 2 5.00 - 8.50 m







CASSA 1 0.00 - 5.00 m



CASSA 2 5.00 - 10.00 m



CASSA 3 10.00 - 13.00 m





elletipi s.r.l.

Sede operativa ed amm.va: Via Annibale Zucchini, 69 - 44100 FERRARA  
tel. 0532/56771; fax 0532/56119 e-mail: info@elletipi.it sito: www.elletipi.it  
P IVA e Codice Fiscale n. 00174600387

@ Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 6572 del 07/10/2014, art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/STC

Azienda con Sistemi di Gestione certificata da CertiQuality  
Qualità Ambiente Sicurezza  
UNI EN ISO 9001:2000  
UNI EN ISO 14001:2004  
ISO 45001:2018



COMMITTENTE: ENEL S.p.a.

CANTIERE: Ex miniera di lignite Santa Barbara

PERFORAZIONE: S3045 - STRADA VECCHIO BORGO C. SITO N°:

ESECUZIONE: 01-04/06/2018

COMMESSA: 17144/18

OPERATORE: BARONE

RESPONSABILE: FOGLI

PROFONDITA': 10.00 m

RIVESTIMENTO: 3.00 m

QUOTA:

Indisturbato  
 Rimaneggiato  
 Ambientale

S.P.T  
 Lefranc  
 Vane Test

METRI	METRI da P.C.	LITOLOGIA	DESCRIZIONE STRATIGRAFICA	CAMPIONI			RQD		PROVE			METODO E UTENSILE	FALDA		
				TIPO	NUM.	PROF.	PROF.	%	TIPO	NUM.	PROF.				
1			Riporto costituito da frammenti di arenaria e frammenti di laterizio in matrice sabbiosa limosa di colore marrone chiaro												
2	1,50									SPT1 1,50-1,58m R		Carotiere semplice ø 101 mm			
3			Arenaria molto fratturata di colore marrone chiaro con lenti marnose e livelli alterati in limo argilloso												
4	4,10						4,10			SPT2 3,00-3,16m 24-R					
5								100%							
6			Arenaria di colore grigio da poco fratturata a fratturata (fratture prevalentemente 45°), con piccoli strati marnosi				5,40								
7	7,20						6,80								
8							7,00	0%							
9			Arenaria di colore grigio fratturata (fratture subverticali) con patine di ossidi lungo le fratture				8,40		54%						
10	10,00						9,25		61%						
11			FINE SONDAGGIO				10,00		57%						
12															
13															
14															
15															
16															
17															
18															
19															
20															



elletipi s.r.l.

Sede operativa ed amm.va: Via Annibale Zucchini, 69 - 44100 FERRARA  
tel. 0532/56771; fax 0532/56119 e-mail: info@elletipi.it sito: www.elletipi.it  
P IVA e Codice Fiscale n. 00174600387

@ Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 6572 del 07/10/2014, art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/STC

Azienda con Sistemi di Gestione certificata da CertiQuality  
Qualità Ambiente Sicurezza  
UNI EN ISO 9001:2000  
UNI EN ISO 14001:2004  
ISO 45001:2018



COMMITTENTE: ENEL S.p.a.

CANTIERE: Ex miniera di lignite Santa Barbara

PERFORAZIONE: S3046 - STRADA VECCHIO BORGO

ESECUZIONE: 04/06/18

COMMESSA: 17144/18

C. SITO N°:

OPERATORE: BARONE

RESPONSABILE: FOGLI

PROFONDITA': 10.00 m


RIVESTIMENTO: 3.50 m

QUOTA:

Indisturbato  
 Rimaneggiato  
 Ambientale

S.P.T  
 Lefranc  
 Vane Test

METRI	METRI da P.C.	LITOLOGIA	DESCRIZIONE STRATIGRAFICA	CAMPIONI			RQD		PROVE			METODO E UTENSILE	FALDA	
				TIPO	NUM.	PROF.	PROF.	%	TIPO	NUM.	PROF.			
1			Ripporto costituito da frammenti di arenaria e frammenti di laterizio in matrice sabbiosa limosa di colore marrone chiaro									Carotaggio continuo mediante carotiere semplice ø 101 mm		
2	2,50													
3			Sabbia fine limosa debolmente argillosa con frammenti arenitici marrone chiaro									Carotaggio continuo mediante carotiere doppio ø 101 mm e corona diamantata		
4	3,50													
5			Arenaria a grana grossa di colore marrone-grigio poco fratturata					68%				Carotaggio continuo mediante carotiere doppio ø 101 mm e corona diamantata		
6	6,00													
7			Arenaria a grana fine di colore grigio-marrone alternata a marna marrone scuro da fratturata a molto fratturata, con livelli alterati in argilla limosa					79%				Carotaggio continuo mediante carotiere doppio ø 101 mm e corona diamantata		
8														
9								20%				Carotaggio continuo mediante carotiere doppio ø 101 mm e corona diamantata		
10	10,00													
11			FINE SONDAGGIO											
12														
13														
14														
15														
16														
17														
18														
19														
20														

 HGTG DESIGN AND EXECUTION	MINIERA DI SANTA BARBARA PIANO DI RECUPERO AMBIENTALE	Document <i>Documento n.</i> <b>PBSMA</b>
	PROGETTO STRADA VECCHIO BORGO DI CASTELNUOVO INDAGINI E PROVE IN SITO	REV. 00    gg.mm.24 Sheet      56    of <i>Pagina</i> <i>di</i> 115

### 3. ANALISI DI LABORATORIO SU CAMPIONI



Cliente 6477 AMBROGETTI S.R.L.

ALIG Associazione Laboratori di Ingegneria e Geotecnica

## CERTIFICATO N. 0030G/00065 DEL 30-05-2017

Riferimenti: V.A. del 19-05-17 n. 32/X

Nota del 12-05-17 n. C-1042/A

### PROVE DI LABORATORIO SULLE ROCCE GRANDEZZE FISICHE - COMPRESSIONE MONOASSIALE

Intestatario .....: **AMBROGETTI S.R.L.**  
Via S. Lucia,33/1 Località Riofreddo – VERGHERETO (FC)  
Impresa .....: **AMBROGETTI S.R.L.**  
Cantiere.....: **CENTRALE ENEL S.BARBARA**  
**LOCALITA' CAVRIGLIA – CAVRIGLIA (AR)**  
Proprietà.....: **ENEL**  
Direttore dei Lavori .....: **Dott. Ing. NICOLA PISANI**  
Natura dei campioni .....: **Campione di roccia rimaneggiato**                      **Siglato "S 3007**    **Profondità: 6,60 m"**  
Data della prova .....: **29-05-2017 (fine prova)**

Questo documento viene rilasciato con timbro a secco e con bollino rosso GEOTEC 1972 ed è costituito da n. 2 pagine.

### RELAZIONE

In data 12-05-2017 è stato consegnato al Personale del Laboratorio un campione di terreno rimaneggiato, dichiarato prelevato dal Cantiere "Centrale Enel S. Barbara – Località Cavriglia (AR)", Siglato "S 3007 Profondità: 6,60 m", per essere sottoposto alle seguenti prove di Laboratorio:

- Determinazione del Peso di Volume, secondo le Raccomandazioni I.S.R.M. 1979;
- Prova di resistenza a compressione monoassiale, secondo le Raccomandazioni ISRM 1979.

### RISULTATI DELLE PROVE

**SIGLA " S 3007    Profondità: 6,60 m".**

DESCRIZIONE DEL CAMPIONE ...: All'apertura del campione quest'ultimo, da una prima osservazione, risulta essere costituito da materiale lapideo a granulometria molto fine, di colore grigio-marrone, di natura non carbonatica. Sono presenti alcune fratture riempite da materiale di colore marrone-violaceo, e tracce di alterazione e ossidazione.  
(v. foto pagina " 2 ").  
(Raccomandazioni AGI 1977)

PESO DI VOLUME ( $\gamma$ ) .....: **26,26 kN/m<sup>3</sup>** (ventiseivirgolaventiseichilonewtonalmetrocubo)

PROVA DI RESISTENZA A COMPRESSIONE MONOASSIALE SU ROCCE .....: La prova, eseguita secondo le Raccomandazioni I.S.R.M. 1979, sprovino ricavato da carotaggio, ha fornito i dati riportati a pagina "2"

---000000000---

OSSERVAZIONI: Campione e dati forniti dall'IMPRESA AMBROGETTI S.R.L.

Lo Sperimentatore  
(Geol. Fabio Salvi)

Il Direttore del Laboratorio  
(Dott. Geol. Biancamaria Chiantini)

Settori: a) Prove di laboratorio sui terreni b) Prove di laboratorio sulle rocce c) Prove in sito



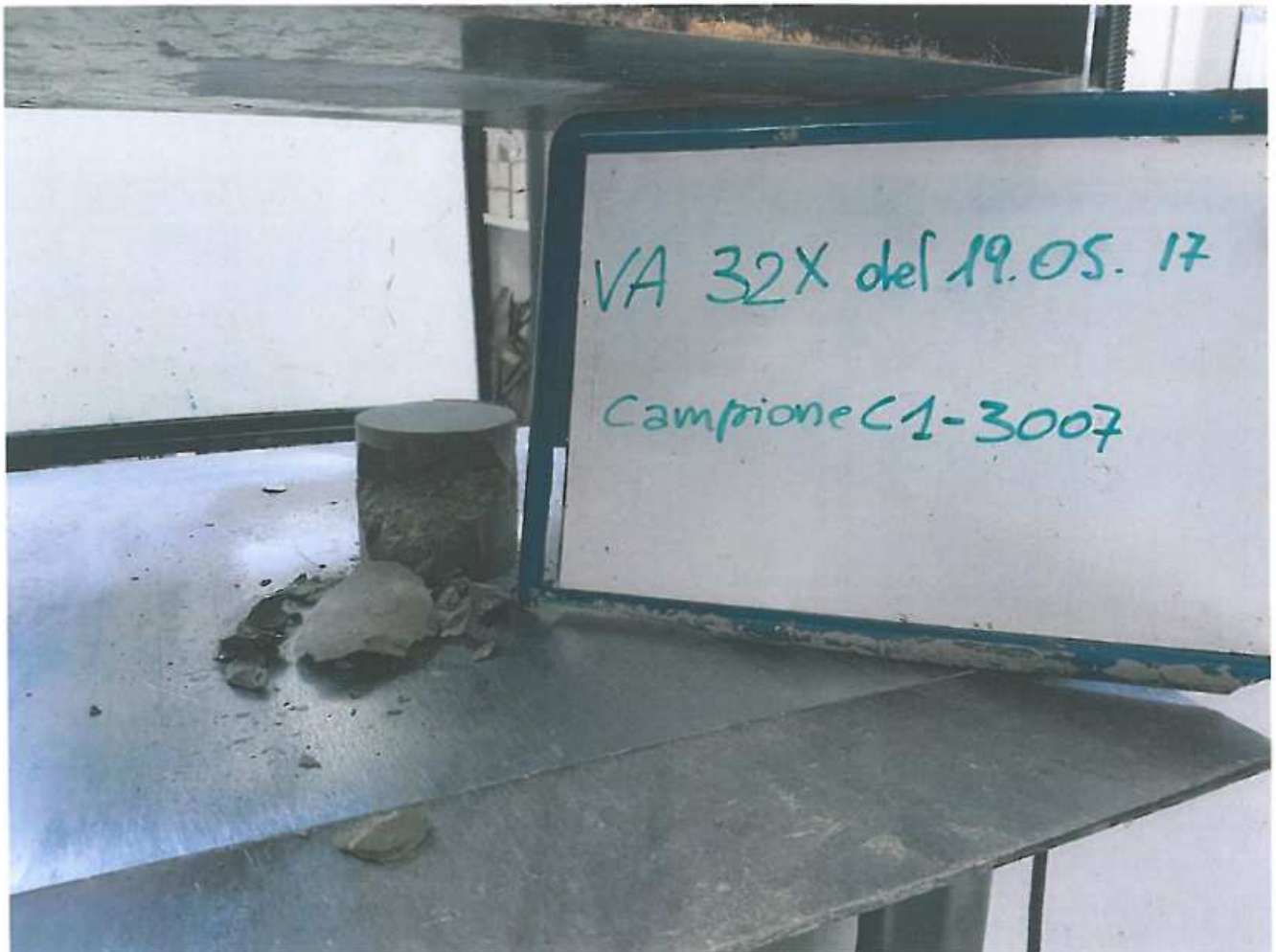
Riferimento: V. A. 0032/X del 19-05-2017  
 Intestatario.: AMBROGETTI S.R.L.  
 Cantiere.....: CENTRALE ENEL S. BARBARA  
 Località CAVRIGLIA – CAVRIGLIA (AR)

### CAMPIONE "S 3007"-PROFONDITA': 6,60 m

Attrezzatura di prova : Pressa LONOS TEST PMC 300

N°	Sigla	Dimensioni diametro x altezza $\phi \cdot h$ mm	Area Compressa mm <sup>2</sup>	RESISTENZA	
				N/mm <sup>2</sup>	kN
1	S 3007	■ $\phi$ 82,0 x 82,0	5278	53,9	284,5

1 kgf = 9,81 N (Newton) ■ rettifica mediante molatura meccanica



Lo Sperimentatore  
 (Geol. Fabio Salvi)

Il Direttore del Laboratorio  
 (Dot. Geol. Biancamaria Chiantini)



Cliente 6477 AMBROGETTI S.R.L.

ALIG Associazione Laboratori di Ingegneria e Geotecnica

## CERTIFICATO N.0031G/00066 DEL 30-05-2017

Riferimenti: V.A. del 19-05-17 n. 32/X

Nota del 12-05-17 n. C-1042/A

### PROVE DI LABORATORIO SULLE ROCCE GRANDEZZE FISICHE - COMPRESIONE MONOASSIALE

Intestatario .....: **AMBROGETTI S.R.L.**  
Via S. Lucia,33/1 Località Riofreddo – VERGHERETO (FC)  
Impresa .....: **AMBROGETTI S.R.L.**  
Cantiere.....: **CENTRALE ENEL S.BARBARA**  
**LOCALITA' CAVRIGLIA – CAVRIGLIA (AR)**  
Proprietà.....: **ENEL**  
Direttore dei Lavori .....: **Dott. Ing. NICOLA PISANI**  
Natura dei campioni .....: **Campione di roccia rimaneggiato** **Siglato "S 3008 C1 Profondità: 10,00 m"**  
Data della prova .....: **29-05-2017 (fine prova)**

Questo documento viene rilasciato con timbro a secco e con bollino rosso GEOTEC 1972 ed è costituito da n. 2 pagine.

### RELAZIONE

In data 12-05-2017 è stato consegnato al Personale del Laboratorio un campione di terreno rimaneggiato, dichiarato prelevato dal Cantiere "Centrale Enel S. Barbara – Località Cavriglia (AR)", Siglato "S 3008 C1 Profondità: 6,60 m", per essere sottoposto alle seguenti prove di Laboratorio:

- Determinazione del Peso di Volume, secondo le Raccomandazioni I.S.R.M. 1979;

### RISULTATI DELLE PROVE

**SIGLA "S 3008 C1 Profondità: 10,00m".**

DESCRIZIONE DEL CAMPIONE ....: All'apertura del campione quest'ultimo, da una prima osservazione,  
(Raccomandazioni AGI 1977) risulta essere costituito da materiale lapideo a granulometria molto fine, di colore grigio-marrone, di natura non carbonatica. Sono presenti piani di discontinuità e stratificazione con ossidazione.  
(v. foto pagina " 2 ").

PESO DI VOLUME ( $\gamma$ ) .....: **24,48 kN/m<sup>3</sup>** (ventiquattrovirgolaquarantottochilonewtonalmetrocubo)

---000000000---

OSSERVAZIONI: Campione e dati forniti dall'IMPRESA AMBROGETTI S.R.L..

Lo Sperimentatore  
(Geol. Fabio Salvi)

Il Direttore del Laboratorio  
(Dott. Geol. Biancamaria Chiantini)

Settori: a) Prove di laboratorio sui terreni b) Prove di laboratorio sulle rocce c) Prove in sito

Riferimento: V. A. 0032/X del 19-05-2017  
Intestatario.: AMBROGETTI S.R.L.  
Cantiere.....: CENTRALE ENEL S. BARBARA  
Località CAVRIGLIA – CAVRIGLIA (AR)


**CAMPIONE "S 3008 C1"-PROFONDITA': 10,00 m**



Lo Sperimentatore  
(Geo. Fabio Salvi)

Il Direttore del Laboratorio  
(Dot. Geol. Biancamaria Chiantini)



 HGTG DESIGN AND EXECUTION	MINIERA DI SANTA BARBARA PIANO DI RECUPERO AMBIENTALE	Document <i>Documento n.</i> <b>PBSMA</b>
	PROGETTO STRADA VECCHIO BORGO DI CASTELNUOVO INDAGINI E PROVE IN SITO	REV. 00    gg.mm.24 Sheet      61    of <i>Pagina</i> di    115

#### 4. INDAGINI GEOFISICHE





**elletipi s.r.l.**

Sede legale, operativa, amm.va: via Zucchini, 69 - 44100 FERRARA

P.IVA e Codice Fiscale n.00174600387

sito: www.elletipi.it - email: info@elletipi.it

Azienda con Sistemi di Gestione certificati da Certquality

Qualità Ambiente Sicurezza

UNI EN ISO 9001:2008

UNI EN ISO 14001:2004

BS OHSAS 18001:2007



Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 6572 del 07/10/2014, art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/STC

## RAPPORTO DI PROVA ACQUISIZIONE ED ELABORAZIONE DATI - SISMICA A RIFRAZIONE

COMMITTENTE: **ENEL S.p.a.**  
 LOCALITA': **Ex miniera di lignite Santa Barbara - Vecchio Borgo**  
 PROVA: **INDAGINE SISMICA A RIFRAZIONE IN ONDE P - REF\_1**  
 DATA PROVA: **21/06/2018**  
 Prot.LAB: **52000**

rev.0 del: 09/07/18

COMM: 17144/17

Tav.: 1

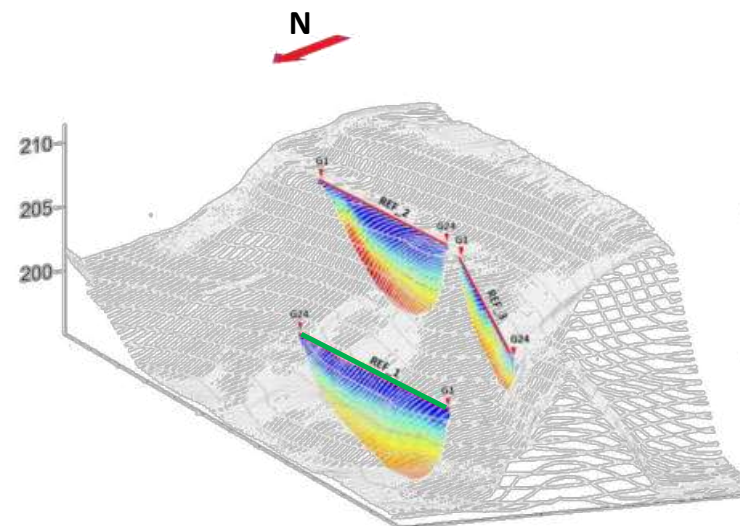
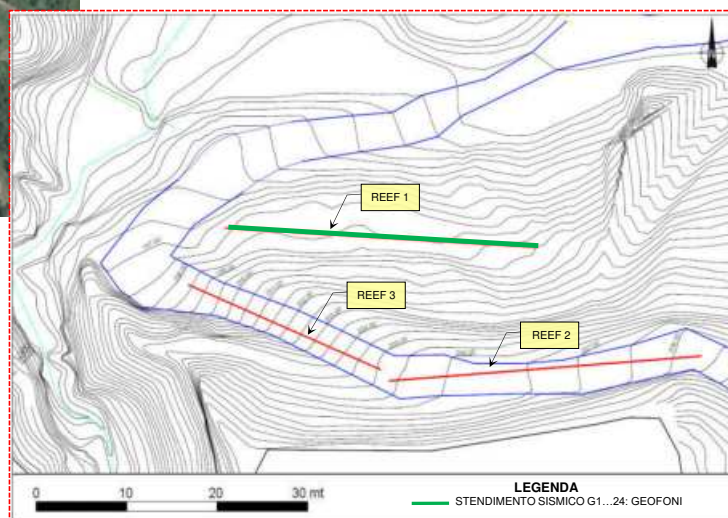
### INDAGINE SISMICA A RIFRAZIONE IN ONDE P - REF\_1

UBICAZIONE*		
Geofoni:	G1	G24
Latitudine :	1698244.5711	1698279.0112
Longitudine :	4824551.8205	4824549.7874
Lunghezza:	34.5 m	
Direzione:	W - E	

SCHEMA DI ACQUISIZIONE	
Sismografo:	Geometrics geode
Numero geofoni:	24 (Geospace 4,5Hz)
Distanza Intergeofonica:	1.5 m
Intervallo campionamento:	0.125 ms

\*Rappresentazione conforme di Gauss tramite il fuso Ovest di 6°, a cui è associato il sistema geodetico nazionale ROMA40

### PLANIMETRIA GENERALE DELLE INDAGINI



ELABORATO  
Dott. Andrea Lombardo

VERIFICATO  
Dott. Fabio Faccia



**elletipi s.r.l.**

Sede legale, operativa, amm.va: via Zucchini, 69 - 44100 FERRARA

P.IVA e Codice Fiscale n.00174600387

sito: www.elletipi.it - email: info@elletipi.it

Azienda con Sistemi di Gestione certificati da Certquality  
Qualità Ambiente Sicurezza  
UNI EN ISO 9001:2008  
UNI EN ISO 14001:2004  
BS OHSAS 18001:2007



® Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 6572 del 07/10/2014, art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/STC

## RAPPORTO DI PROVA ACQUISIZIONE ED ELABORAZIONE DATI - SISMICA A RIFRAZIONE

COMMITTENTE: **ENEL S.p.a.**  
LOCALITA': **Ex miniera di lignite Santa Barbara - Vecchio Borgo**  
PROVA: **INDAGINE SISMICA A RIFRAZIONE IN ONDE P - REF\_1**  
DATA PROVA: **21/06/2018**  
Prot.LAB: **52000**

rev.0 del: 09/07/18

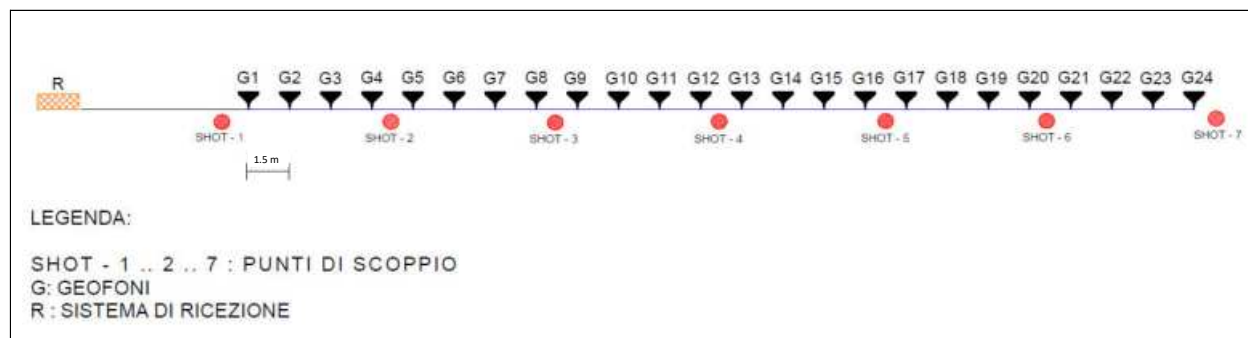
COMM: 17144/17

Tav.: 2

### DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



### CONFIGURAZIONE DI PROVA



PUNTI DI SCOPPIO	OFFSET (m)
SHOT - 1	-0.75
SHOT - 2	5.25
SHOT - 3	11.25
SHOT - 4	17.25
SHOT - 5	23.25
SHOT - 6	29.25
SHOT - 7	35.25

ELABORATO  
Dott. Andrea Lombardo

VERIFICATO  
Dott. Fabio Faccia



**elletipi s.r.l.**  
 Sede legale, operativa, amm.va: via Zucchini, 69 - 44100 FERRARA  
 P.IVA e Codice Fiscale n.00174600387  
 sito: www.elletipi.it - email: info@elletipi.it

Azienda con Sistemi di Gestione certificati da Certiquality  
 Qualità Ambiente Sicurezza  
 UNI EN ISO 9001:2008  
 UNI EN ISO 14001:2004  
 BS OHSAS 18001:2007

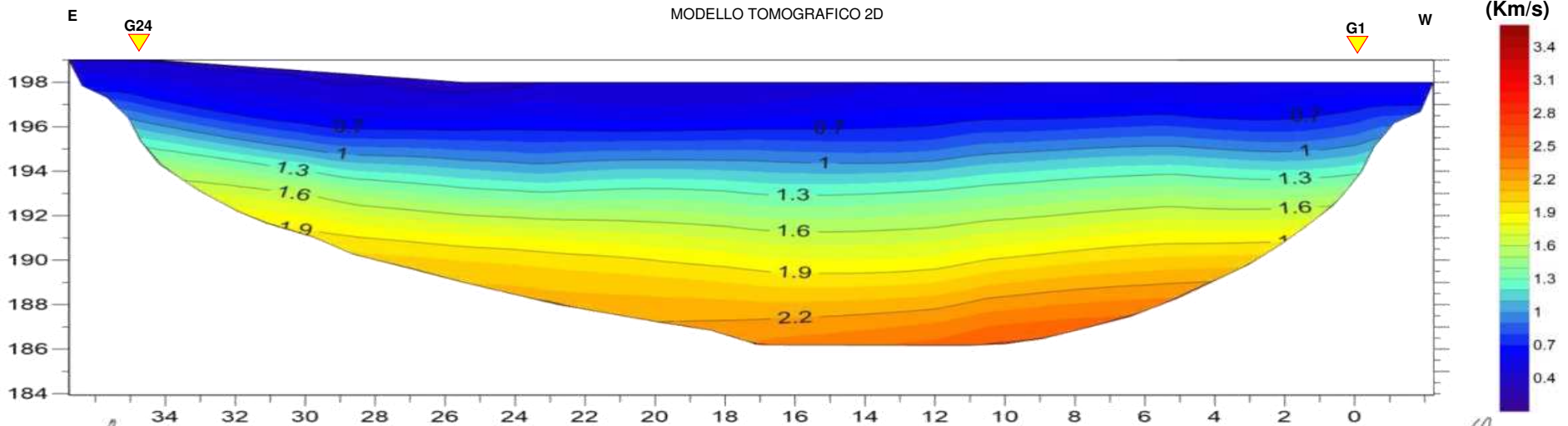
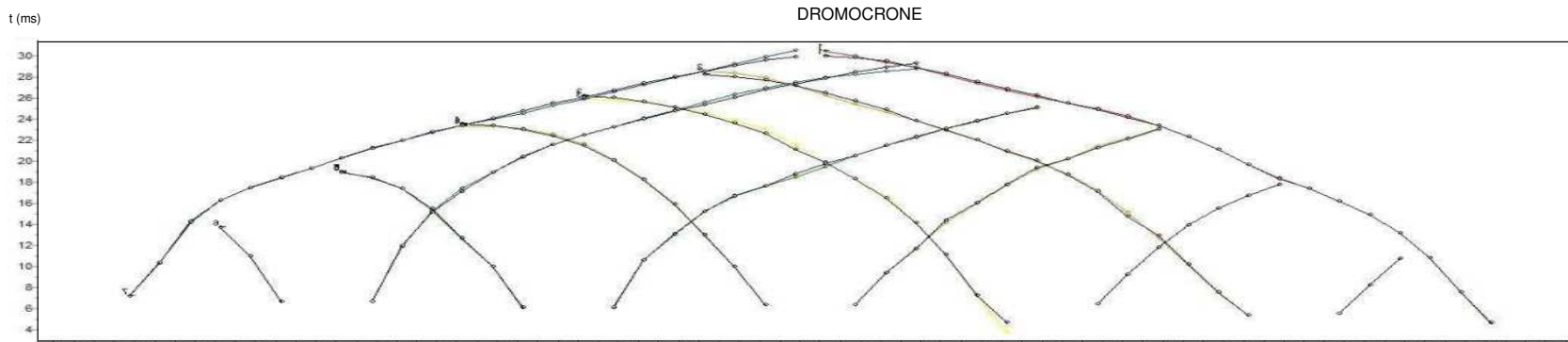


® Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 6572 del 07/10/2014, art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/STC

## RAPPORTO DI PROVA ACQUISIZIONE ED ELABORAZIONE DATI - SISMICA A RIFRAZIONE

COMMITTENTE:	ENEL S.p.a.			
LOCALITA':	Ex miniera di lignite Santa Barbara - Vecchio Borgo			
PROVA:	INDAGINE SISMICA A RIFRAZIONE IN ONDE P - REF_1			
DATA PROVA:	21/06/2018			
Prot.LAB	52000	rev.0 del: 09/07/18	COMM: 17144/17	Tav.: 3

### INDAGINE SISMICA A RIFRAZIONE IN ONDE P - REF\_1



ELABORATO  
 Dott. Andrea Lombardo

VERIFICATO  
 Dott. Fabio Faccia





**elletipi s.r.l.**

Sede legale, operativa, amm.va: via Zucchini, 69 - 44100 FERRARA

P.IVA e Codice Fiscale n.00174600387

sito: www.elletipi.it - email: info@elletipi.it

Azienda con Sistemi di Gestione certificati da Certquality

Qualità Ambiente Sicurezza

UNI EN ISO 9001:2008

UNI EN ISO 14001:2004

BS OHSAS 18001:2007



Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 6572 del 07/10/2014, art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/STC

## RAPPORTO DI PROVA ACQUISIZIONE ED ELABORAZIONE DATI - SISMICA A RIFRAZIONE

COMMITTENTE: **ENEL S.p.a.**  
 LOCALITA': **Ex miniera di lignite Santa Barbara - Vecchio Borgo**  
 PROVA: **INDAGINE SISMICA A RIFRAZIONE IN ONDE S - REF\_1**  
 DATA PROVA: **21/06/2018**  
 Prot.LAB: **52003**

rev.0 del: 09/07/18

COMM: 17144/17

Tav.: 1

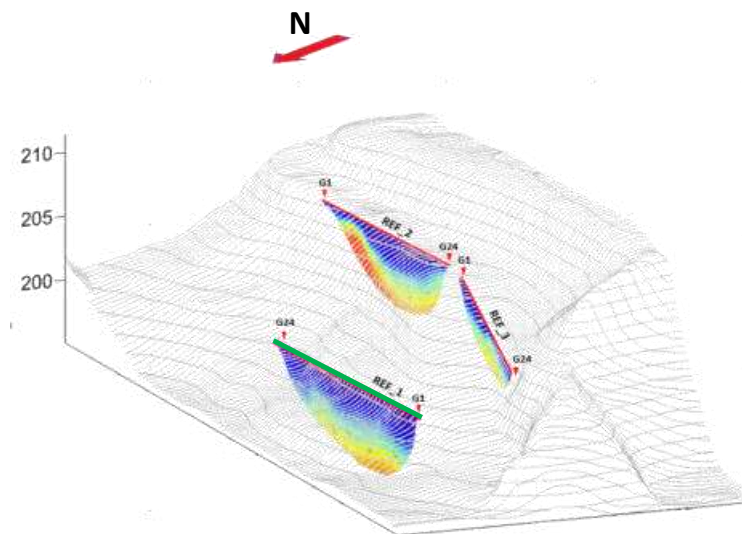
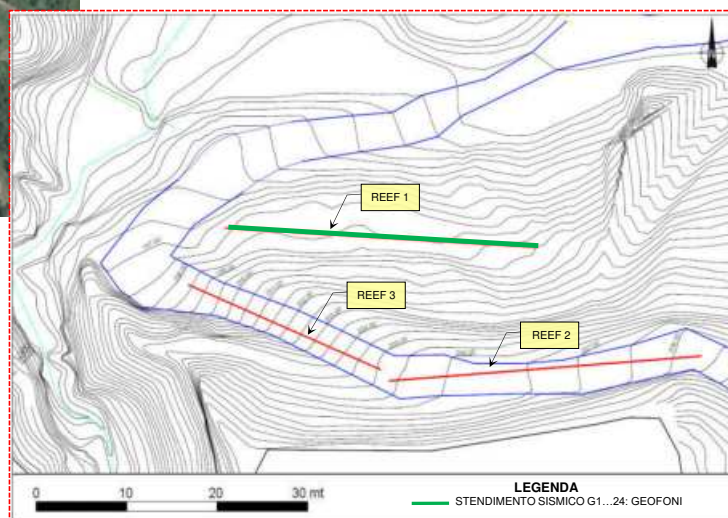
### INDAGINE SISMICA A RIFRAZIONE IN ONDE S - REF\_1

UBICAZIONE*		
Geofoni:	G1	G24
Latitudine :	1698244.5711	1698279.0112
Longitudine :	4824551.8205	4824549.7874
Lunghezza:	34.5 m	
Direzione:	W - E	

SCHEMA DI ACQUISIZIONE	
Sismografo:	Geometrics geode
Numero geofoni:	24 (Geospace 4,5Hz)
Distanza Intergeofonica:	1.5 m
Intervallo campionamento:	0.125 ms

\*Rappresentazione conforme di Gauss tramite il fuso Ovest di 6°, a cui è associato il sistema geodetico nazionale ROMA40

### PLANIMETRIA GENERALE DELLE INDAGINI



ELABORATO  
Dott. Andrea Lombardo

VERIFICATO  
Dott. Fabio Faccia



**elletipi s.r.l.**

Sede legale, operativa, amm.va: via Zucchini, 69 - 44100 FERRARA

P.IVA e Codice Fiscale n.00174600387

sito: www.elletipi.it - email: info@elletipi.it

Azienda con Sistemi di Gestione certificati da Certiquality  
Qualità Ambiente Sicurezza  
UNI EN ISO 9001:2008  
UNI EN ISO 14001:2004  
BS OHSAS 18001:2007



® Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 6572 del 07/10/2014, art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/STC

## RAPPORTO DI PROVA ACQUISIZIONE ED ELABORAZIONE DATI - SISMICA A RIFRAZIONE

COMMITTENTE: **ENEL S.p.a.**  
LOCALITA': **Ex miniera di lignite Santa Barbara - Vecchio Borgo**  
PROVA: **INDAGINE SISMICA A RIFRAZIONE IN ONDE S - REF\_1**  
DATA PROVA: **21/06/2018**  
Prot.LAB: **52003**

rev.0 del: 09/07/18

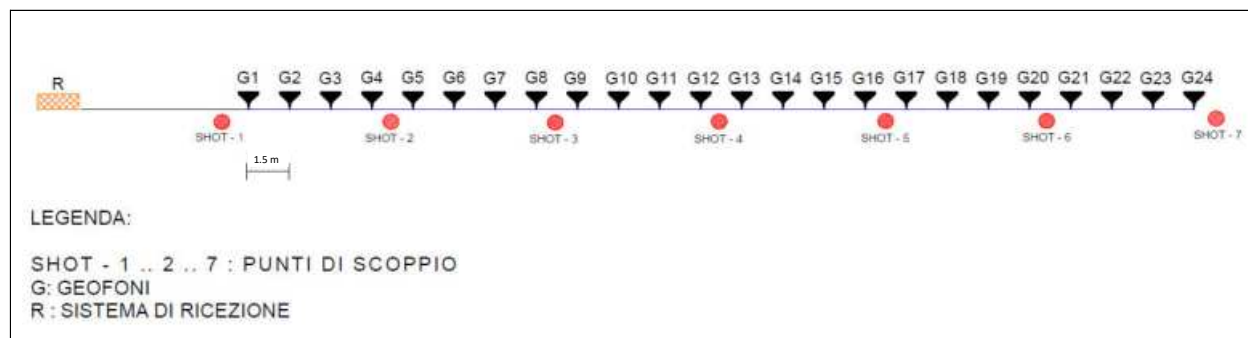
COMM: 17144/17

Tav.: 2

### DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



### CONFIGURAZIONE DI PROVA



PUNTI DI SCOPPIO	OFFSET (m)
SHOT - 1	-0.75
SHOT - 2	5.25
SHOT - 3	11.25
SHOT - 4	17.25
SHOT - 5	23.25
SHOT - 6	29.25
SHOT - 7	35.25

ELABORATO  
Dott. Andrea Lombardo

VERIFICATO  
Dott. Fabio Faccia



**elletipi s.r.l.**  
 Sede legale, operativa, amm.va: via Zucchini, 69 - 44100 FERRARA  
 P.IVA e Codice Fiscale n.00174600387  
 sito: www.elletipi.it - email: info@elletipi.it

Azienda con Sistemi di Gestione certificati da Certiquality  
 Qualità Ambiente Sicurezza  
 UNI EN ISO 9001:2008  
 UNI EN ISO 14001:2004  
 BS OHSAS 18001:2007

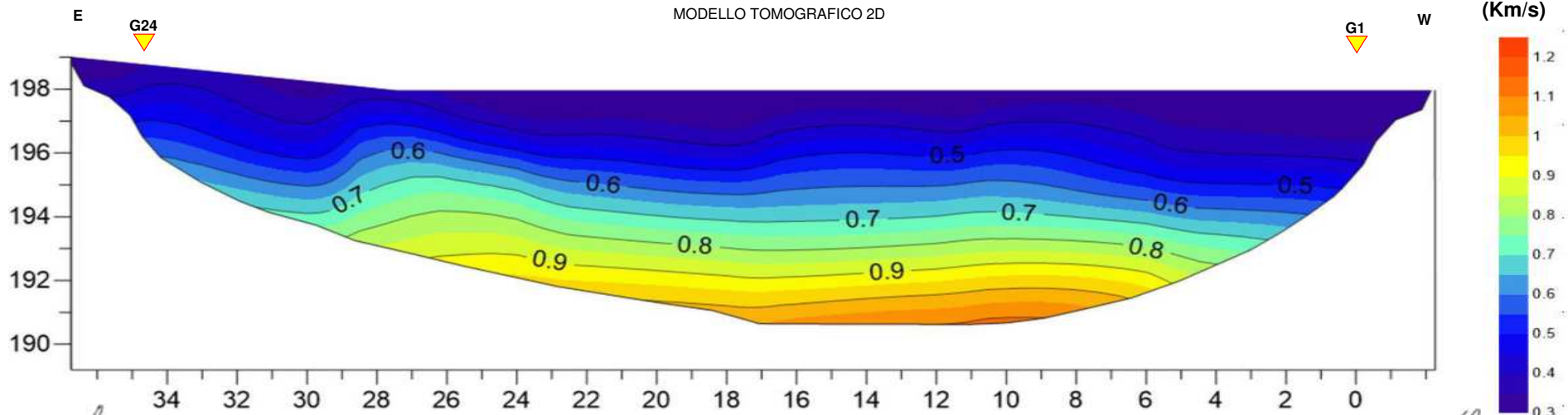
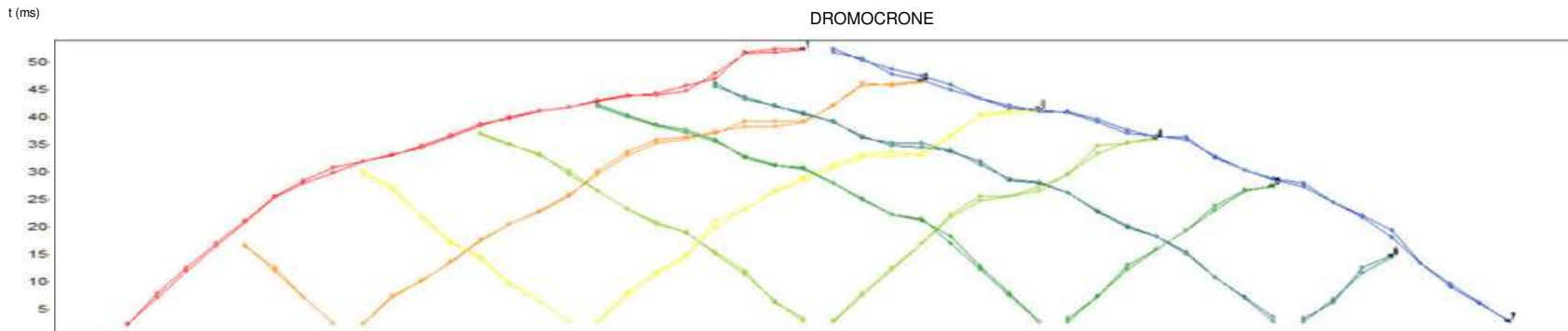


® Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 6572 del 07/10/2014, art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/STC

## RAPPORTO DI PROVA ACQUISIZIONE ED ELABORAZIONE DATI - SISMICA A RIFRAZIONE

COMMITTENTE:	ENEL S.p.a.		
LOCALITA':	Ex miniera di lignite Santa Barbara - Vecchio Borgo		
PROVA:	INDAGINE SISMICA A RIFRAZIONE IN ONDE S - REF_1		
DATA PROVA:	21/06/2018		
Prot.LAB	52003	rev.0 del: 09/07/18	COMM: 17144/17
			Tav.: 3

### INDAGINE SISMICA A RIFRAZIONE IN ONDE S - REF\_1



ELABORATO  
 Dott. Andrea Lombardo

VERIFICATO  
 Dott. Fabio Faccia





**elletipi s.r.l.**

Sede legale, operativa, amm.va: via Zucchini, 69 - 44100 FERRARA

P.IVA e Codice Fiscale n.00174600387

sito: www.elletipi.it - email: info@elletipi.it

Azienda con Sistemi di Gestione certificati da Certquality  
Qualità Ambiente Sicurezza  
UNI EN ISO 9001:2008  
UNI EN ISO 14001:2004  
BS OHSAS 18001:2007



Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 6572 del 07/10/2014, art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/STC

## RAPPORTO DI PROVA ACQUISIZIONE ED ELABORAZIONE DATI - SISMICA A RIFRAZIONE

COMMITTENTE:	<b>ENEL S.p.a.</b>		
LOCALITA':	<b>Ex miniera di lignite Santa Barbara - Vecchio Borgo</b>		
PROVA:	<b>INDAGINE SISMICA A RIFRAZIONE IN ONDE P - REF_2</b>		
DATA PROVA:	<b>21/06/2018</b>		
Prot.LAB	<b>52001</b>	rev.0 del: 09/07/18	COMM: 17144/17      Tav.: 1

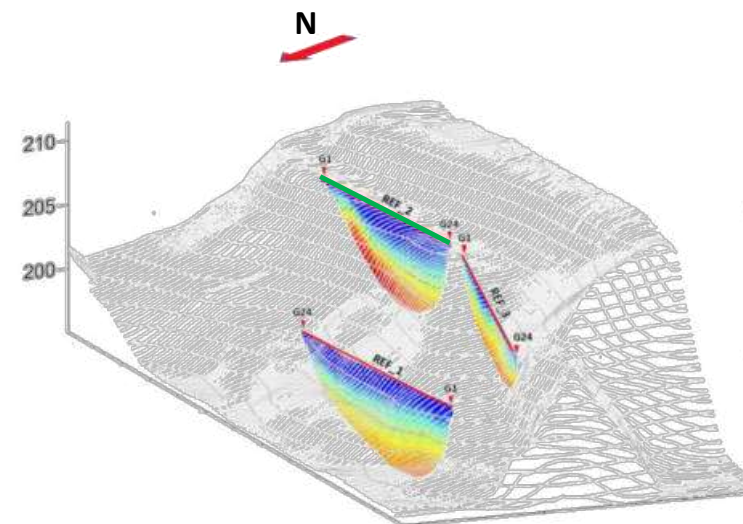
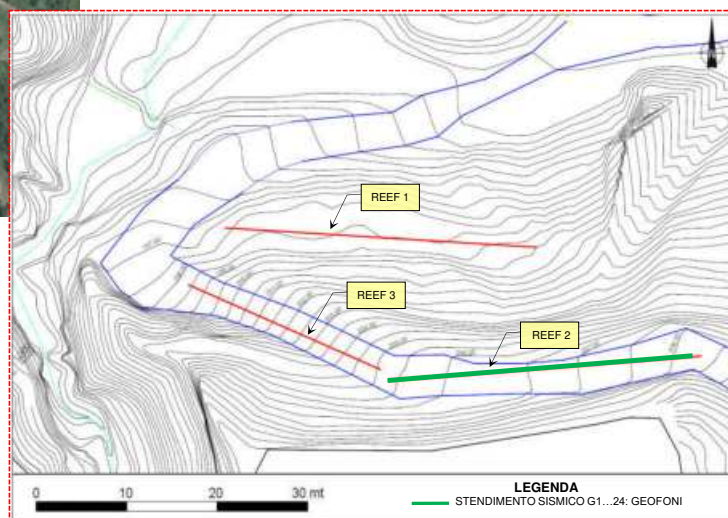
### INDAGINE SISMICA A RIFRAZIONE IN ONDE P - REF\_2

UBICAZIONE (gradi decimali)		
Geofoni:	G1	G24
Latitudine :	1698262.7434	1698297.1457
Longitudine :	4824535.8015	4824538.3958
Lunghezza:	34.5 m	
Direzione:	WSW - ESE	

SCHEMA DI ACQUISIZIONE	
Sismografo:	Geometrics geode
Numero geofoni:	24 (Geospace 4,5Hz)
Distanza Intergeofonica:	1.5 m
Intervallo campionamento:	0.125 ms

\* Rappresentazione conforme di Gauss tramite il fuso Ovest di 6°, a cui è associato il sistema geodetico nazionale ROMA40

### PLANIMETRIA GENERALE DELLE INDAGINI



ELABORATO  
Dott. Andrea Lombardo

VERIFICATO  
Dott. Fabio Faccia



**elletipi s.r.l.**

Sede legale, operativa, amm.va: via Zucchini, 69 - 44100 FERRARA

P.IVA e Codice Fiscale n.00174600387

sito: www.elletipi.it - email: info@elletipi.it

Azienda con Sistemi di Gestione certificati da Certquality  
Qualità Ambiente Sicurezza  
UNI EN ISO 9001:2008  
UNI EN ISO 14001:2004  
BS OHSAS 18001:2007



® Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 6572 del 07/10/2014, art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/STC

## RAPPORTO DI PROVA ACQUISIZIONE ED ELABORAZIONE DATI - SISMICA A RIFRAZIONE

COMMITTENTE: **ENEL S.p.a.**  
LOCALITA': **Ex miniera di lignite Santa Barbara - Vecchio Borgo**  
PROVA: **INDAGINE SISMICA A RIFRAZIONE IN ONDE P - REF\_2**  
DATA PROVA: **21/06/2018**  
Prot.LAB: **52001**

rev.0 del: 09/07/18

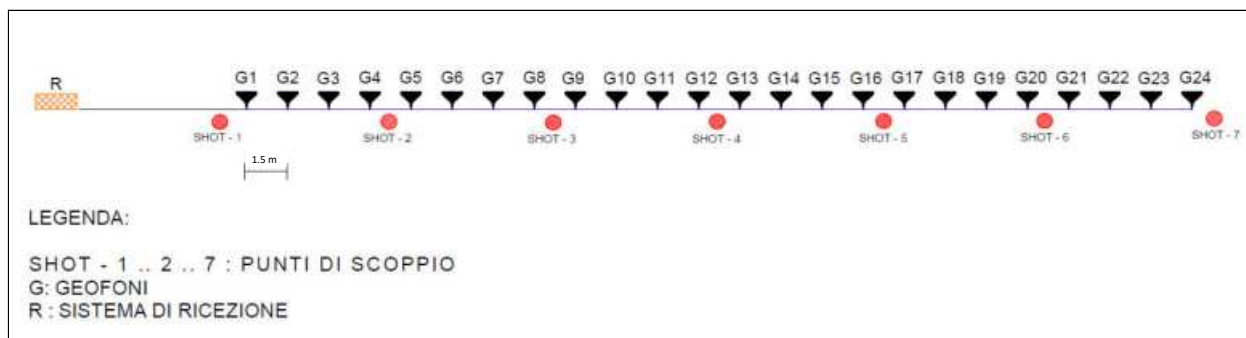
COMM: 17144/17

Tav.: 2

### DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



### CONFIGURAZIONE DI PROVA



PUNTI DI SCOPPIO	OFFSET (m)
SHOT - 1	-0.75
SHOT - 2	5.25
SHOT - 3	11.25
SHOT - 4	17.25
SHOT - 5	23.25
SHOT - 6	29.25
SHOT - 7	35.25

ELABORATO  
Dott. Andrea Lombardo

VERIFICATO  
Dott. Fabio Faccia





**elletipi s.r.l.**  
 Sede legale, operativa, amm.va: via Zucchini, 69 - 44100 FERRARA  
 P.IVA e Codice Fiscale n.00174600387  
 sito: www.elletipi.it - email: info@elletipi.it

Azienda con Sistemi di Gestione certificati da Certiquality  
 Qualità Ambiente Sicurezza  
 UNI EN ISO 9001:2008  
 UNI EN ISO 14001:2004  
 BS OHSAS 18001:2007



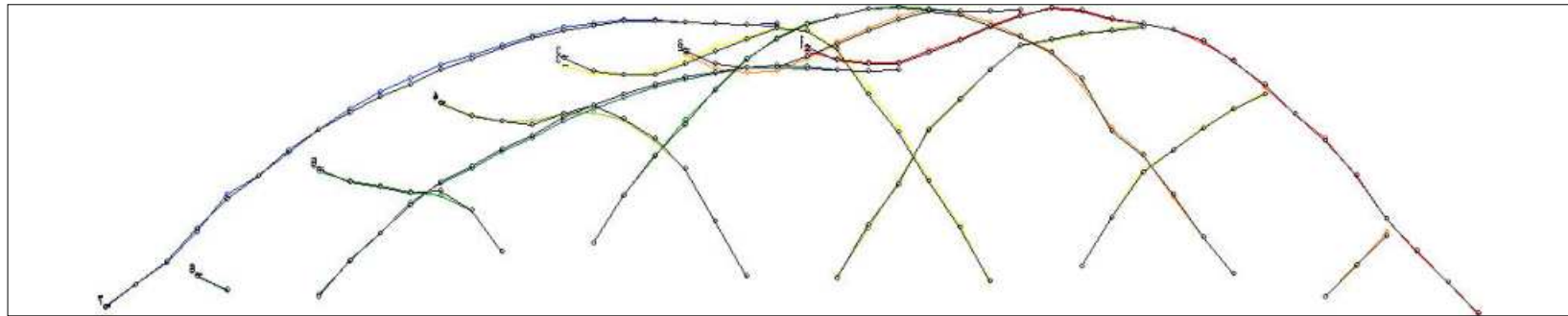
® Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 6572 del 07/10/2014, art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/STC

## RAPPORTO DI PROVA ACQUISIZIONE ED ELABORAZIONE DATI - SISMICA A RIFRAZIONE

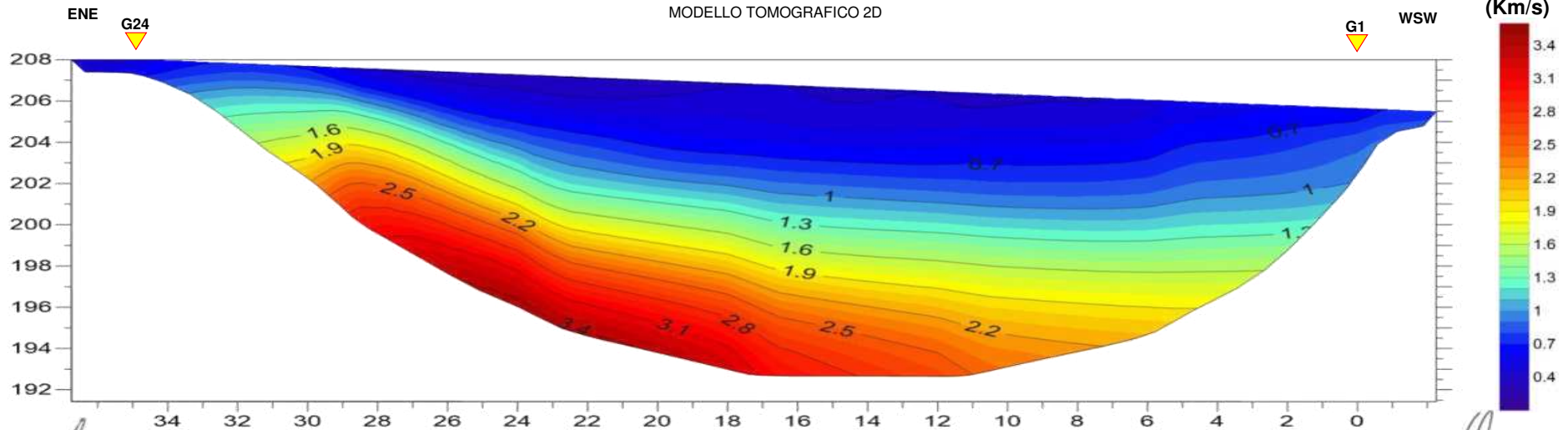
COMMITTENTE:	ENEL S.p.a.			
LOCALITA':	Ex miniera di lignite Santa Barbara - Vecchio Borgo			
PROVA:	INDAGINE SISMICA A RIFRAZIONE IN ONDE P - REF_2			
DATA PROVA:	21/06/2018			
Prot.LAB	52001	rev.0 del: 09/07/18	COMM: 17144/17	Tav.: 3

### INDAGINE SISMICA A RIFRAZIONE IN ONDE P - REF\_2

DROMOCRONE



MODELLO TOMOGRAFICO 2D



ELABORATO  
 Dott. Andrea Lombardo

VERIFICATO  
 Dott. Fabio Faccia



**elletipi s.r.l.**  
 Sede legale, operativa, amm.va: via Zucchini, 69 - 44100 FERRARA  
 P.IVA e Codice Fiscale n.00174600387  
 sito: www.elletipi.it - email: info@elletipi.it

Azienda con Sistemi di Gestione certificati da Certiquality  
 Qualità Ambiente Sicurezza  
 UNI EN ISO 9001:2008  
 UNI EN ISO 14001:2004  
 BS OHSAS 18001:2007



Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 6572 del 07/10/2014, art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/STC

## RAPPORTO DI PROVA ACQUISIZIONE ED ELABORAZIONE DATI - SISMICA A RIFRAZIONE

COMMITTENTE:	ENEL S.p.a.		
LOCALITA':	Ex miniera di lignite Santa Barbara - Vecchio Borgo		
PROVA:	INDAGINE SISMICA A RIFRAZIONE IN ONDE S - REF_2		
DATA PROVA:	21/06/2018		
Prot.LAB	52004	rev.0 del: 09/07/18	COMM: 17144/17
			Tav.: 1

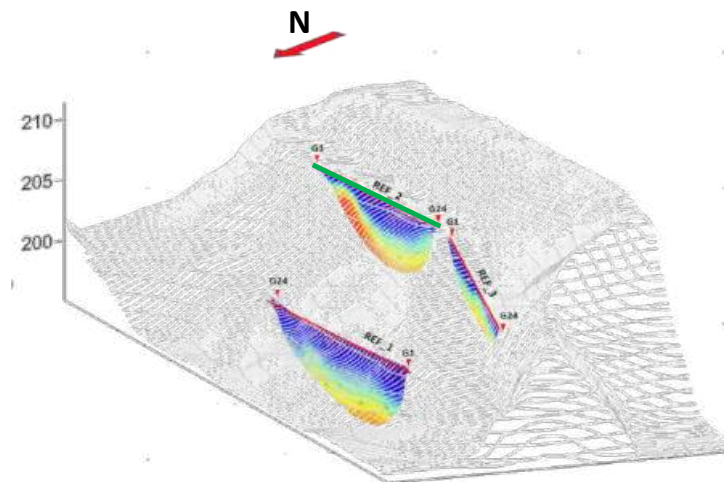
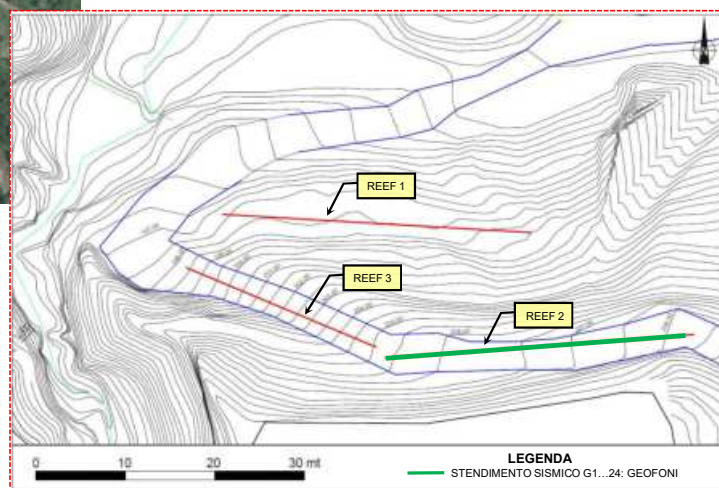
### INDAGINE SISMICA A RIFRAZIONE IN ONDE S - REF\_2

UBICAZIONE (gradi decimali)		
Geofoni:	G1	G24
Latitudine :	1698262.7434	1698297.1457
Longitudine :	4824535.8015	4824538.3958
Lunghezza:	34.5 m	
Direzione:	WSW - ESE	

SCHEMA DI ACQUISIZIONE	
Sismografo:	Geometrics geode
Numero geofoni:	24 (Geospace 4,5Hz)
Distanza Intergeofonica:	1.5 m
Intervallo campionamento:	0.125 ms

\*Rappresentazione conforme di Gauss tramite il fuso Ovest di 6°, a cui è associato il sistema geodetico nazionale ROMA40

### PLANIMETRIA GENERALE DELLE INDAGINI



ELABORATO  
 Dott. Andrea Lombardo

VERIFICATO  
 Dott. Fabio Faccia



**elletipi s.r.l.**  
 Sede legale, operativa, amm.va: via Zucchini, 69 - 44100 FERRARA  
 P.IVA e Codice Fiscale n.00174600387  
 sito: www.elletipi.it - email: info@elletipi.it

Azienda con Sistemi di Gestione certificati da Certiquality  
 Qualità Ambiente Sicurezza  
 UNI EN ISO 9001:2008  
 UNI EN ISO 14001:2004  
 BS OHSAS 18001:2007



Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 6572 del 07/10/2014, art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/STC

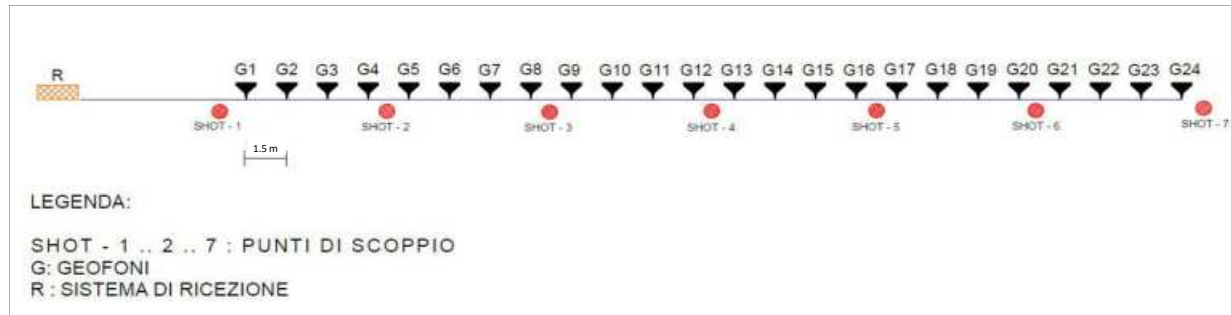
## RAPPORTO DI PROVA ACQUISIZIONE ED ELABORAZIONE DATI - SISMICA A RIFRAZIONE

COMMITTENTE:	ENEL S.p.a.		
LOCALITA':	Ex miniera di lignite Santa Barbara - Vecchio Borgo		
PROVA:	INDAGINE SISMICA A RIFRAZIONE IN ONDE S - REF_2		
DATA PROVA:	21/06/2018		
Prot.LAB	52004	rev.0 del: 09/07/18	COMM: 17144/17
			Tav.: 2

### DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



### CONFIGURAZIONE DI PROVA



PUNTI DI SCOPPIO	OFFSET (m)
SHOT - 1	-0.75
SHOT - 2	5.25
SHOT - 3	11.25
SHOT - 4	17.25
SHOT - 5	23.25
SHOT - 6	29.25
SHOT - 7	35.25

ELABORATO  
 Dott. Andrea Lombardo

VERIFICATO  
 Dott. Fabio Faccia





**elletipi s.r.l.**

Sede legale, operativa, amm.va: via Zucchini, 69 - 44100 FERRARA

P.IVA e Codice Fiscale n.00174600387

sito: www.elletipi.it - email: info@elletipi.it

Azienda con Sistemi di Gestione certificati da Certiquality  
Qualità Ambiente Sicurezza  
UNI EN ISO 9001:2008  
UNI EN ISO 14001:2004  
BS OHSAS 18001:2007



Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 6572 del 07/10/2014, art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/STC

## RAPPORTO DI PROVA ACQUISIZIONE ED ELABORAZIONE DATI - SISMICA A RIFRAZIONE

COMMITTENTE: **ENEL S.p.a.**  
LOCALITA': **Ex miniera di lignite Santa Barbara - Vecchio Borgo**  
PROVA: **INDAGINE SISMICA A RIFRAZIONE IN ONDE S - REF\_2**  
DATA PROVA: **21/06/2018**  
Prot.LAB **52004**

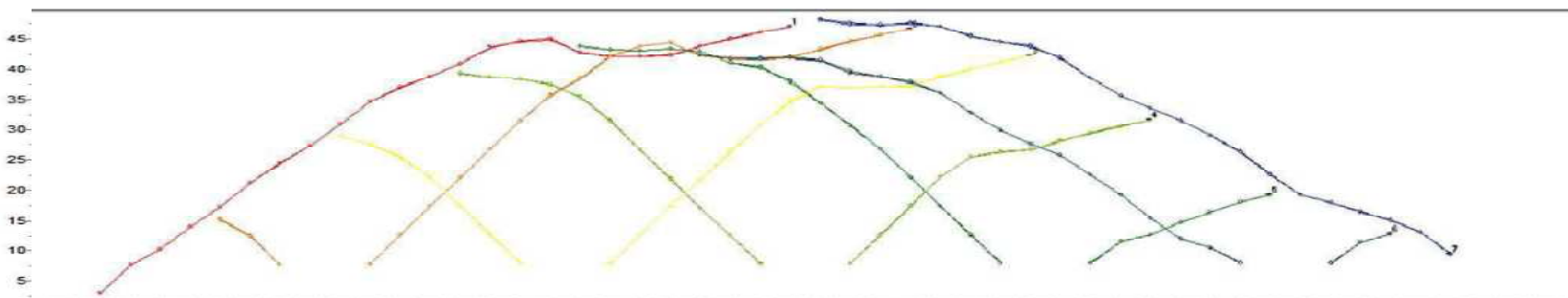
rev.0 del: 09/07/18

COMM: 17144/17

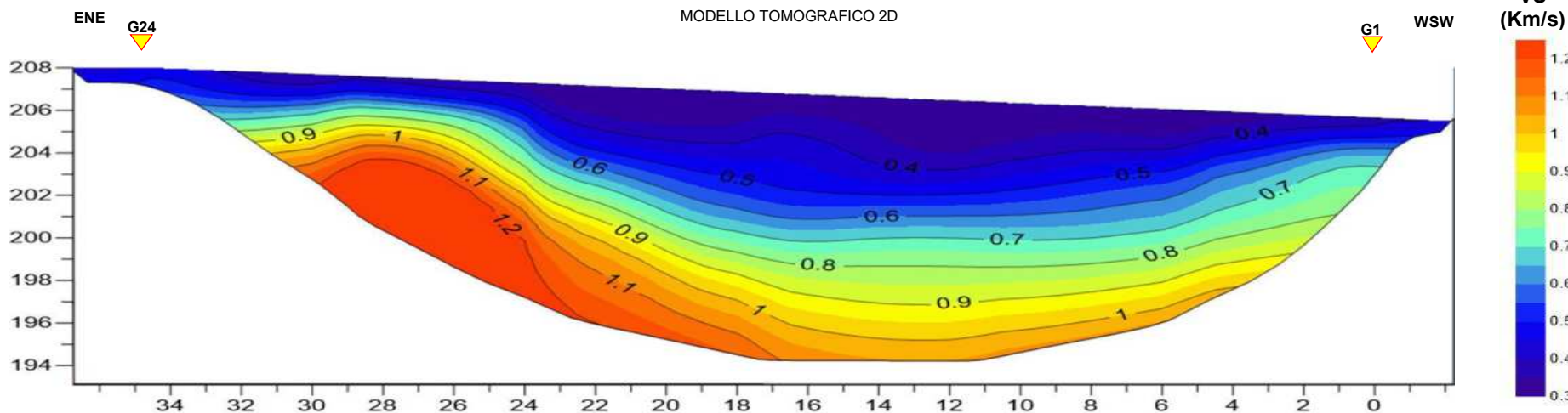
Tav.: 3

### INDAGINE SISMICA A RIFRAZIONE IN ONDE S - REF\_2

DROMOCRONE



MODELLO TOMOGRAFICO 2D



ELABORATO  
Dott. Andrea Lombardo

VERIFICATO  
Dott. Fabio Faccia



**elletipi s.r.l.**  
 Sede legale, operativa, amm.va: via Zucchini, 69 - 44100 FERRARA  
 P.IVA e Codice Fiscale n.00174600387  
 sito: www.elletipi.it - email: info@elletipi.it

Azienda con Sistemi di Gestione certificati da Certiquality  
 Qualità Ambiente Sicurezza  
 UNI EN ISO 9001:2008  
 UNI EN ISO 14001:2004  
 BS OHSAS 18001:2007



Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 6572 del 07/10/2014, art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/STC

## RAPPORTO DI PROVA ACQUISIZIONE ED ELABORAZIONE DATI - SISMICA A RIFRAZIONE

COMMITTENTE: **ENEL S.p.a.**  
 LOCALITA': **Ex miniera di lignite Santa Barbara - Vecchio Borgo**  
 PROVA: **INDAGINE SISMICA A RIFRAZIONE IN ONDE P - REF\_3**  
 DATA PROVA: **21/06/2018**  
 Prot.LAB **52002** rev.0 del: 09/07/18 COMM: 17144/17 Tav.: 1

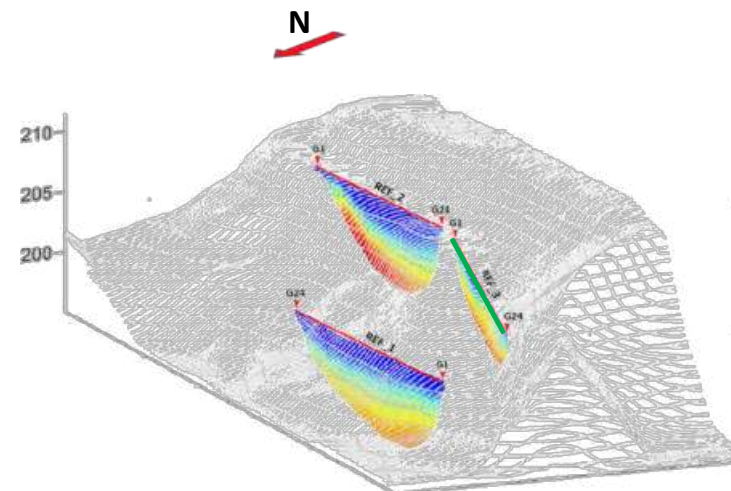
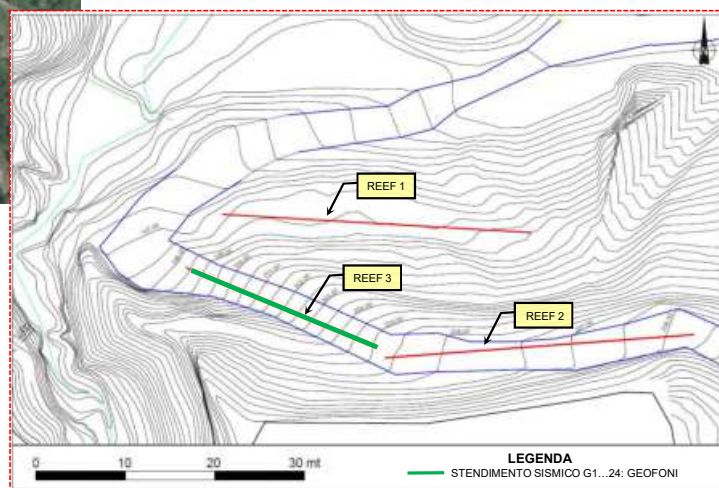
### INDAGINE SISMICA A RIFRAZIONE IN ONDE P - REF\_3

UBICAZIONE*		
Geofoni:	G1	G24
Latitudine :	1698261.7428	1698240.5214
Longitudine :	4824536.9890	4824545.8577
Lunghezza:	23 m	
Direzione:	SE - NW	

SCHEMA DI ACQUISIZIONE	
Sismografo:	Geometrics geode
Numero geofoni:	24 (Geospace 4,5Hz)
Distanza Intergeofonica:	1 m
Intervallo campionamento:	0.125 ms

\*Rappresentazione conforme di Gauss tramite il fuso Ovest di 6°, a cui è associato il sistema geodetico nazionale ROMA40

### PLANIMETRIA GENERALE DELLE INDAGINI



ELABORATO  
 Dott. Andrea Lombardo

VERIFICATO  
 Dott. Fabio Faccia



**elletipi s.r.l.**

Sede legale, operativa, amm.va: via Zucchini, 69 - 44100 FERRARA

P.IVA e Codice Fiscale n.00174600387

sito: www.elletipi.it - email: info@elletipi.it

Azienda con Sistemi di Gestione certificati da Certiquality  
Qualità Ambiente Sicurezza  
UNI EN ISO 9001:2008  
UNI EN ISO 14001:2004  
BS OHSAS 18001:2007



Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 6572 del 07/10/2014, art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/STC

## RAPPORTO DI PROVA ACQUISIZIONE ED ELABORAZIONE DATI - SISMICA A RIFRAZIONE

COMMITTENTE: **ENEL S.p.a.**

LOCALITA': **Ex miniera di lignite Santa Barbara - Vecchio Borgo**

PROVA: **INDAGINE SISMICA A RIFRAZIONE IN ONDE P - REF\_3**

DATA PROVA: **21/06/2018**

Prot.LAB **52002**

rev.0 del: 09/07/18

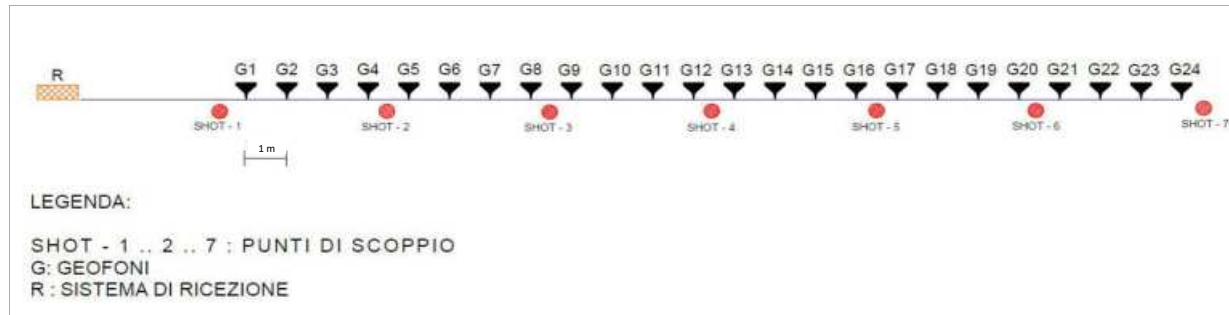
COMM: 17144/17

Tav.: 2

### DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



### CONFIGURAZIONE DI PROVA



PUNTI DI SCOPPIO	OFFSET (m)
SHOT - 1	-0.5
SHOT - 2	5.5
SHOT - 3	11.5
SHOT - 4	17.5
SHOT - 5	23.5

ELABORATO  
Dott. Andrea Lombardo

VERIFICATO  
Dott. Fabio Faccia





**elletipi s.r.l.**  
 Sede legale, operativa, amm.va: via Zucchini, 69 - 44100 FERRARA  
 P.IVA e Codice Fiscale n.00174600387  
 sito: www.elletipi.it - email: info@elletipi.it

Azienda con Sistemi di Gestione certificati da Certquality  
 Qualità Ambiente Sicurezza  
 UNI EN ISO 9001:2008  
 UNI EN ISO 14001:2004  
 BS OHSAS 18001:2007



Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 6572 del 07/10/2014, art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/STC

## RAPPORTO DI PROVA ACQUISIZIONE ED ELABORAZIONE DATI - SISMICA A RIFRAZIONE

COMMITTENTE: **ENEL S.p.a.**  
 LOCALITA': **Ex miniera di lignite Santa Barbara - Vecchio Borgo**  
 PROVA: **INDAGINE SISMICA A RIFRAZIONE IN ONDE P - REF\_3**  
 DATA PROVA: **21/06/2018**  
 Prot.LAB: **52002**

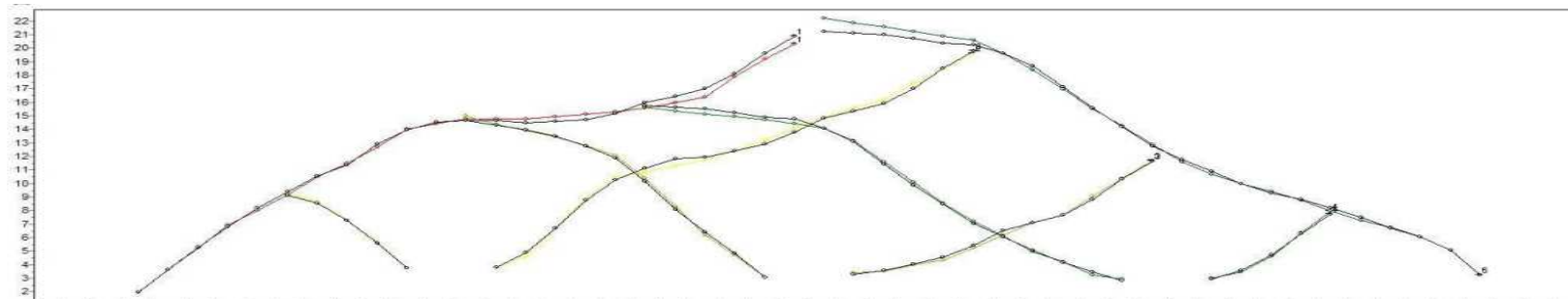
rev.0 del: 09/07/18

COMM: 17144/17

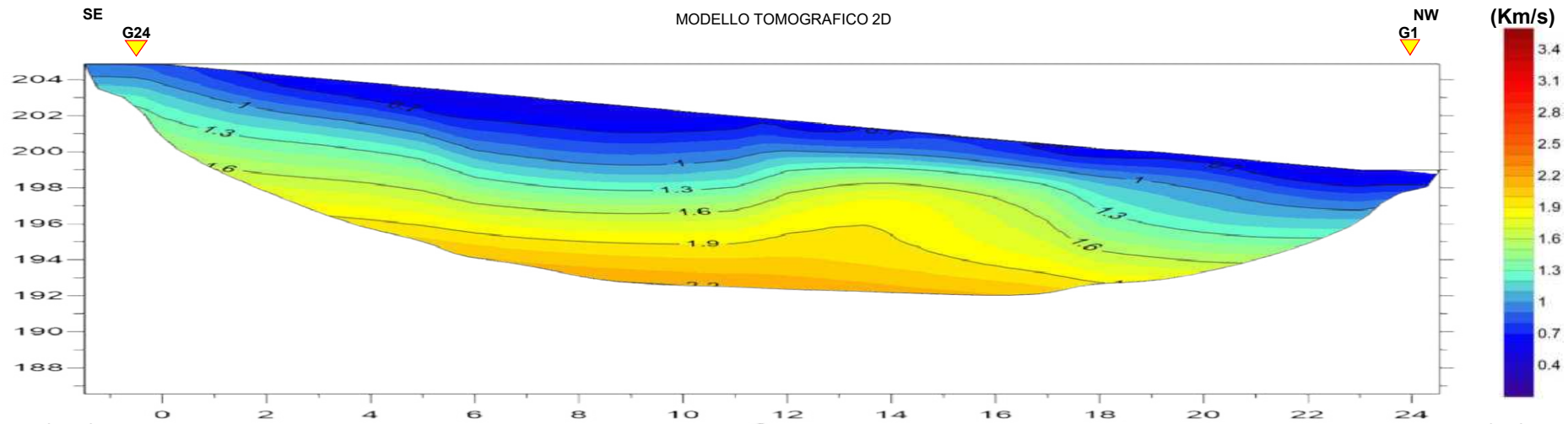
Tav.: 3

### INDAGINE SISMICA A RIFRAZIONE IN ONDE P - REF\_3

DROMOCRONE



MODELLO TOMOGRAFICO 2D



ELABORATO  
 Dott. Andrea Lombardo

VERIFICATO  
 Dott. Fabio Faccia





**elletipi s.r.l.**  
 Sede legale, operativa, amm.va: via Zucchini, 69 - 44100 FERRARA  
 P.IVA e Codice Fiscale n.00174600387  
 sito: www.elletipi.it - email: info@elletipi.it

Azienda con Sistemi di Gestione certificati da Certiquality  
 Qualità Ambiente Sicurezza  
 UNI EN ISO 9001:2008  
 UNI EN ISO 14001:2004  
 BS OHSAS 18001:2007



Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 6572 del 07/10/2014, art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/STC

## RAPPORTO DI PROVA ACQUISIZIONE ED ELABORAZIONE DATI - SISMICA A RIFRAZIONE

COMMITTENTE:	ENEL S.p.a.		
LOCALITA':	Ex miniera di lignite Santa Barbara - Vecchio Borgo		
PROVA:	INDAGINE SISMICA A RIFRAZIONE IN ONDE S - REF_3		
DATA PROVA:	21/06/2018		
Prot.LAB	52005	rev.0 del: 09/07/18	COMM: 17144/17
			Tav.: 1

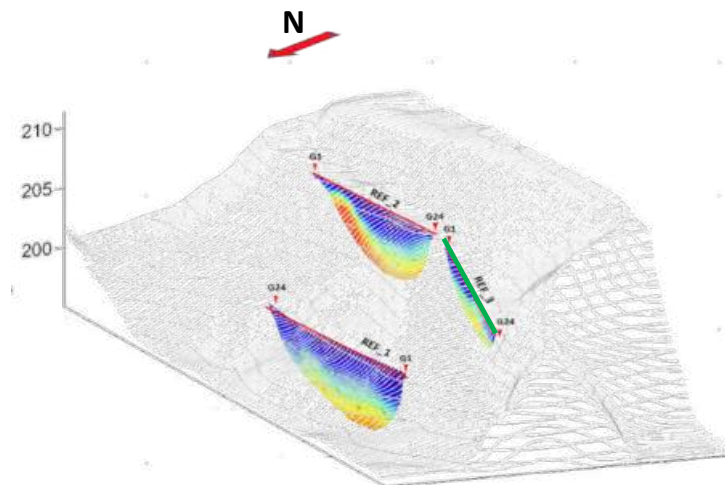
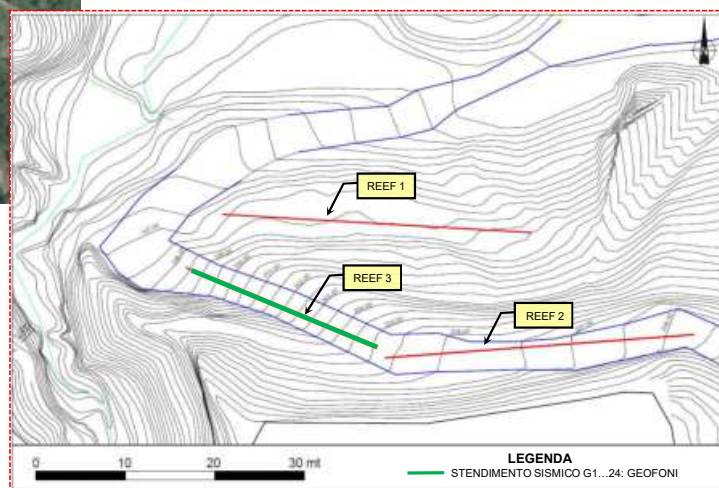
### INDAGINE SISMICA A RIFRAZIONE IN ONDE S - REF\_3

UBICAZIONE*		
Geofoni:	G1	G24
Latitudine :	1698261.7428	1698240.5214
Longitudine :	4824536.9890	4824545.8577
Lunghezza:	23 m	
Direzione:	SE - NW	

SCHEMA DI ACQUISIZIONE	
Sismografo:	Geometrics geode
Numero geofoni:	24 (Geospace 4,5Hz)
Distanza Intergeofonica:	1 m
Intervallo campionamento:	0.125 ms

\*Rappresentazione conforme di Gauss tramite il fuso Ovest di 6°, a cui è associato il sistema geodetico nazionale ROMA40

### PLANIMETRIA GENERALE DELLE INDAGINI



ELABORATO  
 Dott. Andrea Lombardo

VERIFICATO  
 Dott. Fabio Faccia



**elletipi s.r.l.**  
 Sede legale, operativa, amm.va: via Zucchini, 69 - 44100 FERRARA  
 P.IVA e Codice Fiscale n.00174600387  
 sito: www.elletipi.it - email: info@elletipi.it

Azienda con Sistemi di Gestione certificati da Certiquality  
 Qualità Ambiente Sicurezza  
 UNI EN ISO 9001:2008  
 UNI EN ISO 14001:2004  
 BS OHSAS 18001:2007



Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 6572 del 07/10/2014, art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/STC

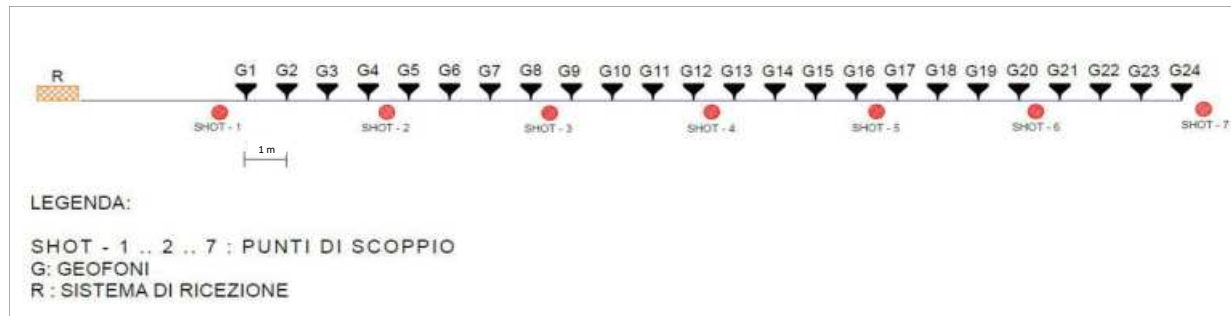
## RAPPORTO DI PROVA ACQUISIZIONE ED ELABORAZIONE DATI - SISMICA A RIFRAZIONE

COMMITTENTE:	ENEL S.p.a.			
LOCALITA':	Ex miniera di lignite Santa Barbara - Vecchio Borgo			
PROVA:	INDAGINE SISMICA A RIFRAZIONE IN ONDE S - REF_3			
DATA PROVA:	21/06/2018			
Prot.LAB	52005	rev.0 del: 09/07/18	COMM: 17144/17	Tav.: 2

### DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



### CONFIGURAZIONE DI PROVA



PUNTI DI SCOPPIO	OFFSET (m)
SHOT - 1	-0.5
SHOT - 2	5.5
SHOT - 3	11.5
SHOT - 4	17.5
SHOT - 5	23.5

ELABORATO  
 Dott. Andrea Lombardo

VERIFICATO  
 Dott. Fabio Faccia



**elletipi s.r.l.**  
 Sede legale, operativa, amm.va: via Zucchini, 69 - 44100 FERRARA  
 P.IVA e Codice Fiscale n.00174600387  
 sito: www.elletipi.it - email: info@elletipi.it

Azienda con Sistemi di Gestione certificati da Certquality  
 Qualità Ambiente Sicurezza  
 UNI EN ISO 9001:2008  
 UNI EN ISO 14001:2004  
 BS OHSAS 18001:2007



Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 6572 del 07/10/2014, art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/STC

## RAPPORTO DI PROVA ACQUISIZIONE ED ELABORAZIONE DATI - SISMICA A RIFRAZIONE

COMMITTENTE: **ENEL S.p.a.**  
 LOCALITA': **Ex miniera di lignite Santa Barbara - Vecchio Borgo**  
 PROVA: **INDAGINE SISMICA A RIFRAZIONE IN ONDE S - REF\_3**  
 DATA PROVA: **21/06/2018**  
 Prot.LAB **52005**

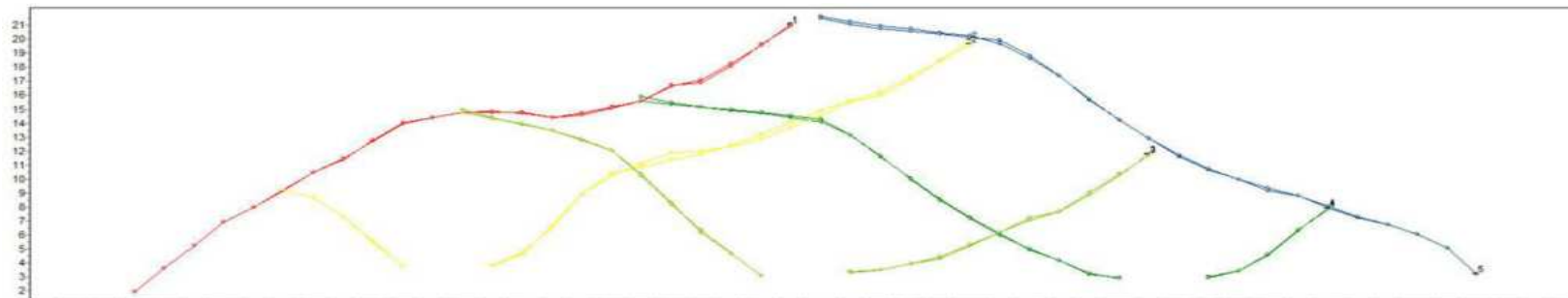
rev.0 del: 09/07/18

COMM: 17144/17

Tav.: 3

### INDAGINE SISMICA A RIFRAZIONE IN ONDE S - REF\_3

DROMOCRONE

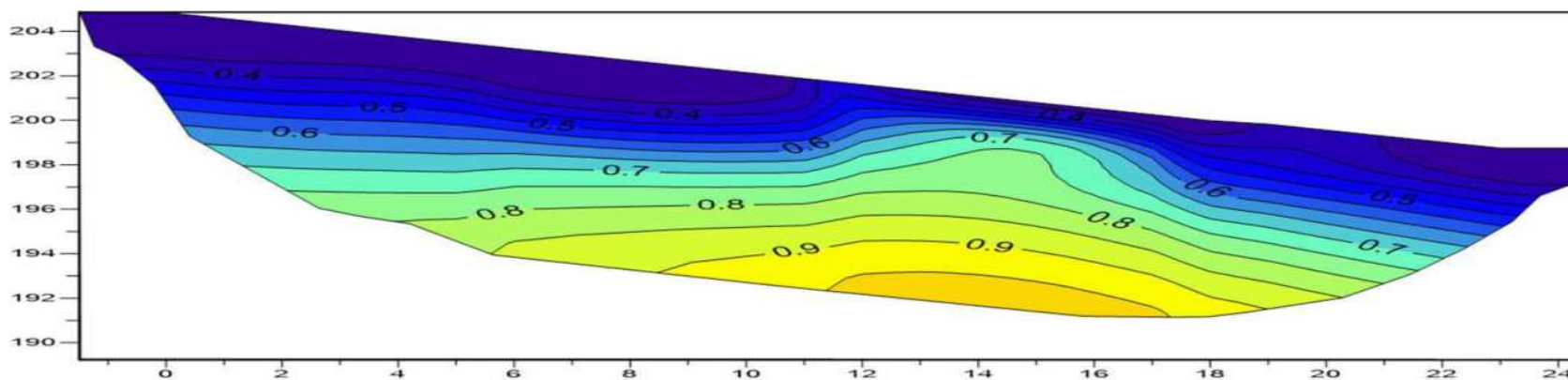


SE

MODELLO TOMOGRAFICO 2D

NW  
G1

VS  
(Km/s)



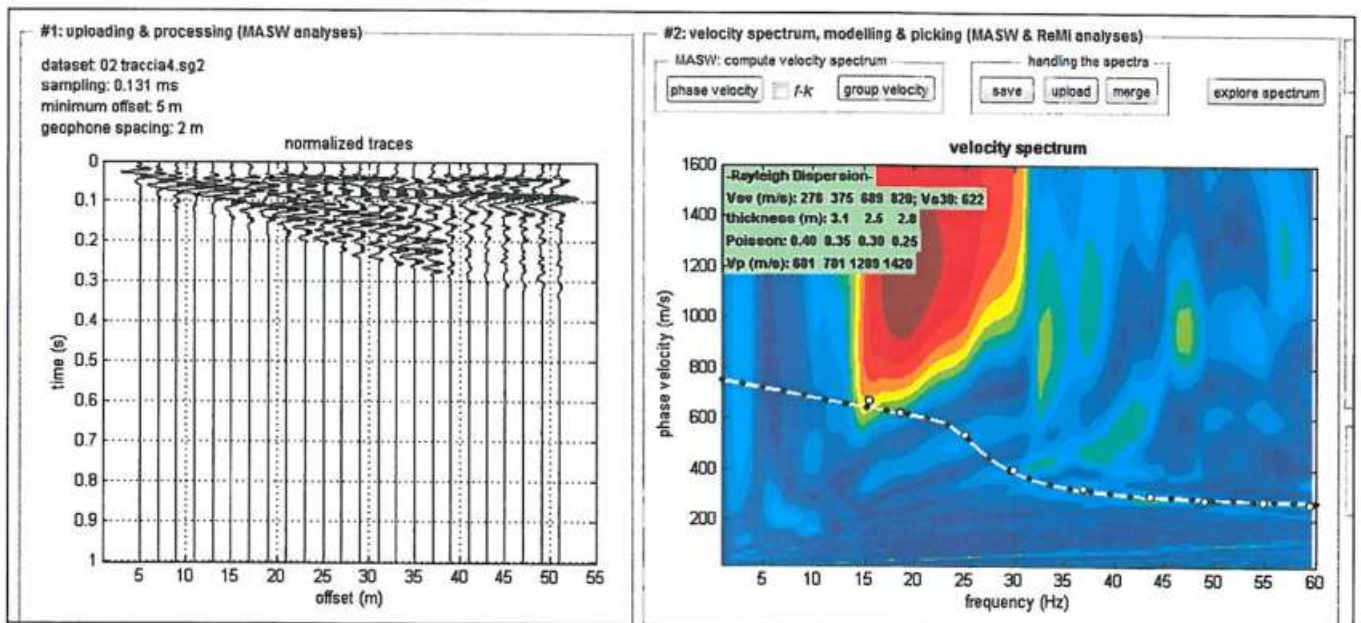
ELABORATO  
 Dott. Andrea Lombardo

VERIFICATO  
 Dott. Fabio Faccia



## PREMESSA

L'indagine è avvenuta con lo scopo di avere informazioni, nota la stratigrafia, sulle caratteristiche di propagazione delle onde sismiche Vs nel terreno oggetto di intervento.



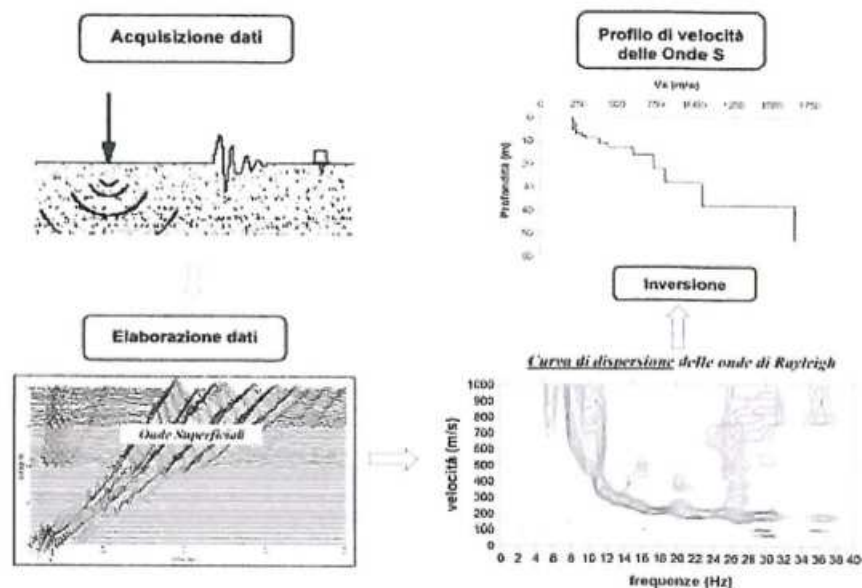
## SEGNALE NEL DOMINIO DEI TEMPI E DELLE FREQUENZE

## ANALISI SVOLTA CON LE ONDE SUPERFICIALI – MASW

### CENNI TEORICI

La conoscenza dell'andamento nel primo sottosuolo della velocità di propagazione delle onde di taglio è, come noto, importante negli studi di microzonazione sismica dedicati alla stima di possibili effetti di sito, capaci di amplificare il moto del terreno durante un terremoto.

Negli ultimi anni hanno avuto ampio sviluppo tecniche geofisiche basate sull'analisi della propagazione delle onde superficiali ed, in particolare, delle onde di Rayleigh. Le proprietà dispersive di tali onde in mezzi stratificati, nonché la stretta relazione esistente tra la loro velocità di propagazione e quella delle onde di taglio, consentono di risalire al profilo di velocità delle onde S. Il metodo di indagine attivo MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) è basato su un'artificiale energizzazione sismica del suolo e sull'analisi spettrale delle onde superficiali presenti nel segnale (Nazarian e Stokoe, 1984; Park et al.,1999).



La curva di dispersione delle onde di Rayleigh rappresenta la variazione di velocità di fase che tali onde hanno al variare della frequenza. Tali valori di velocità sono intimamente legati alle proprietà meccaniche del mezzo in cui l'onda si propaga (velocità delle onde S, delle onde P e densità). Tuttavia, diversi studi hanno in realtà messo in evidenza che la velocità delle onde P e la densità sono parametri di second'ordine rispetto alle onde S nel determinare la velocità di fase delle onde di Rayleigh. Quindi, dato che le onde superficiali campionano una porzione di sottosuolo che cresce in funzione del periodo dell'onda e che la loro velocità di fase è fortemente condizionata in massima parte dalle velocità delle onde S dello strato campionato, la forma di questa curva è essenzialmente condizionata dalla struttura del sottosuolo ed in particolare dalle variazioni con la profondità delle velocità delle onde S. Pertanto, utilizzando appositi formalismi (inversione) è possibile stabilire una relazione (analiticamente complessa ma diretta) fra la forma della curva di dispersione e la velocità delle onde S nel sottosuolo. Tale relazione consente il calcolo di curve di dispersione teoriche a partire da modelli del sottosuolo a strati piano-paralleli. L'operazione d'inversione, quindi, consiste nella minimizzazione, attraverso una procedura iterativa, degli scarti tra i valori di velocità di fase sperimentali della curva di dispersione e quelli teorici relativi ad una serie di modelli di prova "velocità delle onde S – profondità".

## STRUMENTAZIONE USATA

- Sismografo Ambrogeo Echo 2010 seismic unit
- Numero dei canali 24
- A/D conversione 16 bit
- Geofoni verticali da 4.5 hz

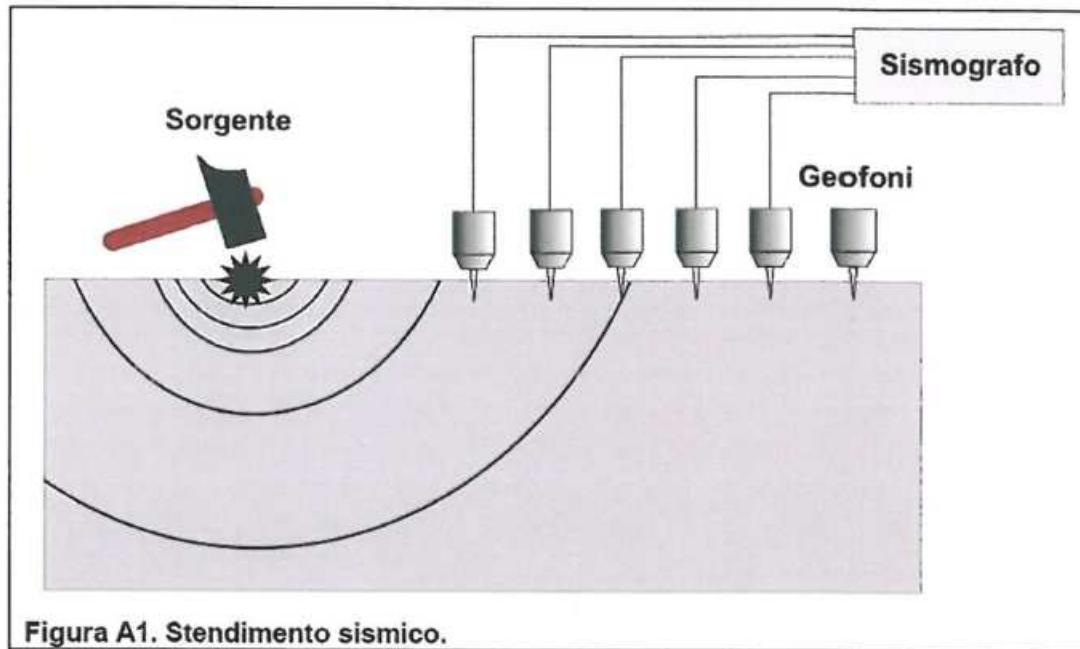


Figura A1. Stendimento sismico.

## SISTEMI DI ENERGIZZAZIONE

-energizzazione per rilievo masw  
Massa battente (mazza da 8 kg)

## MODALITA' OPERATIVA

Si sono disposti i geofoni sul terreno quindi si è energizzato tramite mazza da 8 kg.

Si sono effettuate registrazioni di 1 sec.

Si sono disposti 24 geofoni da 4,5 hz alla distanza di 2 metri, ottenendo così una traccia lunga 46 metri. Eseguendo varie battute a - 5 metri dal primo geofono per ottenere più tracce per meglio analizzare le onde superficiali.



## RISULTATI OTTENUTI

### MODELLO MEDIO

<b>Vs (m/s):</b>	<b>276</b>	<b>375</b>	<b>594</b>	<b>834</b>
<b>Spessore (m) =</b>	<b>2.7</b>	<b>2.5</b>	<b>3.2</b>	

**curva di dispersione (frequenza - velocità di fase onde di Rayleigh)**  
modo: 0 (modo fondamentale)

modello migliore	
F(Hz)	VR(m/s)
5.25837	727.626
10.8128	677.3342
16.3672	626.745
22.2918	568.1487
26.9822	461.5782
32.0429	370.1105
39.2019	315.9756
44.6328	296.4281
52.2856	281.1079
56.6056	275.7934
59.568	273.0065

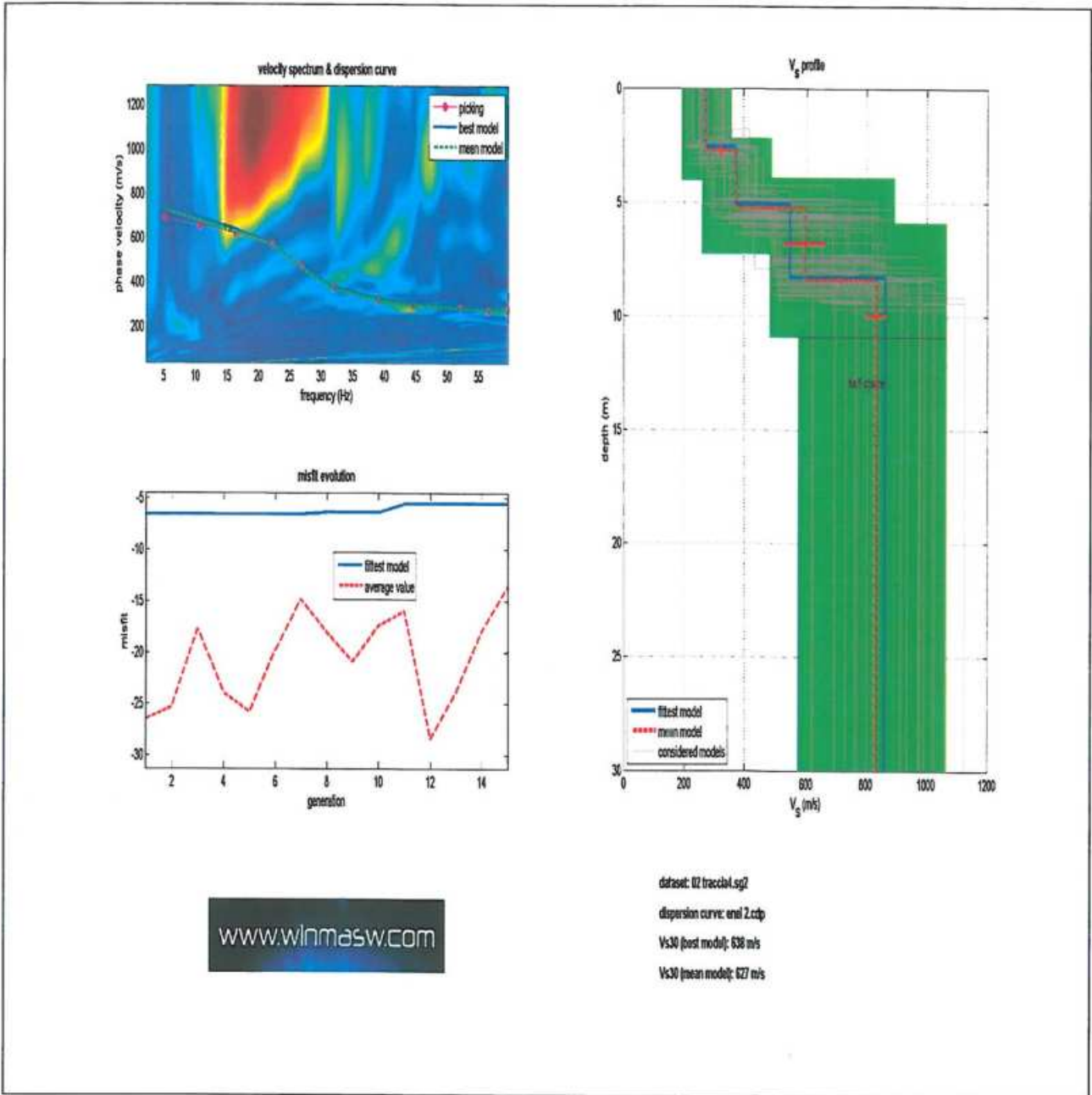
## CONCLUSIONI

**Vs 30 risulta di : 627 ( $\pm$  20%) m/sec. B - Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del VS30 compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero NSPT30 > 50 nei terreni a grana grossa e cu30 > 250 kPa nei terreni a grana fina).**

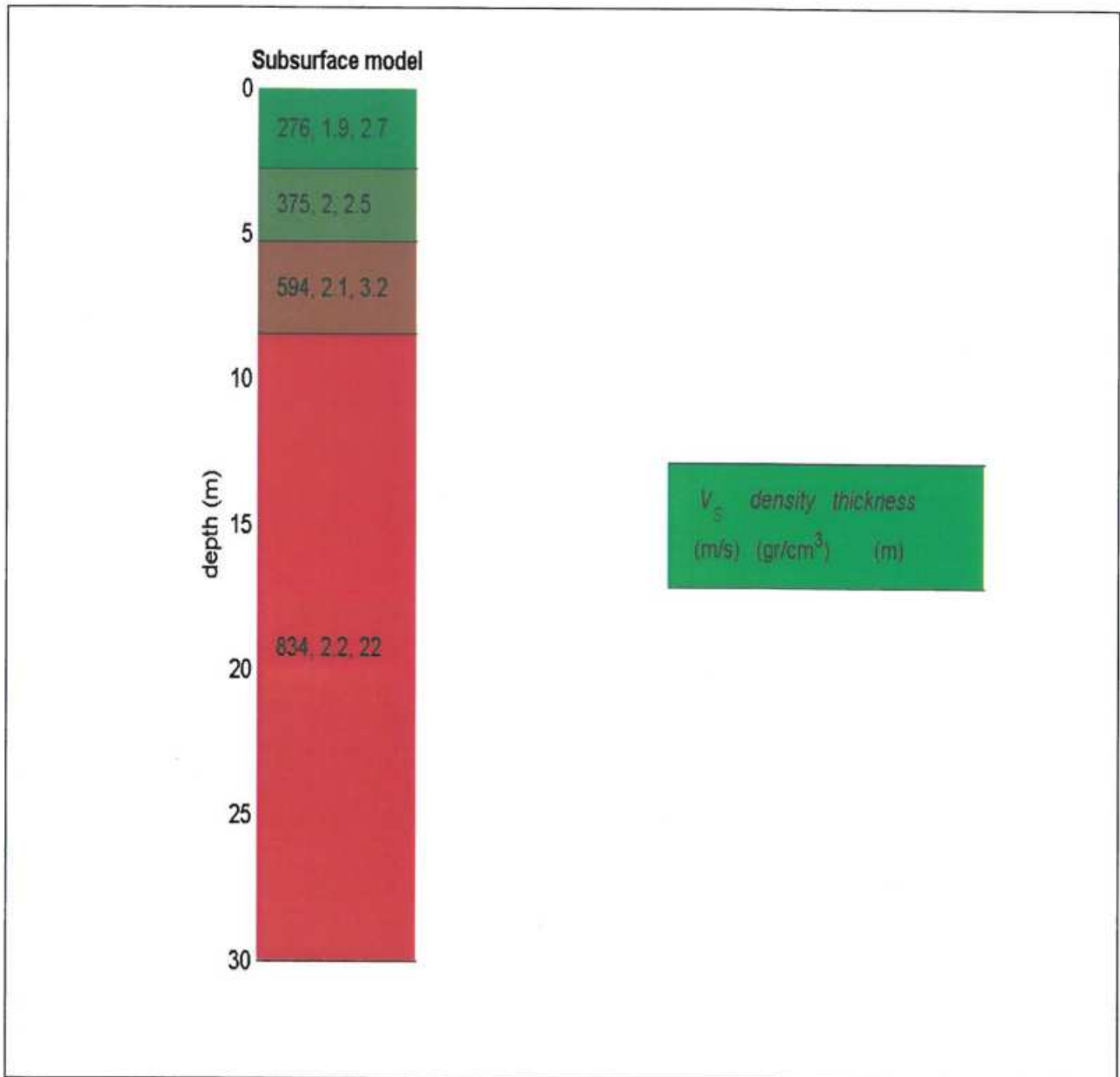
NOVAFELTRIA, 26/05/2017

Soil Investigation s.n.c.  
Dott. Marco Rossi, Dott. Stefano Biordi

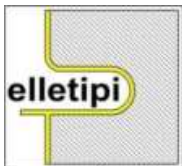




**RISULTATI MASW**



**MODELLO SISMO-STRATIGRAFICO DI RIFERIMENTO**



**elletipi s.r.l.**

Sede legale, operativa, amm.va: via Zucchini, 69 - 44100 FERRARA

P.IVA e Codice Fiscale n.00174600387

sito: www.elletipi.it - email: info@elletipi.it

Azienda con Sistemi di Gestione certificati da Certiquality  
Qualità Ambiente Sicurezza  
UNI EN ISO 9001:2008  
UNI EN ISO 14001:2004  
BS OHSAS 18001:2007



® Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 6572 del 07/10/2014, art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/STC

## RAPPORTO DI PROVA ACQUISIZIONE ED ELABORAZIONE DI DATI SISMICI CON METODO MASW

COMMITTENTE: **ENEL S.p.a.**  
LOCALITA': **Ex miniera di lignite Santa Barbara - B - Borro Valli Basso**  
PROVA: **Indagine geofisica MASW 106**  
DATA PROVA: **07/06/2018**  
Prot.LAB **0**

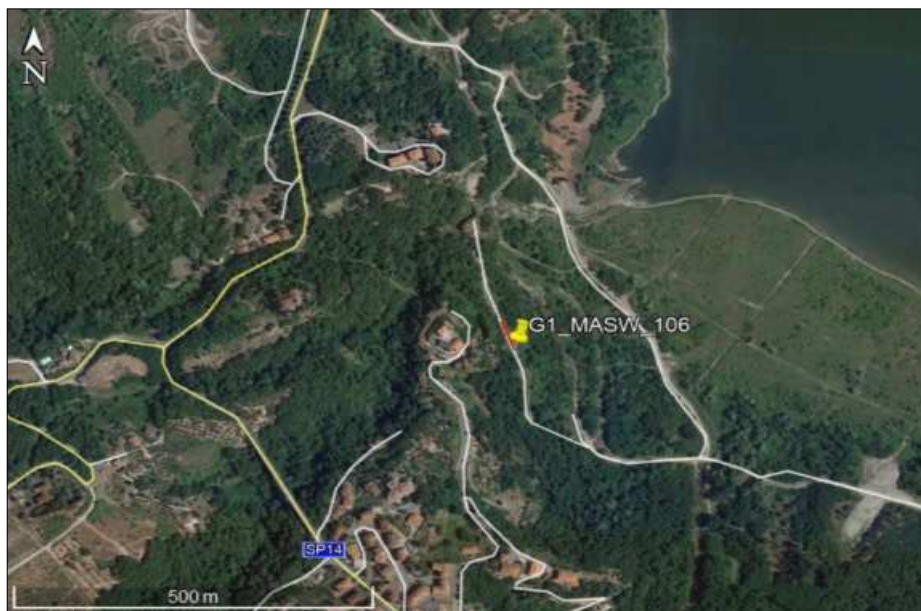
rev.0 del: 22/06/18

COMM: 17144/18

Tav.: 1

### PROVA MASW 106 - VECCHIO BORGHO: UBICAZIONE DELLA PROVA

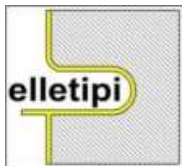
Geofoni:	G1	G24
Latitudine :	43.545968	43.546374
Longitudine :	11.455292	11.455072
Lunghezza:	46 m	
Direzione:	SSE-NNW	



 **PROFILO MASW**

ELABORATO  
Dott. Andrea Lombardo

VERIFICATO  
Dott. Fabio Faccia



**elletipi s.r.l.**

Sede legale, operativa, amm.va: via Zucchini, 69 - 44100 FERRARA

P.IVA e Codice Fiscale n.00174600387

sito: www.elletipi.it - email: info@elletipi.it

Azienda con Sistemi di Gestione certificati da Certquality  
Qualità Ambiente Sicurezza  
UNI EN ISO 9001:2008  
UNI EN ISO 14001:2004  
BS OHSAS 18001:2007



® Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 6572 del 07/10/2014, art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/STC

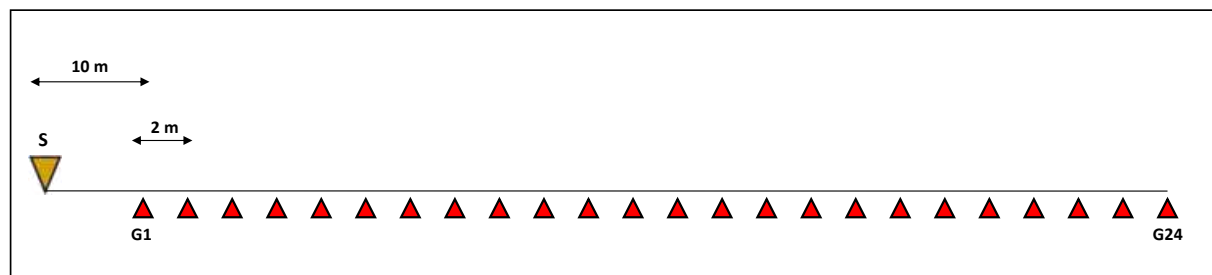
## RAPPORTO DI PROVA ACQUISIZIONE ED ELABORAZIONE DI DATI SISMICI CON METODO MASW

COMMITTENTE:	<b>ENEL S.p.a.</b>			
LOCALITA':	<b>Ex miniera di lignite Santa Barbara - B - Borro Valli Basso</b>			
PROVA:	<b>Indagine geofisica MASW 106</b>			
DATA PROVA:	<b>07/06/2018</b>			
Prot.LAB	<b>0</b>	rev.0 del:	22/06/18	COMM: 17144/18 Tav.: 2

### DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



### CONFIGURAZIONE DI PROVA

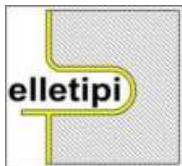


SCHEMA DI ACQUISIZIONE	
SISMOGRAFO	Geode Geometrics
NUMERO CANALI	24
DISTANZA INTERGEOFONICA	2 m
FREQUENZA CAMPIONAMENTO	0.00125 s

ELABORATO  
Dott. Andrea Lombardo

VERIFICATO  
Dott. Fabio Faccia





**elletipi s.r.l.**  
 Sede legale, operativa, amm.va: via Zucchini, 69 - 44100 FERRARA  
 P.IVA e Codice Fiscale n.00174600387  
 sito: www.elletipi.it - email: info@elletipi.it

Azienda con Sistemi di Gestione certificati da Certiquality  
 Qualità Ambiente Sicurezza  
 UNI EN ISO 9001:2008  
 UNI EN ISO 14001:2004  
 BS OHSAS 18001:2007



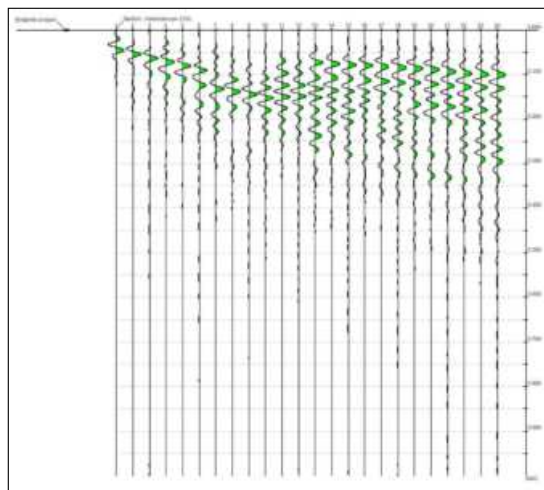
® Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 6572 del 07/10/2014, art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/STC

## RAPPORTO DI PROVA ACQUISIZIONE ED ELABORAZIONE DI DATI SISMICI CON METODO MASW

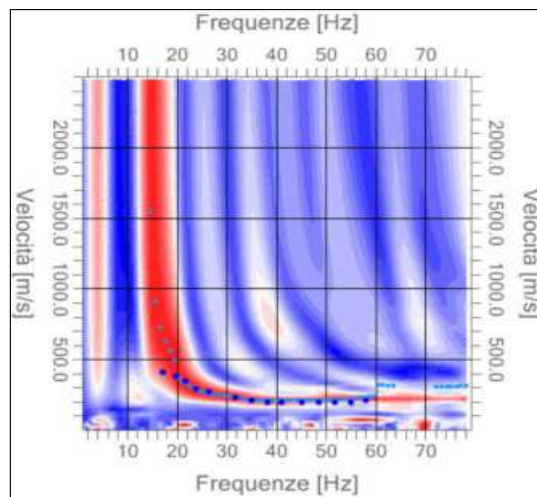
COMMITTENTE:	ENEL S.p.a.			
LOCALITA':	Ex miniera di lignite Santa Barbara - B - Borro Valli Basso			
PROVA:	Indagine geofisica MASW 106			
DATA PROVA:	07/06/2018			
Prot.LAB	0	rev.0 del:	22/06/18	COMM: 17144/18
				Tav.: 3

### ELABORAZIONE

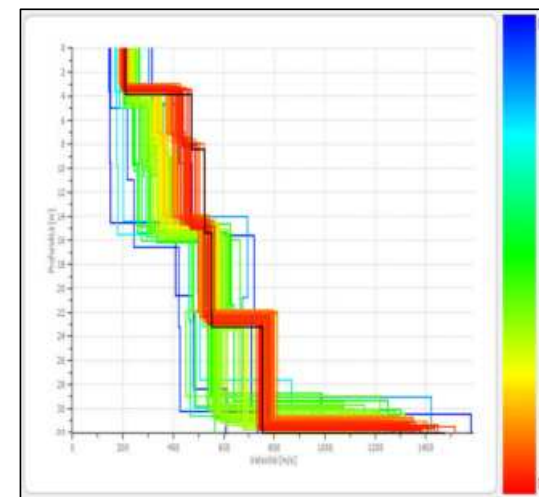
**SISMOGRAMMA MEDIO**

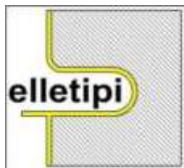


**SPETTRO F/V**



**MODELLO SISMOSTRATIGRAFICO OTTIMALE**





**elletipi s.r.l.**

Sede legale, operativa, amm.va: via Zucchini, 69 - 44100 FERRARA

P.IVA e Codice Fiscale n.00174600387

sito: www.elletipi.it - email: info@elletipi.it

Azienda con Sistemi di Gestione certificati da Certiquality  
Qualità Ambiente Sicurezza  
UNI EN ISO 9001:2008  
UNI EN ISO 14001:2004  
BS OHSAS 18001:2007



® Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 6572 del 07/10/2014, art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/STC

## RAPPORTO DI PROVA ACQUISIZIONE ED ELABORAZIONE DI DATI SISMICI CON METODO MASW

COMMITTENTE: **ENEL S.p.a.**

LOCALITA': **Ex miniera di lignite Santa Barbara - B - Borro Valli Basso**

PROVA: **Indagine geofisica MASW 106**

DATA PROVA: **07/06/2018**

Prot.LAB **0**

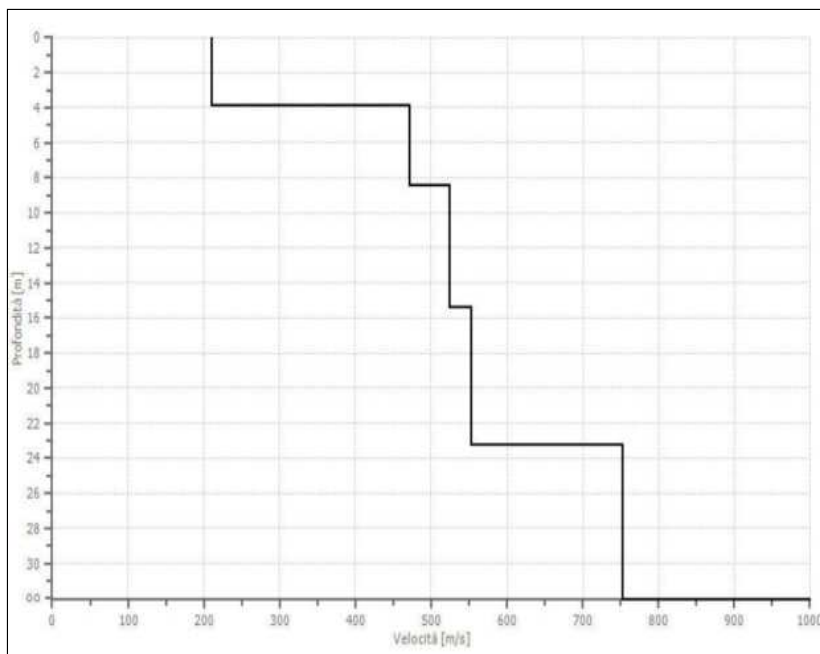
rev.0 del: **22/06/18**

COMM: 17144/18

Tav.: 4

### ELABORAZIONE

#### PROFILO DI VELOCITA



#### CATEGORIA DI SOTTOSUOLO

Sismostrato	Vs	$\rho$	H	Z	v
n°	[m/sec]	[kg/m <sup>3</sup> ]	[m]	[m]	[-]
1	211	1800	3.86	3.86	0.40
2	471	1800	4.61	8.47	0.38
3	524	1800	6.91	15.38	0.38
4	552	1800	7.89	23.28	0.38
5	752	1800	INF.	INF.	0.3
<b>Vs30*: 465</b>					
<b>CATEGORIA SUOLO (NTC-18): B</b>					

Dati Calcolati

Vs: Velocità onde S nel sismostrato

H: Spessore del sismostrato

Z: Profondità dalla superficie d'acquisizione del sismostrato

$$*VS_{30} = \frac{30}{\sum [h_i/V_i]}$$

Dati stimati

$\rho$ : Densità

v: Coefficiente di Poisson

ELABORATO

Dott. Andrea Lombardo

VERIFICATO

Dott. Fabio Faccia





**elletipi s.r.l.**

Sede legale, operativa, amm.va: via Zucchini, 69 - 44100 FERRARA

P.IVA e Codice Fiscale n.00174600387

sito: www.elletipi.it - email: info@elletipi.it

Azienda con Sistemi di Gestione certificati da Certquality  
Qualità Ambiente Sicurezza  
UNI EN ISO 9001:2008  
UNI EN ISO 14001:2004  
BS OHSAS 18001:2007



© Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 6572 del 07/10/2014, art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/STC

## RAPPORTO DI PROVA ACQUISIZIONE ED ELABORAZIONE DI DATI SISMICI CON METODO HVSR

COMMITTENTE: **ENEL S.p.a.**

LOCALITA': **Ex miniera di lignite Santa Barbara - E - Vecchio Borgo**

PROVA: **Indagine geofisica HVSR 103**

DATA PROVA: **14/06/2018**

Prot.LAB **0**

rev.0 del: 03/07/18

COMM: 17144/17

Tav.: 1

### PROVA HVSR 103 - E - VECCHIO BORGO

<b>Ubicazioni (Gradi decimali)</b>	43.546593°N ; 11.454902°E
<b>Strumento</b>	TE3-0338/02-17
<b>Formato dati</b>	32 byte
<b>Inizio registrazione</b>	14/06/2018 - 11:38:29
<b>Fine registrazione</b>	14/06/2018 - 11:58:29
<b>Nomi canali</b>	NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

<b>Analizzato</b>	93% tracciato
<b>Durata registrazione</b>	0h20'00"
<b>Freq. Campionamento</b>	128 Hz
<b>Lunghezza finestra</b>	20s
<b>Tipo di lisciamiento</b>	Triangular window
<b>Lisciamiento</b>	10%

### UBICAZIONE DELLA PROVA



### DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



ELABORATO  
Dott. Antonio Battiato

VERIFICATO  
Dott. Fabio Faccia



**elletipi s.r.l.**  
 Sede legale, operativa, amm.va: via Zucchini, 69 - 44100 FERRARA  
 P.IVA e Codice Fiscale n.00174600387  
 sito: www.elletipi.it - email: info@elletipi.it

Azienda con Sistemi di Gestione certificati da Certquality  
 Qualità Ambiente Sicurezza  
 UNI EN ISO 9001:2008  
 UNI EN ISO 14001:2004  
 BS OHSAS 18001:2007

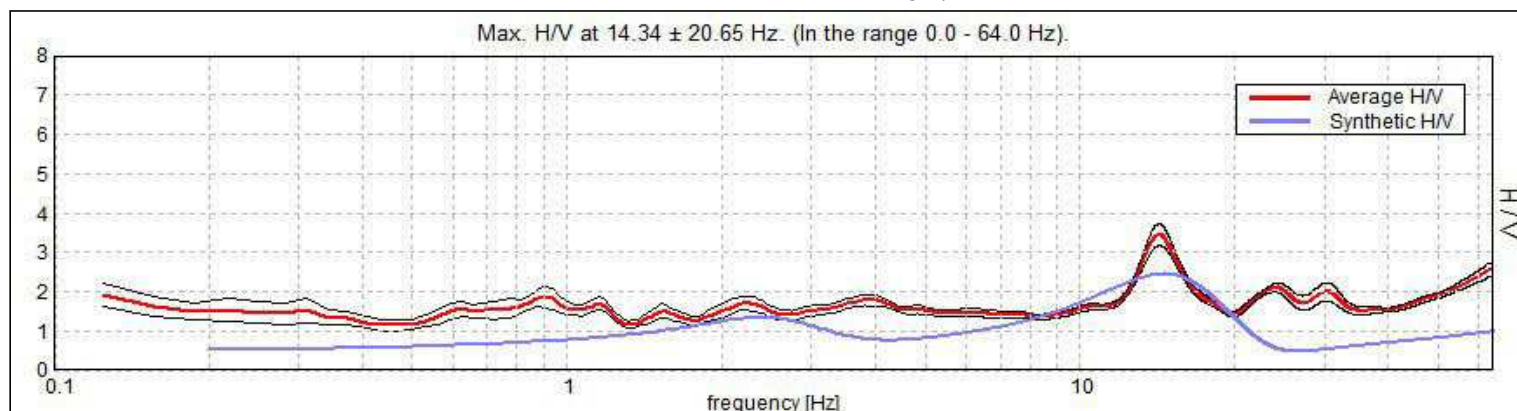


© Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 6572 del 07/10/2014, art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/STC

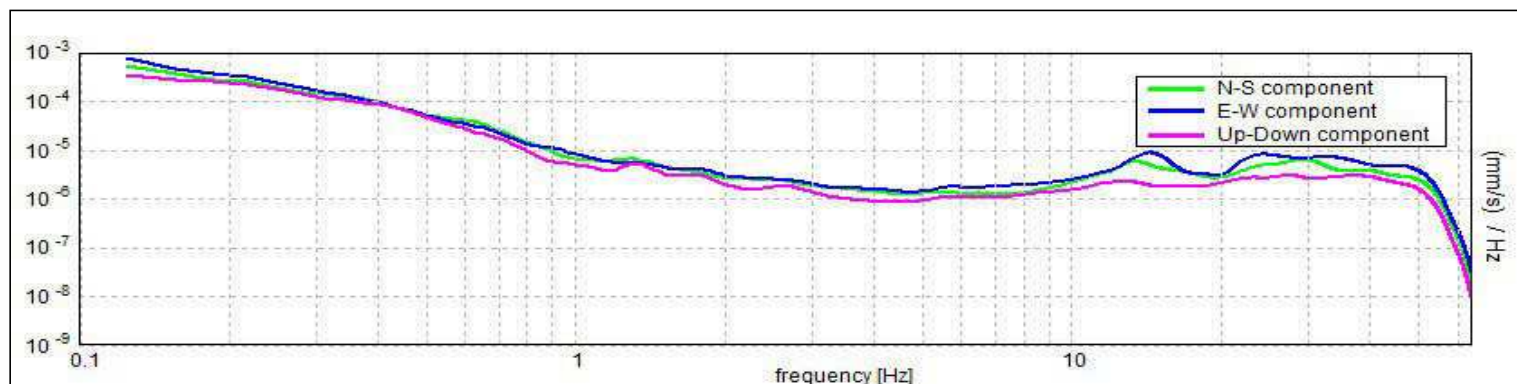
## RAPPORTO DI PROVA ACQUISIZIONE ED ELABORAZIONE DI DATI SISMICI CON METODO HVSR

COMMITTENTE:	ENEL S.p.a.	rev.0 del:	03/07/18	COMM: 17144/17	Tav.: 2
LOCALITA':	Ex miniera di lignite Santa Barbara - E - Vecchio Borgo				
PROVA:	Indagine geofisica HVSR 103				
DATA PROVA:	14/06/2018				
Prot.LAB	0				

### EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V



### SINGLE COMPONENT SPECTRA



ELABORATO  
 Dott. Antonio Battiato

VERIFICATO  
 Dott. Fabio Faccia



**elletipi s.r.l.**

Sede legale, operativa, amm.va: via Zucchini, 69 - 44100 FERRARA

P.IVA e Codice Fiscale n.00174600387

sito: www.elletipi.it - email: info@elletipi.it

Azienda con Sistemi di Gestione certificati da Certiquality

Qualità Ambiente Sicurezza

UNI EN ISO 9001:2008

UNI EN ISO 14001:2004

BS OHSAS 18001:2007



Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 6572 del 07/10/2014, art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/STC

## RAPPORTO DI PROVA ACQUISIZIONE ED ELABORAZIONE DI DATI SISMICI CON METODO HVSR

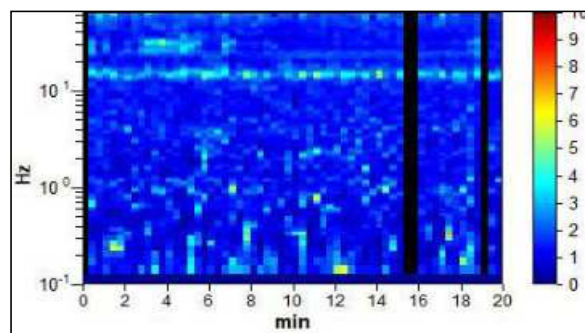
COMMITTENTE: **ENEL S.p.a.**  
 LOCALITA': **Ex miniera di lignite Santa Barbara - E - Vecchio Borgo**  
 PROVA: **Indagine geofisica HVSR 103**  
 DATA PROVA: **14/06/2018**  
 Prot.LAB **0**

rev.0 del: 03/07/18

COMM: 17144/17

Tav.: 3

### H/V TIME HISTORY



Z - Profondità alla base dello strato [m]	H - Spessore [m]	Vs - Velocità [m/s]	v - Rapporto di Poisson
0.50	0.50	190	0.41
5.10	4.60	310	0.40
16.10	11.00	580	0.30
67.70	51.50	690	0.30
inf.	inf.	1200	0.30

**\*VS30 = 530 m/s**

**CATEGORIA SUOLO (NTC-18): B**

#### Dati Calcolati

Vs: Velocità onde S nel sismostrato  
 H: Spessore del sismostrato  
 Z: Profondità dalla superficie d'acquisizione del sismostrato  
 \*VS<sub>30</sub>: 30  
 $\sum [h_i/V_i]$

#### Dati stimati

v: Coefficiente di Poisson

**Picco H/V a 14.34 ± 20.65 Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).**

#### Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	14.34 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	16065.0 > 200	OK	
$A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5$ Hz	Superato 0 volte su 690	OK	
$A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5$ Hz			

#### Criteri per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste $f^-$ in $[f_0/4, f_0]$   $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	11.875 Hz	OK	
Esiste $f^+$ in $[f_0, 4f_0]$   $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	18.094 Hz	OK	
$A_0 > 2$	3.45 > 2	OK	
$f_{picco}[A_{H/V}(f) \pm A(f)] = f_0 \pm 5\%$	1.43954  < 0.05	OK	
$\sigma_A(f) < \theta(f_0)$	20.6484 < 0.71719		NO
$A(f_0) < \theta(f_0)$	0.2727 < 1.58	OK	

$L_w$	lunghezza della finestra
$n_w$	numero di finestre usate nell'analisi
$n_c = L_w n_w f_0$	numero di cicli significativi
$f$	frequenza attuale
$f_0$	frequenza del picco H/V
$\sigma_f$	deviazione standard della frequenza del picco H/V
$\varepsilon(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
$A_0$	ampiezza della curva H/V alla frequenza $f_0$
$A_{H/V}(f)$	ampiezza della curva H/V alla frequenza $f$
$f^-$	frequenza tra $f_0/4$ e $f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
$f^+$	frequenza tra $f_0$ e $4f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	deviazione standard di $A_{H/V}(f)$ , $\sigma_A(f)$ è il fattore per il quale la curva $A_{H/V}(f)$ media deve essere moltiplicata o divisa
$\sigma_{\log H/V}(f)$	deviazione standard della funzione $\log A_{H/V}(f)$
$\theta(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

#### Valori di soglia per $\sigma_f$ e $\sigma_A(f_0)$

Intervallo di freq. [Hz]	< 0.2	0.2 - 0.5	0.5 - 1.0	1.0 - 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	0.25 $f_0$	0.2 $f_0$	0.15 $f_0$	0.10 $f_0$	0.05 $f_0$
$\theta(f_0)$ per $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ per $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

ELABORATO  
Dott. Antonio Battiato

VERIFICATO  
Dott. Fabio Faccia





**elletipi s.r.l.**

Sede legale, operativa, amm.va: via Zucchini, 69 - 44100 FERRARA

P.IVA e Codice Fiscale n.00174600387

sito: www.elletipi.it - email: info@elletipi.it

Azienda con Sistemi di Gestione certificati da Certquality

Qualità Ambiente Sicurezza

UNI EN ISO 9001:2008

UNI EN ISO 14001:2004

BS OHSAS 18001:2007



© Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 6572 del 07/10/2014, art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/STC

## RAPPORTO DI PROVA ACQUISIZIONE ED ELABORAZIONE DI DATI SISMICI CON METODO HVSR

COMMITTENTE:	ENEL S.p.a.			COMM: 17144/17
LOCALITA':	Ex miniera di lignite Santa Barbara - E - Vecchio Borgo			Tav.: 1
PROVA:	Indagine geofisica HVSR 104			
DATA PROVA:	07/06/2018			
Prot.LAB	0	rev.0 del:	03/07/18	

### PROVA HVSR 104 - E - VECCHIO BORGO

<b>Ubicazioni (Gradi decimali)</b>	43.546374°N ; 11.455063°E
<b>Strumento</b>	TE3-0338/02-17
<b>Formato dati</b>	32 byte
<b>Inizio registrazione</b>	07/06/2018 - 16:34:54
<b>Fine registrazione</b>	07/06/2018 - 16:54:54
<b>Nomi canali</b>	NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN

<b>Analizzato</b>	88% tracciato
<b>Durata registrazione</b>	0h20'00"
<b>Freq. Campionamento</b>	128 Hz
<b>Lunghezza finestra</b>	20s
<b>Tipo di lisciamiento</b>	Triangular window
<b>Lisciamiento</b>	10%

### UBICAZIONE DELLA PROVA



### DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



ELABORATO  
Dott. Antonio Battiato

VERIFICATO  
Dott. Fabio Faccia



**elletipi s.r.l.**  
 Sede legale, operativa, amm.va: via Zucchini, 69 - 44100 FERRARA  
 P.IVA e Codice Fiscale n.00174600387  
 sito: www.elletipi.it - email: info@elletipi.it

Azienda con Sistemi di Gestione certificati da Certquality  
 Qualità Ambiente Sicurezza  
 UNI EN ISO 9001:2008  
 UNI EN ISO 14001:2004  
 BS OHSAS 18001:2007

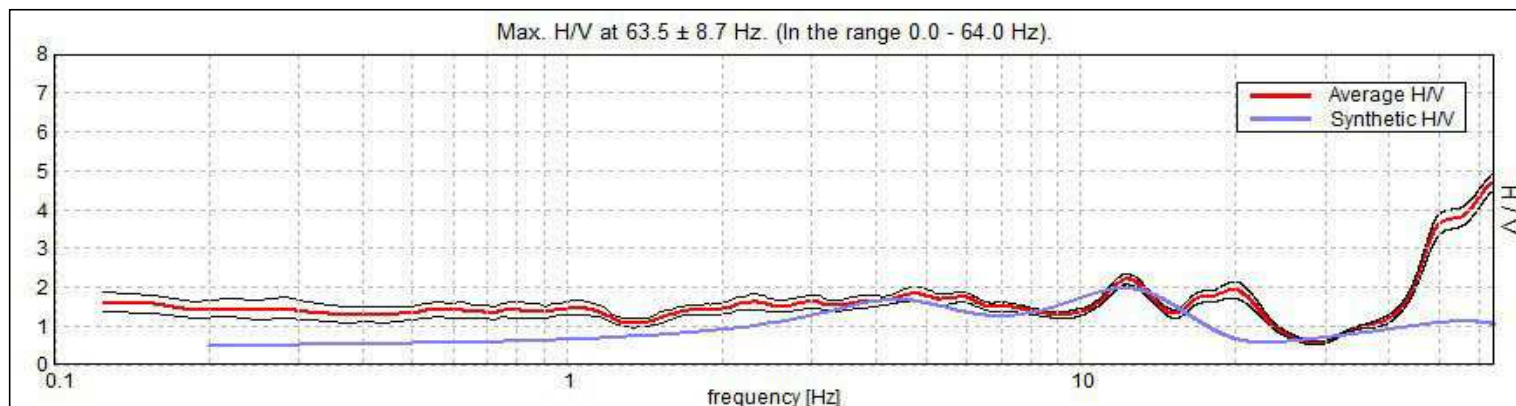


® Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 6572 del 07/10/2014, art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/STC

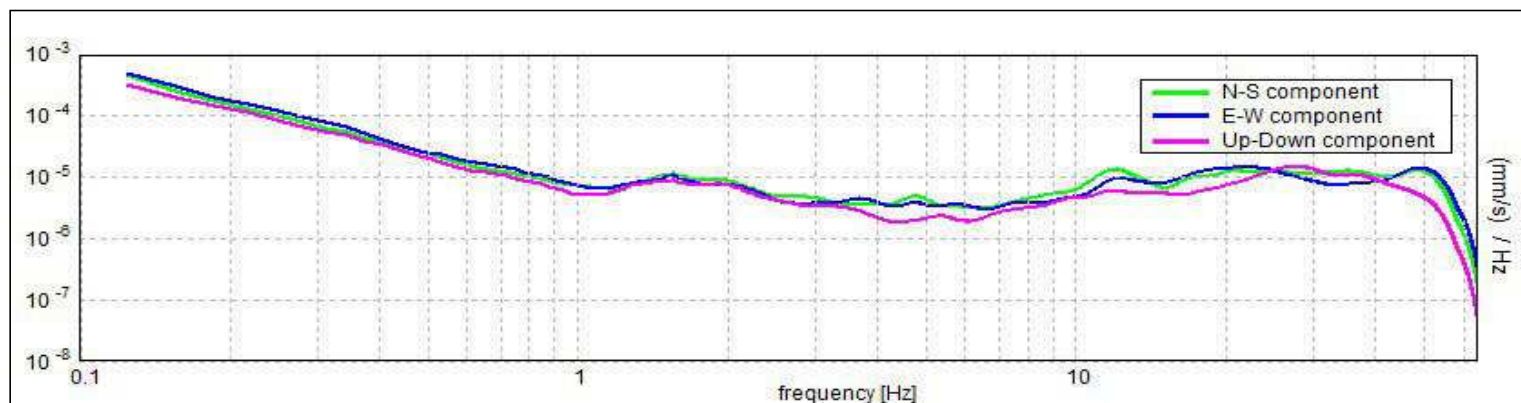
## RAPPORTO DI PROVA ACQUISIZIONE ED ELABORAZIONE DI DATI SISMICI CON METODO HVSR

COMMITTENTE:	ENEL S.p.a.	rev.0 del:	03/07/18	COMM: 17144/17	Tav.: 2
LOCALITA':	Ex miniera di lignite Santa Barbara - E - Vecchio Borgo				
PROVA:	Indagine geofisica HVSR 104				
DATA PROVA:	07/06/2018				
Prot.LAB	0				

### EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V



### SINGLE COMPONENT SPECTRA



ELABORATO  
 Dott. Antonio Battiato

VERIFICATO  
 Dott. Fabio Faccia



**elletipi s.r.l.**  
 Sede legale, operativa, amm.va: via Zucchini, 69 - 44100 FERRARA  
 P.IVA e Codice Fiscale n.00174600387  
 sito: www.elletipi.it - email: info@elletipi.it

Azienda con Sistemi di Gestione certificati da Certiquality  
 Qualità Ambiente Sicurezza  
 UNI EN ISO 9001:2008  
 UNI EN ISO 14001:2004  
 BS OHSAS 18001:2007



Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 6572 del 07/10/2014, art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/STC

## RAPPORTO DI PROVA ACQUISIZIONE ED ELABORAZIONE DI DATI SISMICI CON METODO HVSR

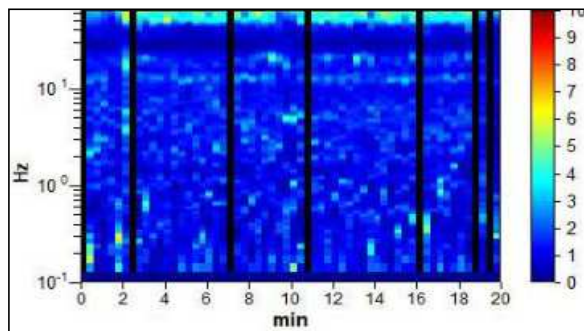
COMMITTENTE: **ENEL S.p.a.**  
 LOCALITA': **Ex miniera di lignite Santa Barbara - E - Vecchio Borgo**  
 PROVA: **Indagine geofisica HVSR 104**  
 DATA PROVA: **07/06/2018**  
 Prot.LAB **0**

rev.0 del: 03/07/18

COMM: 17144/17

Tav.: 3

### H/V TIME HISTORY



Z - Profondità alla base dello strato [m]	H - Spessore [m]	Vs - Velocità [m/s]	v - Rapporto di Poisson
0.80	0.80	200	0.41
6.30	5.50	330	0.40
16.30	10.00	560	0.30
39.80	23.50	680	0.30
inf.	inf.	1070	0.30
<b>*VS30 = 511 m/s</b>			
<b>CATEGORIA SUOLO (NTC-18): B</b>			

#### Dati Calcolati

Vs: Velocità onde S nel sismostrato  
 H: Spessore del sismostrato  
 Z: Profondità dalla superficie d'acquisizione del sismostrato  
 \*VS<sub>30</sub>: 30  
 $\sum [h_i/V_i]$

#### Dati stimati

v: Coefficiente di Poisson

**Picco H/V a 63.5 ± 8.7 Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).**

#### Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	63.50 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	67310.0 > 200	OK	
$A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$	Superato 0 volte su 1033	OK	
$A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$			

#### Criteri per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste $f^-$ in $[f_0/4, f_0]$   $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	45.625 Hz	OK	
Esiste $f^+$ in $[f_0, 4f_0]$   $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$		OK	
$A_0 > 2$	4.68 > 2	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \epsilon(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.13704  < 0.05$	OK	
$\sigma_A(f) < \theta(f_0)$	$8.70224 < 3.175$		NO
$A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.2229 < 1.58$	OK	

$L_w$	lunghezza della finestra
$n_w$	numero di finestre usate nell'analisi
$n_c = L_w n_w f_0$	numero di cicli significativi
$f$	frequenza attuale
$f_0$	frequenza del picco H/V
$\sigma_f$	deviazione standard della frequenza del picco H/V
$\epsilon(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_f < \epsilon(f_0)$
$A_0$	ampiezza della curva H/V alla frequenza $f_0$
$A_{H/V}(f)$	ampiezza della curva H/V alla frequenza $f$
$f^-$	frequenza tra $f_0/4$ e $f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
$f^+$	frequenza tra $f_0$ e $4f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	deviazione standard di $A_{H/V}(f)$ , $\sigma_A(f)$ è il fattore per il quale la curva $A_{H/V}(f)$ media deve essere moltiplicata o divisa
$\sigma_{\log H/V}(f)$	deviazione standard della funzione $\log A_{H/V}(f)$
$\theta(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

#### Valori di soglia per $\sigma_f$ e $\sigma_A(f_0)$

Intervallo di freq. [Hz]	< 0.2	0.2 - 0.5	0.5 - 1.0	1.0 - 2.0	> 2.0
$\epsilon(f_0)$ [Hz]	0.25 $f_0$	0.2 $f_0$	0.15 $f_0$	0.10 $f_0$	0.05 $f_0$
$\theta(f_0)$ per $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ per $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

ELABORATO  
 Dott. Antonio Battiato

VERIFICATO  
 Dott. Fabio Faccia





**elletipi s.r.l.**

Sede legale, operativa, amm.va: via Zucchini, 69 - 44100 FERRARA

P.IVA e Codice Fiscale n.00174600387

sito: www.elletipi.it - email: info@elletipi.it

Azienda con Sistemi di Gestione certificati da Certquality

Qualità Ambiente Sicurezza

UNI EN ISO 9001:2008

UNI EN ISO 14001:2004

BS OHSAS 18001:2007



© Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 6572 del 07/10/2014, art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/STC

## RAPPORTO DI PROVA ACQUISIZIONE ED ELABORAZIONE DI DATI SISMICI CON METODO HVSR

COMMITTENTE: ENEL S.p.a.

LOCALITA': Ex miniera di lignite Santa Barbara - D - Borro Pianale

PROVA: Indagine geofisica HVSR 109

DATA PROVA: 07/06/2018

Prot.LAB 0

rev.0 del: 03/07/18

COMM: 17144/18

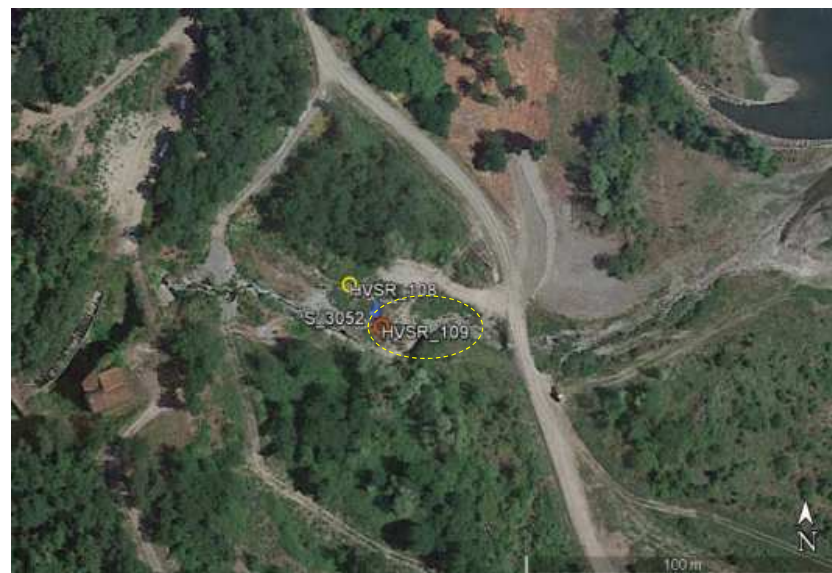
Tav.: 1

### PROVA HVSR 109 - D - BORRO PIANALE

<b>Ubicazioni (Gradi decimali)</b>	43.547887°N ; 11.455575°E
<b>Strumento</b>	TE3-0338/02-17
<b>Formato dati</b>	32 byte
<b>Inizio registrazione</b>	07/06/2018 - 15:20:13
<b>Fine registrazione</b>	07/06/2018 - 15:40:13
<b>Nomi canali</b>	NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN

<b>Analizzato</b>	87% tracciato
<b>Durata registrazione</b>	0h20'00"
<b>Freq. Campionamento</b>	128 Hz
<b>Lunghezza finestra</b>	20s
<b>Tipo di lisciamiento</b>	Triangular window
<b>Lisciamiento</b>	10%

### UBICAZIONE DELLA PROVA



### DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



ELABORATO  
Dott. Antonio Battiato

VERIFICATO  
Dott. Fabio Faccia



**elletipi s.r.l.**  
 Sede legale, operativa, amm.va: via Zucchini, 69 - 44100 FERRARA  
 P.IVA e Codice Fiscale n.00174600387  
 sito: www.elletipi.it - email: info@elletipi.it

Azienda con Sistemi di Gestione certificati da Certquality  
 Qualità Ambiente Sicurezza  
 UNI EN ISO 9001:2008  
 UNI EN ISO 14001:2004  
 BS OHSAS 18001:2007

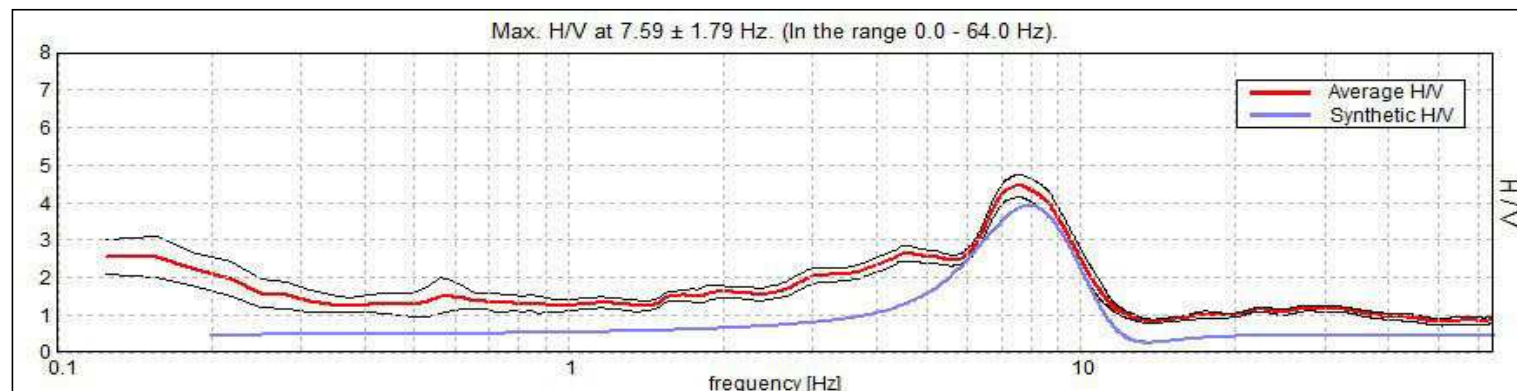


© Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 6572 del 07/10/2014, art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/STC

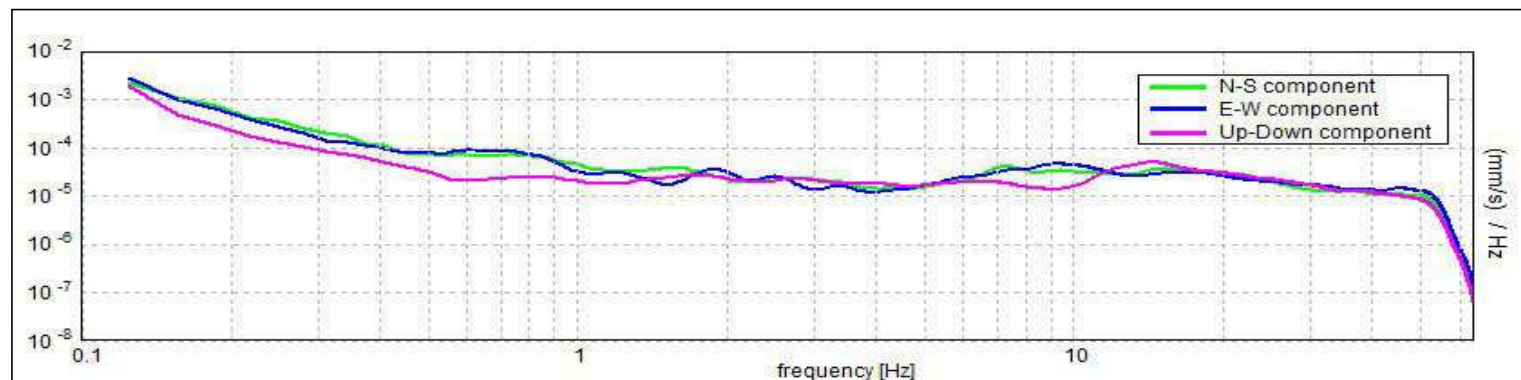
## RAPPORTO DI PROVA ACQUISIZIONE ED ELABORAZIONE DI DATI SISMICI CON METODO HVSR

COMMITTENTE:	ENEL S.p.a.	rev.0 del:	03/07/18	COMM: 17144/18	Tav.: 2
LOCALITA':	Ex miniera di lignite Santa Barbara - D - Borro Pianale				
PROVA:	Indagine geofisica HVSR 109				
DATA PROVA:	07/06/2018				
Prot.LAB	0				

EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V



SINGLE COMPONENT SPECTRA



ELABORATO  
 Dott. Antonio Battiato

VERIFICATO  
 Dott. Fabio Faccia



**elletipi s.r.l.**  
 Sede legale, operativa, amm.va: via Zucchini, 69 - 44100 FERRARA  
 P.IVA e Codice Fiscale n.00174600387  
 sito: www.elletipi.it - email: info@elletipi.it

Azienda con Sistemi di Gestione certificati da Certiquality  
 Qualità Ambiente Sicurezza  
 UNI EN ISO 9001:2008  
 UNI EN ISO 14001:2004  
 BS OHSAS 18001:2007



Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 6572 del 07/10/2014, art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/STC

## RAPPORTO DI PROVA ACQUISIZIONE ED ELABORAZIONE DI DATI SISMICI CON METODO HVSr

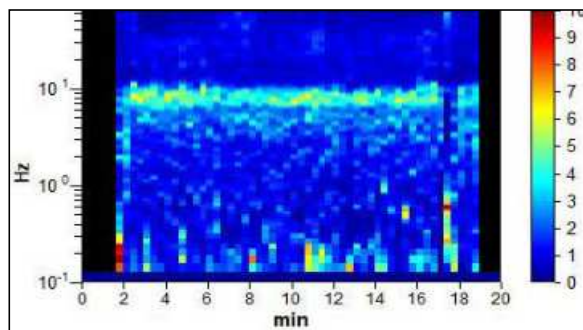
COMMITTENTE: **ENEL S.p.a.**  
 LOCALITA': **Ex miniera di lignite Santa Barbara - D - Borro Pianale**  
 PROVA: **Indagine geofisica HVSr 109**  
 DATA PROVA: **07/06/2018**  
 Prot.LAB **0**

rev.0 del: 03/07/18

COMM: 17144/18

Tav.: 3

### H/V TIME HISTORY



Z - Profondità alla base dello strato [m]	H - Spessore [m]	Vs - Velocità [m/s]	v - Rapporto di Poisson
6.80	6.80	210	0.44
inf.	inf.	450	0.35
<b>*VS30 = 357 m/s</b>			
<b>CATEGORIA SUOLO (NTC-18): C</b>			

#### Dati Calcolati

Vs: Velocità onde S nel sismostrato  
 H: Spessore del sismostrato  
 Z: Profondità dalla superficie d'acquisizione del sismostrato  
 \*VS<sub>30</sub>: 30  
 $\sum [h_i/V_i]$

#### Dati stimati

v: Coefficiente di Poisson

**Picco H/V a 7.59 ± 1.79 Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).**

#### Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	7.59 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	7897.5 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5$ Hz	Superato 0 volte su 366	OK	
$\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5$ Hz			

#### Criteri per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste $f^-$ in $[f_0/4, f_0]$   $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	3.781 Hz	OK	
Esiste $f^+$ in $[f_0, 4f_0]$   $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	10.281 Hz	OK	
$A_0 > 2$	4.45 > 2	OK	
$f_{picco} [A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$[0.23546] < 0.05$	OK	
$\sigma_A(f) < \theta(f_0)$	$1.78802 < 0.37969$		NO
$\sigma_{logH/V}(f) < \theta(f_0)$	$0.3049 < 1.58$	OK	

$L_w$	lunghezza della finestra
$n_w$	numero di finestre usate nell'analisi
$n_c = L_w n_w f_0$	numero di cicli significativi
$f$	frequenza attuale
$f_0$	frequenza del picco H/V
$\sigma_f$	deviazione standard della frequenza del picco H/V
$\varepsilon(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
$A_0$	ampiezza della curva H/V alla frequenza $f_0$
$A_{H/V}(f)$	ampiezza della curva H/V alla frequenza $f$
$f^-$	frequenza tra $f_0/4$ e $f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
$f^+$	frequenza tra $f_0$ e $4f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	deviazione standard di $A_{H/V}(f)$ , $\sigma_A(f)$ è il fattore per il quale la curva $A_{H/V}(f)$ media deve essere moltiplicata o divisa
$\sigma_{logH/V}(f)$	deviazione standard della funzione $\log A_{H/V}(f)$
$\theta(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

#### Valori di soglia per $\sigma_f$ e $\sigma_A(f_0)$

Intervallo di freq. [Hz]	< 0.2	0.2 - 0.5	0.5 - 1.0	1.0 - 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	0.25 $f_0$	0.2 $f_0$	0.15 $f_0$	0.10 $f_0$	0.05 $f_0$
$\theta(f_0)$ per $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ per $\sigma_{logH/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

ELABORATO  
 Dott. Antonio Battiato

VERIFICATO  
 Dott. Fabio Faccia





## Sommario

1. Premessa .....	3
2. Presentazione e Finalità Delle Indagini .....	4
3. Indagini Eseguite .....	4
4. Metodologie.....	6
4.1. Sismica a rifrazione .....	6
4.1.1. Elementi teorici .....	6
4.1.2. Strumentazione e Acquisizione.....	7
4.1.3. Elaborazione.....	9
4.2. Rilievo topografico delle indagini geofisiche .....	10
5. Risultati e Conclusioni .....	11
5.1. Sism01 .....	12
5.2. Sism03 .....	14
5.3. Sism04 .....	16

## 1. PREMESSA

Il presente lavoro è stato sviluppato da GEOexplorer Impresa Sociale S.r.l., piccola- media impresa (PMI) innovativa, in regime di subaffido verso CGT Engineering spinoff accademico dell'Università di Siena nell'ambito del contratto di Consulenza geotecnica per il Progetto di recupero ambientale dell'area mineraria di Santa Barbara in Comune di Cavriglia (AR).

Le due società operano nei campi della Geofisica, Geotecnica e Geingegneria nell'ambito del "Laboratorio di ricerca congiunto per le geotecnologie applicate all'ambiente - LCG" dell'Università di Siena.

Le indagini eseguite hanno l'obiettivo di approfondire la conoscenza del sottosuolo con particolare riferimento alla valutazione dello spessore delle coperture e della qualità dell'ammasso roccioso nell'area della strada di accesso al Vecchio borgo di Castelnuovo dei Sabbioni dove negli ultimi 3 anni si sono verificati fenomeni di franamento per meccanismo di scorrimento planare di roccia e detrito e processi di crollo associati.

Per il raggiungimento degli obiettivi previsti sono stati eseguiti tre stendimenti sismici di dettaglio descritti nel seguito del presente elaborato.



## 2. PRESENTAZIONE E FINALITÀ DELLE INDAGINI

Nell'ambito delle indagini geofisiche in situ presso l'area Enel - Borgo Castelnuovo (AR), sono state eseguite prospezioni sismiche a rifrazione le cui fasi di acquisizione dati, elaborazione ed interpretazione sono state sviluppate con personale e strumentazione della società GEOexplorer Impresa Sociale s.r.l.

L'ubicazione delle indagini è stata condotta sulla base del target del progetto, della logistica del sito e dalle indicazioni della committenza.

La presente relazione tecnica è redatta al fine di descrivere tutte le fasi di acquisizione, elaborazione ed interpretazione dei dati per le indagini sismiche a rifrazione.

Dopo un inquadramento geografico del sito di indagine si riportano le tabelle riassuntive delle indagini effettuate e delle relative scelte operative definite in fase di acquisizione (Tabella 1). Per la metodologie impiegate, sono esposti i concetti teorici di base, sono mostrate le strumentazioni e le configurazioni adoperate sia durante le fasi acquisizione dati, sia durante l'elaborazione degli stessi. Per l'elaborazione dei dati sismici sono stati utilizzati dati geognostici e dati geologico - stratigrafici di indagini pregresse eseguite nell'area di studio, forniti dal committente.

## 3. INDAGINI ESEGUITE

La campagna di acquisizione dati sismici è stata effettuata nelle date di 19, 20 e 21 Marzo 2024 in diurna. Di seguito si riportano le tabelle riassuntive delle indagini effettuate e delle relative scelte operative definite in fase di acquisizione. In **Figura 1** è riportata l'ubicazione delle indagini geofisiche eseguite.

In **Tabella 2** si riportano le coordinate cartografiche nel sistema di riferimento Monte Mario Italy 1 (EPSG 3003).

**Tabella 1 - Indagini sismiche di tipo Rifrazione.**

Nome Indagine	Tipo Indagine	Lunghezza (m)	Distanza intergeofonica (m)	Numero di geofoni
Sism01	Rifrazione	142	2	72
Sism03	Rifrazione	142	2	72
Sism04	Rifrazione	106.5	1.5	72

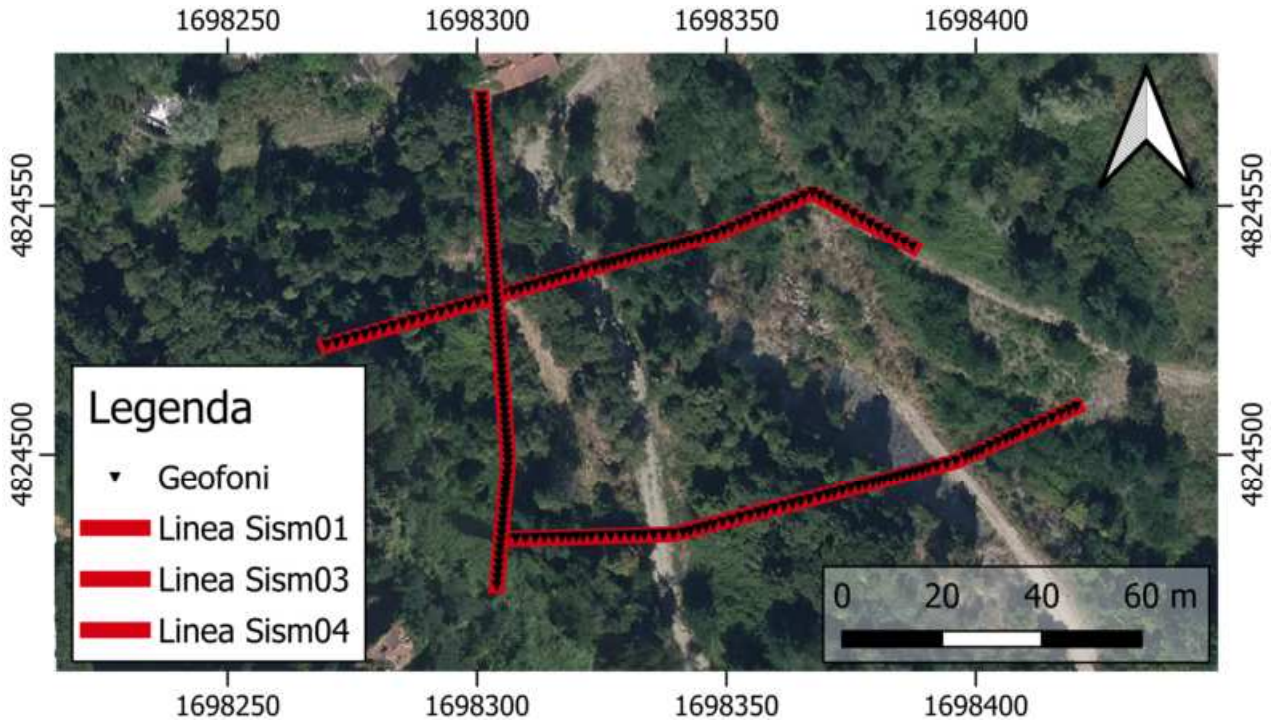


Figura 1 - Ubicazione delle indagini sismiche a rifrazione nei pressi di Borgo Castenuovo

Tabella 2 - Coordinate dei geofoni nel sistema di riferimento Monte Mario Italy 1 (EPSG 3003).

id linea	Posizione	E (m)	N (m)	Quota (m)
Sism01	Inizio	1698269.86	4824521.84	215.14
	Fine	1698387.34	4824541.63	164.65
Sism03	Inizio	1698305.91	4824482.94	226.27
	Fine	1698420.14	4824509.50	160.07
Sism04	Inizio	1698300.86	4824571.56	191.82
	Fine	1698303.92	4824473.66	228.43

## 4. METODOLOGIE

Il capitolo si pone l'obiettivo di descrivere dettagliatamente le metodologie delle indagini geofisiche eseguite (Sismica a rifrazione). Si riporta l'approccio teorico di base ed una dettagliata descrizione delle strumentazioni e dei metodi di acquisizione ed elaborazione dati impiegati.

### 4.1. Sismica a rifrazione

#### 4.1.1. Elementi teorici

La prospezione sismica si fonda sull'analisi della propagazione delle onde sismiche in un mezzo, legata alle caratteristiche elastiche del mezzo stesso.

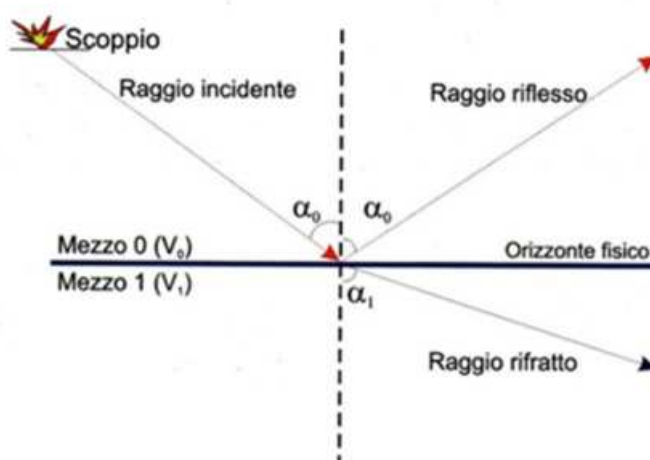
Un'onda, in fisica, è una perturbazione che si propaga in un qualsiasi mezzo, trasportando energia da un punto all'altro. Tale perturbazione è costituita dalla variazione di qualunque grandezza fisica (es. variazione di pressione, temperatura, posizione, ecc..) attorno alla sua posizione di equilibrio (condizione di assenza di perturbazione). Quando le modalità di propagazione dell'onda in un mezzo sono note, le caratteristiche dell'onda rappresentano un potente strumento di indagine delle proprietà di quel mezzo.

In quanto propagazione di energia meccanica attraverso le particelle del mezzo, un'onda necessita di un mezzo materiale "di supporto" affinché vi siano le condizioni di propagazione; per cui risultano fondamentali tali condizioni:

- connessione tra le parti di materia che costituiscono il mezzo;
- forza di richiamo che tende a riportare l'oggetto nella posizione di quiete.

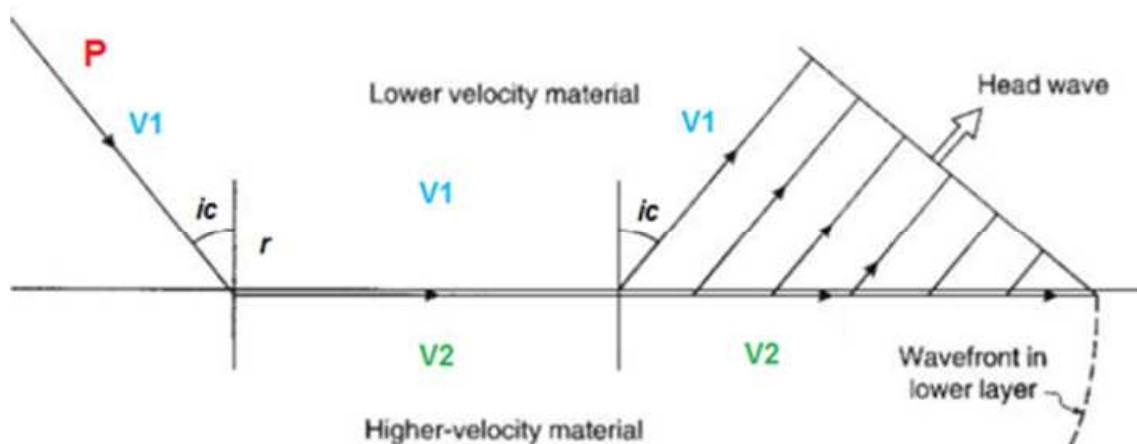
Il metodo sismico della rifrazione e della riflessione si basa sul principio fisico secondo cui l'energia di un'onda sismica che incide la superficie di separazione tra due mezzi isotropi (orizzonte fisico), con differenti caratteristiche fisiche, si separa (**Figura 2**); una parte dell'energia viene riflessa in superficie dall'interfaccia di separazione (onda riflessa) e una parte si rifrange lungo l'orizzonte fisico (onda rifratta).

La **Figura 5** mostra l'incidenza di un raggio sismico su un orizzonte fisico che separa due mezzi caratterizzati da differenti velocità (rispettivamente  $V_0$  e  $V_1$ ) e la conseguente separazione dell'energia lungo raggi riflessi e rifratti.



**Figura 2 - Percorso di un raggio sismico incidente su una superficie di transizione elastica (CORRAO e COCO, 2006).**

Le prospezioni sismiche a rifrazione si basano sull'analisi dei tempi di percorrenza dei raggi che si rifrangono con angolo di incidenza critica lungo una superficie di separazione tra due mezzi isotropi con differenti caratteristiche elastiche (**Figura 3**).



**Figura 3 - Incidenza critica.**

La misura dei tempi impiegati dai raggi sismici rifratti per percorrere il tragitto dal punto di energizzazione al rifrattore ed infine alla stazione ricevente, permette di modellizzare la velocità di propagazione delle onde elastiche, stimando di conseguenza lo spessore degli orizzonti indagati. Naturalmente perché questo sia possibile, la posizione dei ricevitori (geofoni) e delle sorgenti deve essere nota, lo stendimento deve essere sufficiente ampio e la sorgente sufficientemente potente.

Per questa tipologia di indagini l'acquisizione dei dati è eseguita utilizzando stendimenti (array) lineari costituiti da geofoni con interdistanza costante.

#### 4.1.2. Strumentazione e Acquisizione

Per le indagini sismiche a rifrazione sono stati impiegati sismografi modulari a 24 canali (GEODE® Geometrics, **Figura 4**), collegati in serie tra di loro e ad un laptop per la visualizzazione in tempo reale dei sismogrammi e per la gestione del sistema. Ogni sismografo contiene al suo interno 3 schede di acquisizione ad alta velocità, con una gamma dinamica che raggiunge i 135 dB, integrate con funzione di conversione analogico-digitale (A/D) a 24 bit.

I sismografi sono stati equipaggiati con geofoni verticali con frequenza propria rispettivamente di 14 Hz.

Per le energizzazioni sono stati impiegati una mazza battente su piastra (**Figura 5**), utilizzata per la generazione di onde di compressione (P).

Per l'identificazione del tempo 0 (inizio della sollecitazione dinamica) è stato impiegato un piezoelettrico alloggiato sulla mazza.





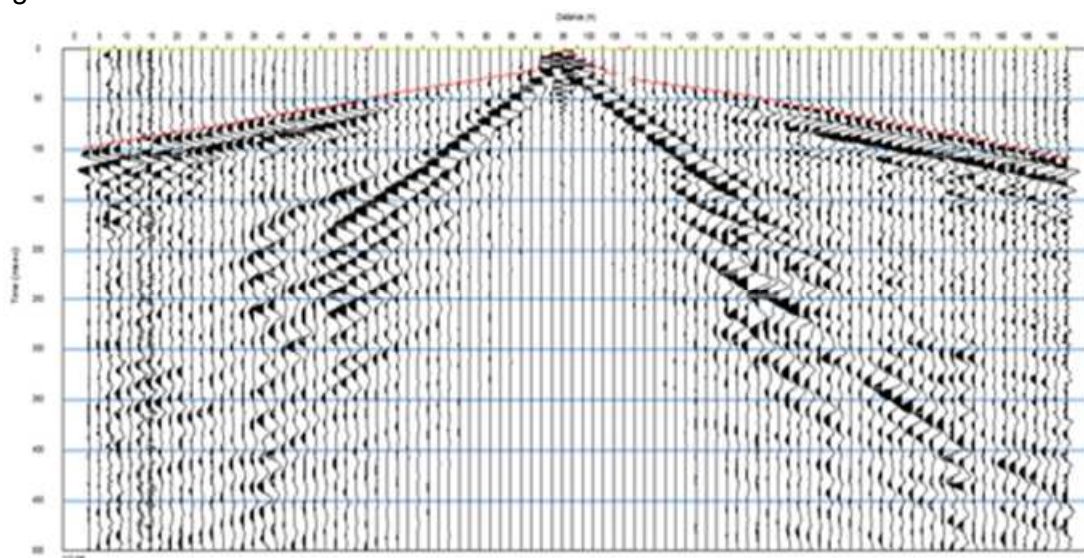
**Figura 4 - Sismografo modulare GEODE (Geometrics)**



**Figura 5 - Mazza da 8 kg battente su piastra per la generazione di onde P.**

### 4.1.3. Elaborazione

L'elaborazione del dato acquisito in campagna inizia con una fase di geometrizzazione, durante la quale è associata una coordinata spaziale a ciascuna sorgente e a ciascun ricevitore (**Figura 6**). La lettura dei tempi dei primi arrivi è condotta manualmente sui sismogrammi; i tempi letti sono proiettati su un grafico distanza-tempo, su cui l'analisi dei coefficienti angolari delle rette di interpolazione (dromocrone, **Figura 7**) consente di dedurre il numero di sismostrati nell'area indagata e di calcolare la velocità di propagazione delle onde sismiche nei singoli litotipi presenti. Questo passaggio consente la costruzione di un modello sintetico, utilizzato come modello iniziale durante l'inversione tomografica; la tomografia sismica a rifrazione ha come obiettivo la restituzione di un modello di velocità 2D del profilo indagato.



**Figura 6 Esempio di sismogrammi con lettura dei tempi di primo arrivo**

Prima della lettura dei primi arrivi, è stato necessario un filtraggio del dato, al fine di aumentare ampiezza e continuità del segnale coerente. I tempi rilevati di primo arrivo, sono poi stati verificati per coerenza in termini di reciprocità.

La tecnica di elaborazione tomografica si basa su un metodo di ottimizzazione non lineare definito generalmente "simulazione forzata". L'algoritmo alla base del software utilizzato per l'inversione tomografica (Rayfract) esegue ripetuti modelli avanzati, dove i nuovi modelli vengono incondizionatamente accettati o rifiutati basandosi su un criterio probabilistico. Questo criterio permette all'algoritmo di ricercare una soluzione univoca e locale, con un tempo di elaborazione minimo, per realizzare un unico modello ottimizzato delle velocità delle litologie investigate. L'algoritmo non fa assunzioni su l'orientazione del gradiente di velocità del sottosuolo e può quindi rivelare strutture verticali e forti gradienti laterali, se presenti.



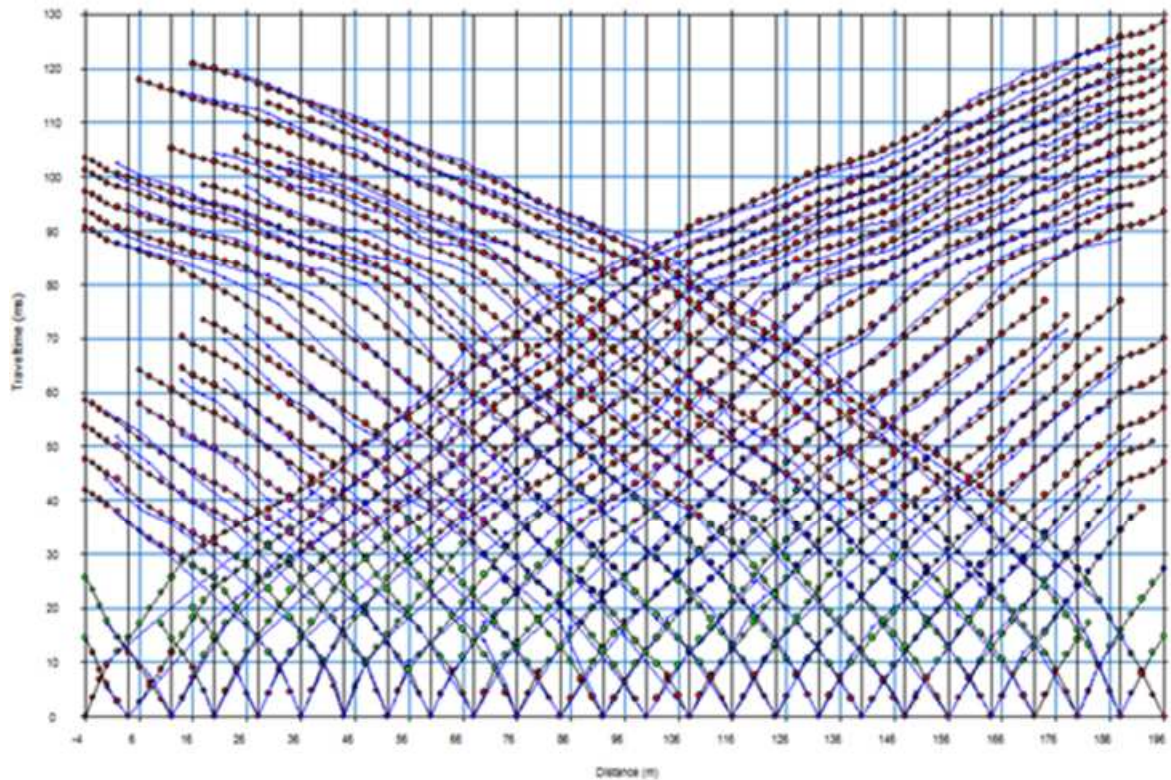


Figura 7 - Esempio di dromocrone

## 4.2. Rilievo topografico delle indagini geofisiche

Contestualmente all'acquisizione geofisica, al fine di ottenere le posizioni di ciascun ricevitore, elettrodo e sorgente, nonché di ubicare in carta i profili acquisiti, è stata condotta una campagna GPS che ha previsto la registrazione della posizione dei punti in configurazione RTK (real time kinematics).

La correzione del dato è stata ottenuta in tempo reale mediante modem GSM dalle informazioni ricevute dalla rete di stazioni fisse ItalPOS. Lo strumento utilizzato, Leica Viva GS15, permette mediante connessione a internet la correzione del dato trasmesso dalla costellazione GNSS direttamente nel palmare utilizzato per il rilievo in situ. I punti topografici così acquisiti sono stati esportati e proiettati nel sistema di riferimento cartografico Monte Mario Italy 1 (EPSG 3003).

## 5. RISULTATI E CONCLUSIONI

Le indagini sismiche eseguite hanno mostrato una buona qualità dei dati nel loro complesso e hanno consentito di caratterizzare il sottosuolo dell'area di studio da un punto di vista geofisico.

Le tomografie sismiche sono state eseguite attraverso energizzazioni sufficienti a garantire una buona qualità dei sismogrammi in termini di rapporto S/N, necessario per l'elaborazione tomografica. La qualità dei modelli finali ottenuti è garantita dalla somiglianza fra il dato osservato e quelli predetti tramite forward modelling.

Le sezioni sismiche hanno valori di velocità consistenti fra loro e coerenti con la stratigrafia riscontrabile in situ.


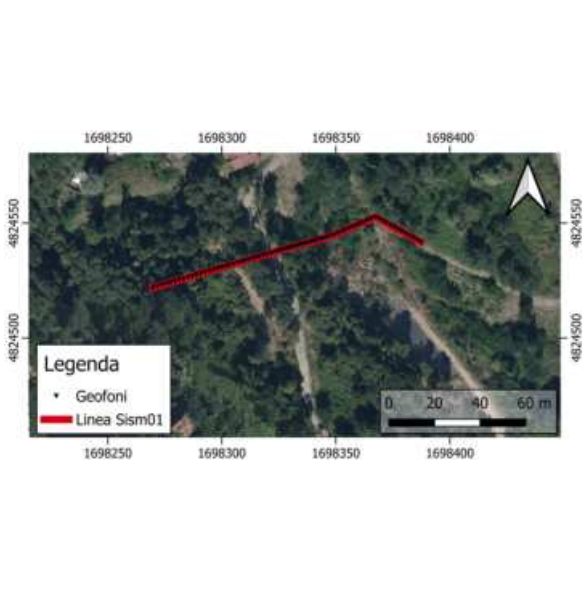

Le tre sezioni sismiche mostrate in **Figura 8, 9 e 10** descrivono una stratificazione coerente fra loro, come dimostrato dalle simili profondità dei sismostrati osservabili nei punti di intersezione.

Lo studio evidenzia la presenza di un sismostrato superficiale di profondità variabile fra 2 e 4 m di spessore, con basse velocità sismiche (<800 m/s  $V_p$ ), e correlabile a terreni sciolti o litologie caratterizzate da un basso grado di compattazione. Tale strato poggia su di un sismostrato con velocità sismiche più elevate, indicative di rocce da poco a mediamente fratturate (800 - 1000 m/s). Al di sotto sono individuabili corpi rocciosi in posto e maggiormente compattati.

Si allegano per ogni prova eseguita le tomografie sismiche.

Di seguito, si riportano le schede monografiche riassuntive per ogni indagine effettuata.

## 5.1. Sism01

		<b>SCHEDA MONOGRAFICA</b> <b>Sismica a rifrazione - Sism01</b>		
<b>COMMITTENTE:</b> Enel S.p.A. <b>CANTIERE:</b> Borgo Castelnuovo				
<b>Caratteristiche indagine Sismica a rifrazione</b>				
Strumento: Geode - Geometrics n° geofoni: 72 Tempo di acquisizione: 1s      Intervallo campionamento: 1 ms				
<b>Caratteristiche del rilievo plano-altimetrico</b>				
GPS Leica Viva GS15 in configurazione RTK con correzioni ottenute dalla rete fissa Italpos				
<b>PLANIMETRIA DI UBICAZIONE</b>		<b>RIPRESA FOTOGRAFICA</b>		
				
<b>COORDINATE GEOGRAFICHE UTM WGS84 (EPSG 32632)</b>		<b>COORDINATE CHILOMETRICHE GAUSS- BOAGA FUSO OVEST (EPSG 3003)</b>		
	<b>inizio</b>	<b>fine</b>	<b>inizio</b>	<b>fine</b>
Nord (m)	4824506.05	4824525.83	4824521.84	4824541.63
Est (m)	698238.93	698356.40	1698269.86	1698387.34
Quota ellissoidica (m):	261.60	211.10	215.14	164.65
<b>Localizzazione profilo di indagine</b>				
Il profilo è stato eseguito all'interno dell'area Enel nei pressi di Borgo Castelnuovo.				

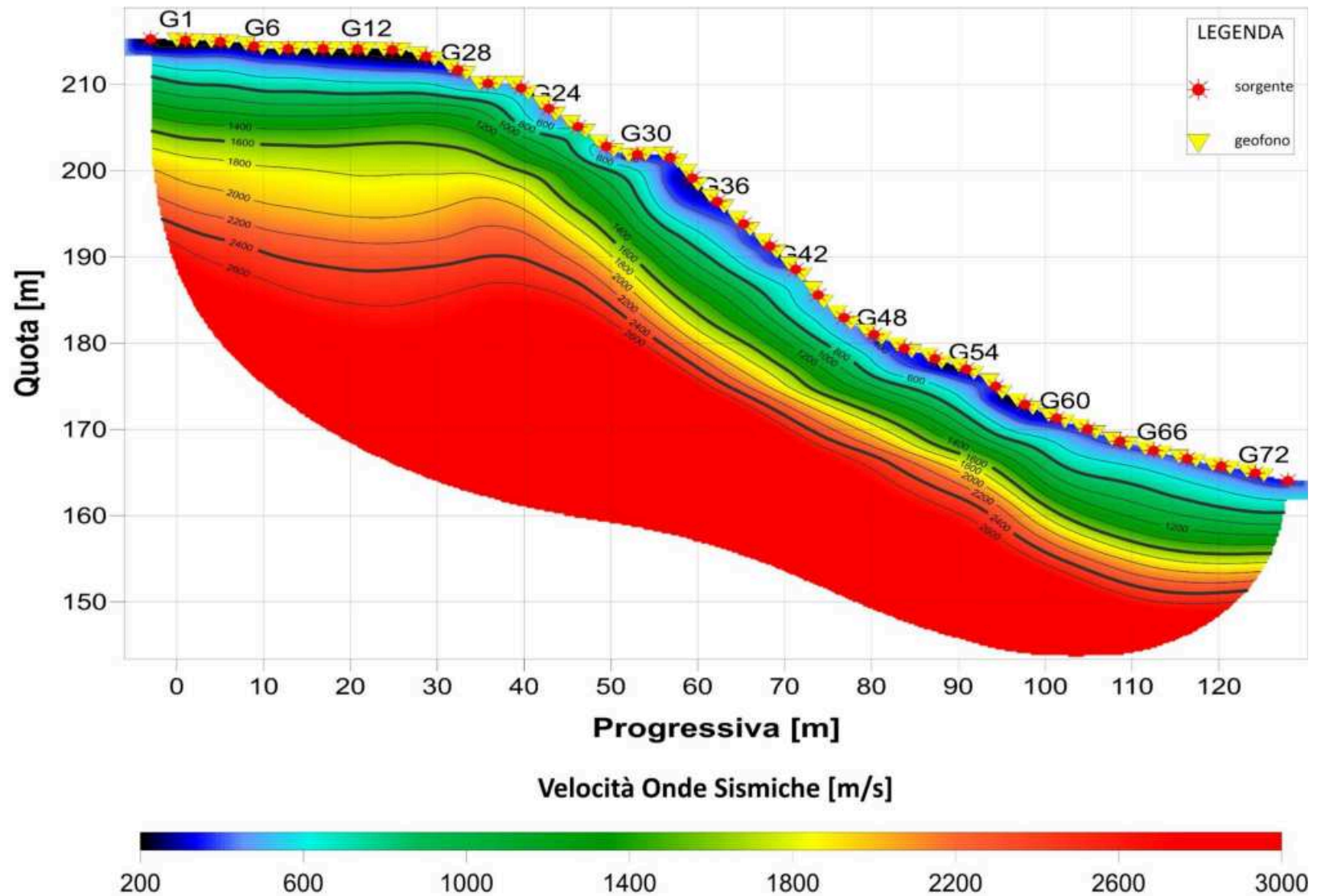

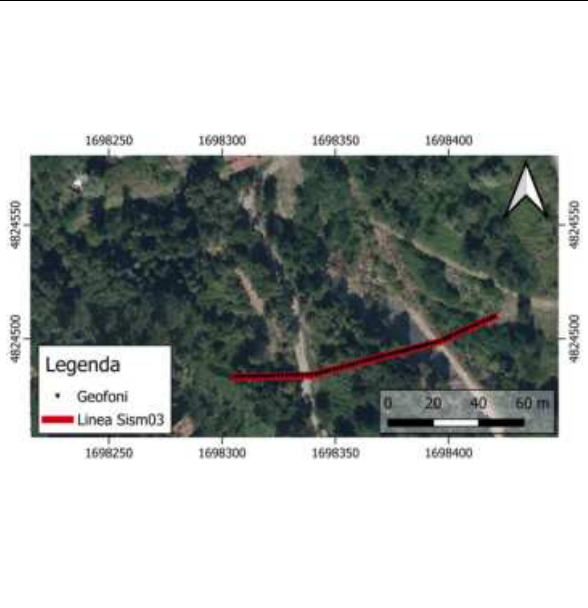



Figura 8 - Sezione Tomografica della linea sismica Sism01



## 5.2. Sism03

		<b>SCHEDA MONOGRAFICA</b> <b>Sismica a rifrazione - Sism03</b>		
<b>COMMITTENTE:</b> Enel S.p.A. <b>CANTIERE:</b> Borgo Castelnuovo				
<b>Caratteristiche indagine Sismica a rifrazione</b> Strumento: Geode - Geometrics n° geofoni: 72 Tempo di acquisizione: 1 s      Intervallo campionamento: 1 ms				
<b>Caratteristiche del rilievo plano-altimetrico</b> GPS Leica Viva GS15 in configurazione RTK con correzioni ottenute dalla rete fissa Italpos				
<b>PLANIMETRIA DI UBICAZIONE</b>		<b>RIPRESA FOTOGRAFICA</b>		
				
<b>COORDINATE GEOGRAFICHE UTM WGS84 (EPSG 32632)</b>		<b>COORDINATE CHILOMETRICHE GAUSS-BOAGA FUSO OVEST (EPSG 3003)</b>		
	<b>inizio</b>	<b>fine</b>	<b>inizio</b>	<b>fine</b>
Nord (m)	4824467.15	4824493.71	4824482.94	4824509.50
Est (m)	698274.97	698389.20	1698305.91	1698420.14
Quota ellissoidica (m):	272.73	206.52	226.27	160.07
<b>Localizzazione profilo di indagine</b>				
Il profilo è stato eseguito all'interno dell'area Enel nei pressi di Borgo Castelnuovo.				

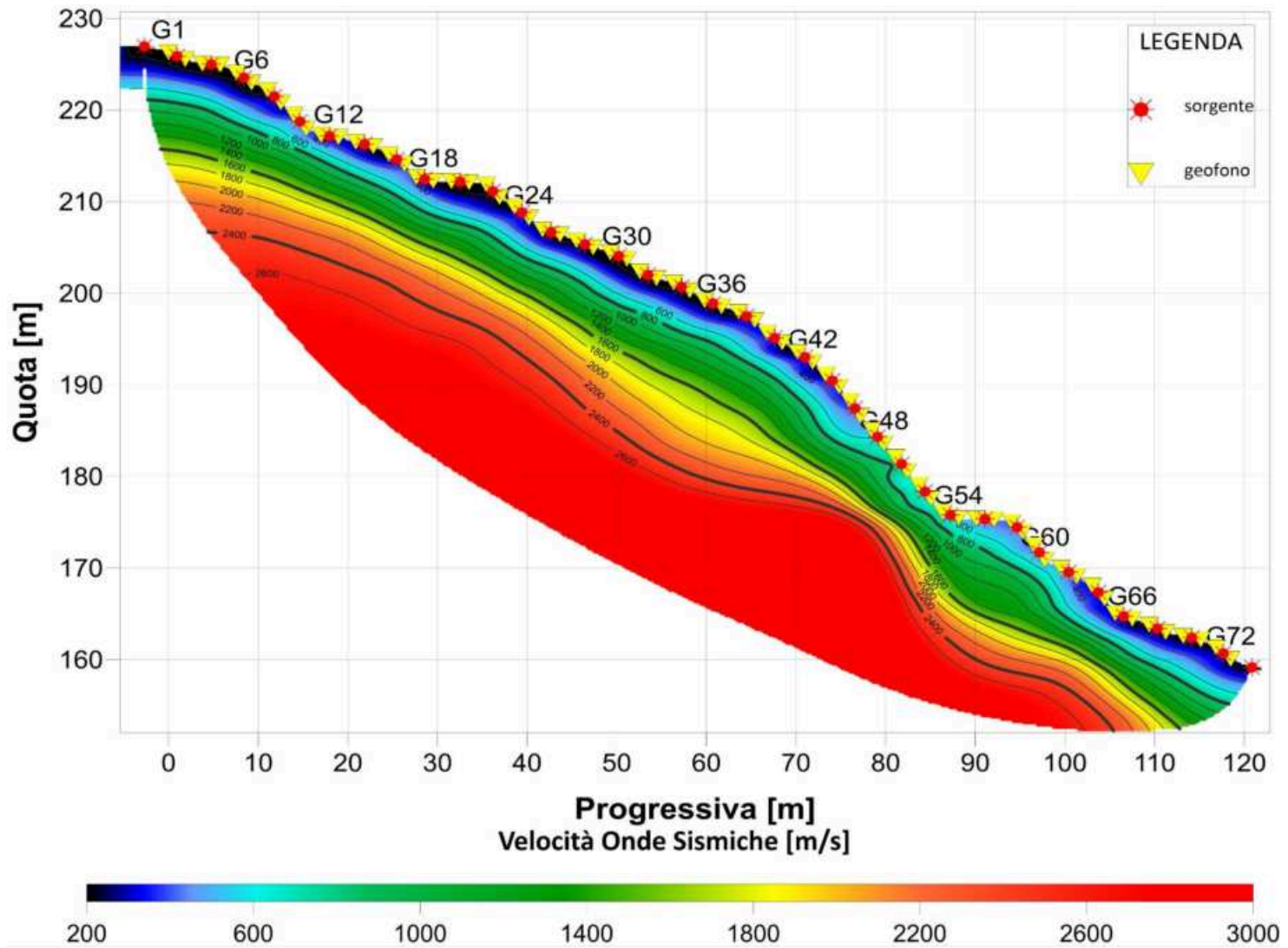

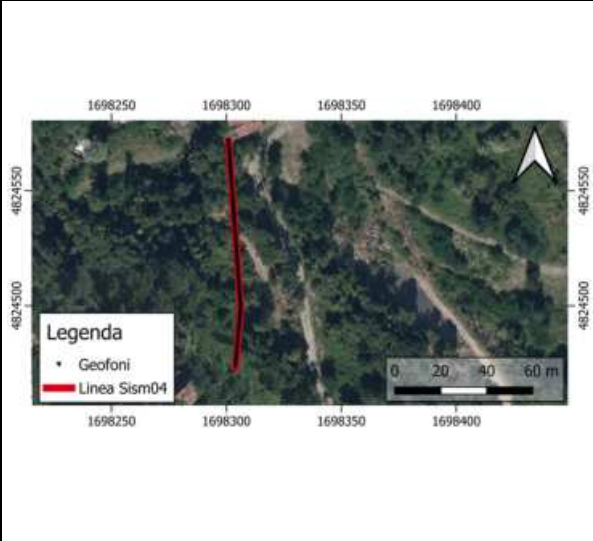



Figura 9 - Sezione Tomografica della linea sismica Sism03



### 5.3. Sism04

		<b>SCHEDA MONOGRAFICA</b> <b>Sismica a rifrazione - Sism04</b>		
<b>COMMITTENTE:</b> Enel S.p.A. <b>CANTIERE:</b> Borgo Castelnuovo				
<b>Caratteristiche indagine Sismica a rifrazione</b> Strumento: Geode - Geometrics n° geofoni: 72 Tempo di acquisizione: 1 s      Intervallo campionamento: 1 ms				
<b>Caratteristiche del rilievo piano-altimetrico</b> GPS Leica Viva GS15 in configurazione RTK con correzioni ottenute dalla rete fissa Italpos				
<b>PLANIMETRIA DI UBICAZIONE</b>		<b>RIPRESA FOTOGRAFICA</b>		
				
<b>COORDINATE GEOGRAFICHE UTM WGS84</b> <b>(EPSG 32632)</b>		<b>COORDINATE CHILOMETRICHE GAUSS-</b> <b>BOAGA FUSO OVEST (EPSG 3003)</b>		
	<b>inizio</b>	<b>fine</b>	<b>inizio</b>	<b>fine</b>
Nord (m)	4824555.76	4824457.87	4824571.56	4824473.66
Est (m)	698269.92	698272.98	1698300.86	1698303.92
Quota ellissoidica (m):	238.28	274.89	191.82	228.43
<b>Localizzazione profilo di indagine</b>				
Il profilo è stato eseguito all'interno dell'area Enel nei pressi di Borgo Castelnuovo.				

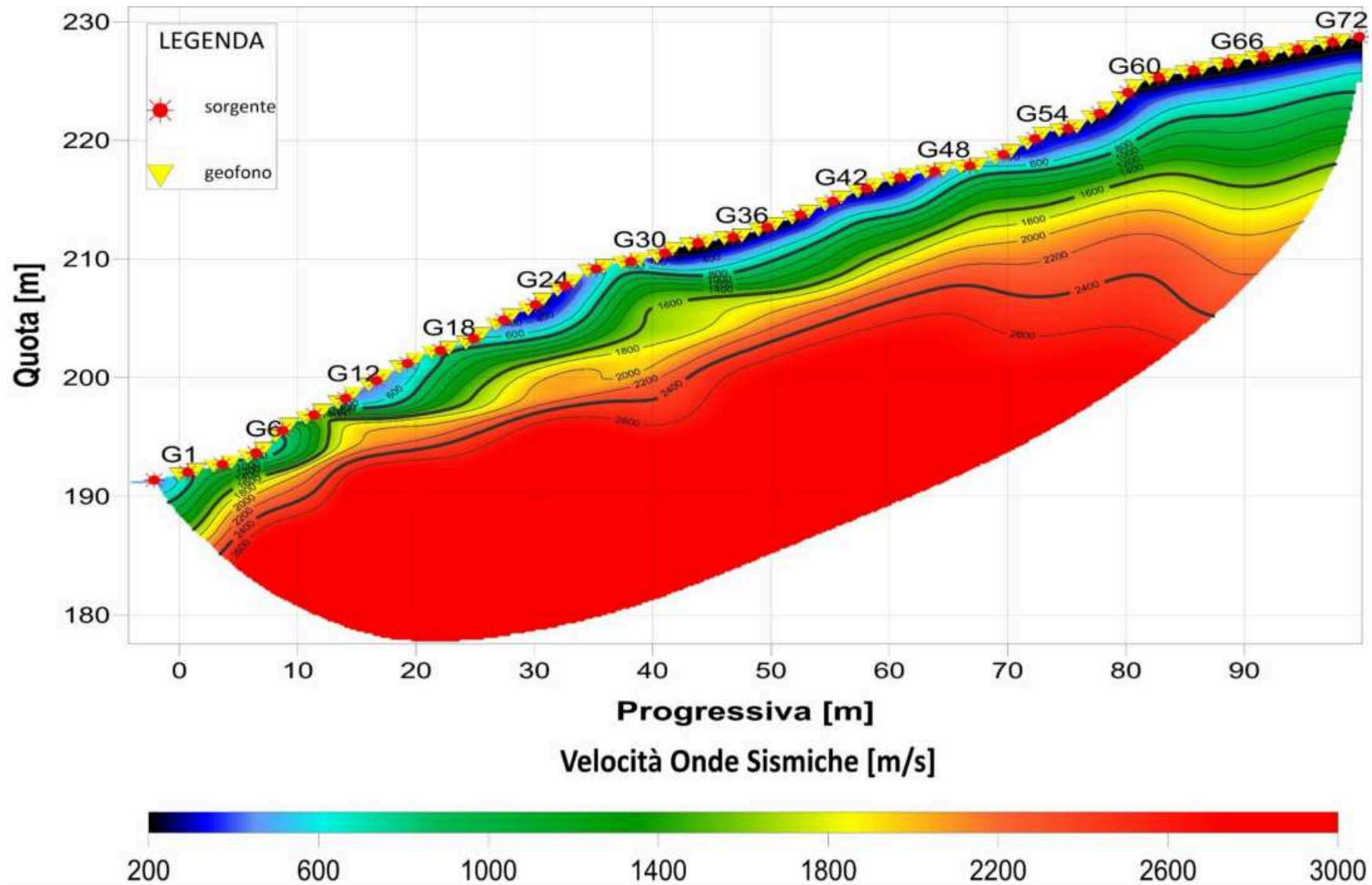


Figura 10 - Sezione Tomografica della linea sismica Sism04