

## S.S.n. 106 "Ter"

Lavori occorrenti per la realizzazione della manovra di uscita e della viabilità complanare per il collegamento funzionale tra la SS 106 "Ter" e la viabilità per l'Aeroporto di Reggio Calabria in corrispondenza dello Svincolo di "Malderiti" e Rampa in direzione Sud di immissione sulla SS106 "Ter"

### PROGETTO DEFINITIVO-ESECUTIVO



#### PROGETTISTI

Ing. Roberta Maria IANNOLO  
Geom. Antonio CANNATA'



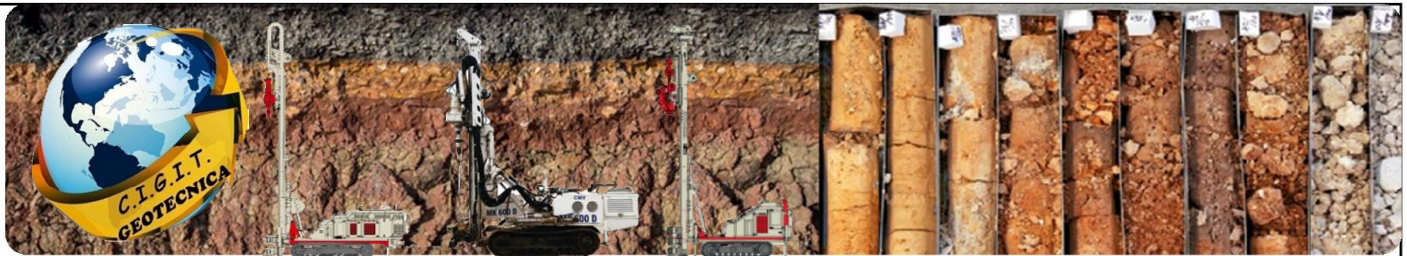
#### RUP

Ing. Antonella PIRROTTA

### Documentazione indagini geofisiche

PROGETTO	LIV. PROG	N. PROG.	FASE	COD. ELABORATO	REVISIONE	SCALA
CZ001Z	E	2201	PE	V00GE00GEORE04_A	A	

REVISIONE	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO



C. I. G. I. T Soc. Coop.

UNI EN ISO9001:2015-Certificato n. 663/19/Q



ANAS S.p.A

**Indagine geognostica per la realizzazione della manovra in uscita e della viabilità complanare per il collegamento funzionale tra la "ex S.S. 106 ter" e la viabilità per l'Aeroporto di Reggio Calabria in corrispondenza dello svincolo "Malderiti".**



Elaborati:

- Sondaggi geognostici
- Prove in situ
- Analisi chimiche
- Indagini Sismiche
- Indagine Laboratorio Terre

**C.I.G.I.T. Soc. Coop**  
Il Legale Rappresentante  
Ing. Aloj Salvatore Francesco

San Floro: 17 Dicembre 2021



Loc. Andreotta Zona PIP 88021 San Floro (CZ)



Tel/Fax 0961951412



[cigit@cigit.it](mailto:cigit@cigit.it)





### Premessa

La **C.I.G.I.T.** Società Cooperativa è aggiudicataria della gara di appalto per la **“Realizzazione della manovra in uscita e della viabilità complanare per il collegamento funzionale tra la “ex S.S. 106 ter” e la viabilità per l'Aeroporto di Reggio Calabria in corrispondenza dello svincolo "Malderiti"”**.

I lavori hanno previsto un programma di indagine geognostica consistente nell'esecuzione di sondaggi geotecnici, indagine sismica MASW, indagine sismica a Rifrazione, indagine sismica HVSR e indagine di laboratorio terre di cui si forniscono i risultati nel presente allegato.

### Indagini

Il programma delle indagini, eseguite con sonda meccanica Comacchio MC 900P matricola n. 1512/2010 conforme alla direttiva 2000/14/CE:

- Potenza netta installata: 126Kw
- Livello potenza acustica misurata LwA: 105 dB(A)
- Livello potenza acustica garantita LwA: 106 dB (A)

ha previsto n° 2 sondaggi ad andamento verticale a carotaggio continuo spinti fino alla profondità max di mt. 20 in corrispondenza dell'area interessata e indicata dalla D. L.

Per ogni sondaggio eseguito sono state redatte le stratigrafie del terreno indagato, riportando la profondità raggiunta e annotando, se presente, il livello della falda acquifera,

Nel corso delle operazioni di perforazione è stata eseguita la caratterizzazione stratigrafica, catalogando i campioni in apposite cassette e sono stati prelevati n. 5 campioni indisturbati riportati in **Tab: II** sui quali sono state eseguite le analisi presso il laboratorio terre della scrivente Società.

A perforazione ultimata il sondaggio denominato “S1” è stato attrezzato con l'installazione di tubazione piezometrica, a tubo aperto, in pvc per poter permettere il monitoraggio dell'escursione della falda acquifera. Il piezometro, costituito da tubi in pvc di diametro  $\varnothing$  40, è stato finestrato con la realizzazione di appropriate asole in quantità sufficiente, per la parte sotto il livello di falda, e ciechi per il tratto superiore.

Attorno al tratto finestrato del tubo piezometrico si è proceduto con la posa di ghiaietto siliceo vagliato e selezionato per realizzare un adeguato filtro drenante. E' stato eseguito, inoltre, un tampone impermeabile cementando il primo metro di perforazione a partire dal piano campagna.

A protezione della postazione piezometrica è stato installato il pozzetto in pvc.



### Esecuzione delle indagini geotecniche

*Tab. I - Sondaggi meccanici*

Sondaggio	Prof. p. c. (m)
S1	20.00
S2	15.00

*Tab. II Elenco campioni indisturbati*

Sondaggio	Campione	Prof. p.c
S1	C1	2.20-2.70
	C2	8.00-8.60
	C3	14.40-15.00
S2	C1	2.00-2.60
	C2	10.40-11.00

### Standard Penetration Test

Nel corso delle perforazioni sono state eseguite, nel foro di sondaggio, secondo la procedura standard, n. 6 prove SPT (Standard Penetration Test) secondo le metodiche di cui alle norme ASTM 1586.84, con punta conica, maglio di 63,5 Kg e volata di 760 mm. Prima dell'esecuzione della prova, il foro è stato accuratamente pulito; quindi, si è proceduto all'infissione preliminare, annotando il numero di colpi necessari per la penetrazione dei primi 15 cm nel terreno; infine, si è dato inizio alla prova vera e propria che prevede una infissione di 30 cm, annotando, separatamente, il numero di colpi necessari alla penetrazione dei secondi e dei terzi 15 cm.

Nella **Tab. III** viene riportato il numero di colpi  $N_{SPT}$  e la profondità d'esecuzione della prova. Inoltre, il numero di colpi  $N_{SPT}$ , può essere facilmente correlato, attraverso alcune formulazioni empiriche, alle caratteristiche di resistenza a taglio del terreno.



RELAZIONE SULLE INDAGINI

**Tab. III** - Sintesi dei risultati delle prove SPT

SONDAGGIO	Nspt(30)
S1 prof.mt. 2.70-3.15	51
S1 prof.mt. 6.00-6.45	59
S1 prof.mt. 10.00-10.45	23
S1 prof.mt. 15.00-15.45	37
S2 prof.mt. 2.60-3.05	27
S2 prof.mt. 11.00-11.45	27

San Floro, 07 Dicembre 2021

**C. I. G. I. T. Soc. Coop.**

Ing. Salvatore Aloï

**C.I.G.I.T. Soc. Coop.**  
Il Legale Rappresentante  
Ing. Aloï Salvatore Francesco



Committente: ANAS S.P.A.	Sondaggio: S1
Riferimento: Collegamento SS 106 Ter e Viabilità aeroporto RC svincolo Malderiti (RC)	Data: 22/11/2021
Coordinate:	Quota: 20.00 mt.
Perforazione: Carotaggio continuo con sonda Comacchio MC 900P	

SCALA 1:100

**STRATIGRAFIA - S1**

Pagina 1/1

ø mm	R V	metri batt.	LITOLOGIA	Prel. % 0 --- 100	prof. m	Spess. m	DESCRIZIONE	Campioni	Standard Penetration Test			A	Pz
									m	S.P.T.	N		
							Riporto antropico caoticizzato con, a tratti, resti vegetali.						
		1											
		2			2,0	2,0	Sabbie di colore bruno-grigiastro con frazione ghiaiosa. Si rileva, altresì, variabile matrice limosa ed inclusi ciottolosi di varia forma e pezzatura.	1) She < 2,20 2,70					
		3							2,7	16-21-30	51		
		4											
		5											
		6			6,4	4,4			6,0	7-30-29	59		
		7			7,1	0,7	Intercalazione sabbioso-ghiaiosa di colore brunastro a granulometria grossolana.						
		8					Sabbie di colore bruno-rossastro a granulometria variabile con frequenti inclusi ghiaiosi e ciottolosi. Si rileva debole matrice limosa.	2) She < 8,00 8,60					
		9											
		10			9,9	2,8			10,0	9-13-10	23		
		11					Sabbie a granulometria medio-fine di colore variabile dal bruno-rossastro al bruno-gilllastro. Si rileva debole componente limosa.						
		12											
		13			13,4	3,5							
		14			14,1	0,7	Intercalazione ghiaiosa con matrice sabbiosa						
		15					Sabbie a granulometria media fine di colore variabile dal bruno grigiastro al bruno giallastro.	3) She < 14,40 15,00					
		16							15,0	15-18-19	37		
		17											
		18											
		19											
101		20			20,0	5,9							





Committente: ANAS S.P.A.

Sondaggio: S1

Riferimento: Collegamento SS 106 Ter e Viabilità aeroporto RC svincolo Malderiti (RC) Data: 22/11/2021

Fotografie - Pagina 1/2

Pagina 1



Cassetta n° 1 - profondità da m 0,00 a m 5,00



Cassetta n° 2 - profondità da m 5,00 a m 10,00





Committente: ANAS S.P.A.

Sondaggio: S1

Riferimento: Collegamento SS 106 Ter e Viabilità aeroporto RC svincolo Malderiti (RC) Data: 22/11/2021

Fotografie - Pagina 2/2

Pagina 2



Cassetta n° 3 - profondità da m 10,00 a m 15,00



Cassetta n° 4 - profondità da m 15,00 a m 20,00



Committente: ANAS S.P.A.	Sondaggio: S2
Riferimento: Collegamento SS 106 Ter e Viabilità aeroporto RC svincolo Malderiti (RC)	Data: 29/11/2021
Coordinate:	Quota: 15.00 mt.
Perforazione: Carotaggio continuo con sonda Comacchio MC 900P	

ø mm	R v	metri batt.	LITOLOGIA	Prel. % 0 --- 100	prof. m	Spess. m	DESCRIZIONE	Campioni	Standard Penetration Test			
									m	S.P.T.	N	A
		1					Riporto antropico caoticizzato.					
		2			2.0	2.0	Sabbie di colore bruno-grigiastro con frazione ghiaiosa. Si rileva, altresì, variabile matrice limosa ed inclusi ciottolosi di varia forma e pezzatura.	1) She < $\begin{matrix} 2.00 \\ 2.60 \end{matrix}$		2,6	12-12-15	27
		3										
		4										
		5										
		6										
		7										
		8			8.0	6.0	Sabbie a granulometria medio-fine di colore variabile dal grigiastro al bruno giallastro. Si rileva debole componente limosa.					
		9										
		10										
		11						2) She < $\begin{matrix} 10.40 \\ 11.00 \end{matrix}$		11,0	10-13-14	27
		12										
		13										
		14										
101		15			15.0	7.0						



Committente: ANAS S.P.A.

Sondaggio: S2

Riferimento: Collegamento SS 106 Ter e Viabilità aeroporto RC svincolo Malderiti (RC) Data: 29/11/2021

Fotografie - Pagina 1/2

Pagina 1



Cassetta n° 1 - profondità da m 0,00 a m 5,00



Cassetta n° 2 - profondità da m 5,00 a m 10,00



Loc. Andreotta Area PIP 88021 San Floro (CZ)

Tel/Fax 0961951412-cigit@cigit.it

<http://www.cigitcoop.com> p.iva 00821600798

Committente: ANAS S.P.A.

Sondaggio: S2

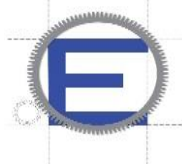
Pagina 2

Fotografie - Pagina 2/2

Riferimento: Collegamento SS 106 Ter e Viabilità aeroporto RC svincolo Malderiti (RC) Data: 29/11/2021



Cassetta n° 3 - profondità da m 10,00 a m 15,00



UNI EN ISO9001:2015-Certificato n. 663/19/Q

**ANAS S.P.A.**



Oggetto: “Collegamento SS 106 Ter e Viabilità aeroporto RC  
svincolo Malderiti (RC)”.

**Certificati:**  
dal n° 1661 al n° 1665  
n°1711

**PROVE DI LABORATORIO**  
(Settore Terre)

**Data emissione:**  
14.12.2021  
21.12.2021

*Direttore del Laboratorio*  
**Ing. Salvatore Aloï**

**C.I.G.I.T. Soc. Coop**  
Il Legale Rappresentante  
Ing. Aloï Salvatore Francesco

*Sperimentatore*  
**Geom. Salvatore Fulciniti**





COMMITTENTE: ANAS S.P.A.		
RIFERIMENTO: Collegamento SS 106 Ter e Viabilità aeroporto RC svincolo Malderiti (RC)		
SONDAGGIO: S1	CAMPIONE: C1	PROFONDITA': m 2.2-2.7

MODULO RIASSUNTIVOCARATTERISTICHE FISICHE

Umidità naturale	14,7	%
Peso di volume	17,5	kN/m <sup>3</sup>
Peso di volume secco	15,3	kN/m <sup>3</sup>
Peso di volume saturo	19,4	kN/m <sup>3</sup>
Peso specifico	26,3	kN/m <sup>3</sup>
Indice dei vuoti	0,722	
Porosità	41,9	%
Grado di saturazione	54,5	%
Limite di liquidità		%
Limite di plasticità		%
Indice di plasticità		%
Indice di consistenza		
Passante al set. n° 40		
Limite di ritiro		%
CNR-UNI 10006/00		

ANALISI GRANULOMETRICA

Ghiaia	13,4	%
Sabbia	66,6	%
Limo	17,1	%
Argilla	2,9	%
D 10	0,015946	mm
D 50	0,526037	mm
D 60	0,768094	mm
D 90	2,614878	mm
Passante set. 10	86,6	%
Passante set. 42	44,1	%
Passante set. 200	22,4	%

PERMEABILITA'

Coefficiente k	cm/sec
----------------	--------

COMPRESSIONE

$\sigma$	kPa	$\sigma$ Rim	kPa
$C_u$	kPa	$C_u$ Rim	kPa

TAGLIO DIRETTO

Prova consolidata-lenta					
$c'$	5,9	kPa	$\phi'$	32,1	°
$c'$ Res		kPa	$\phi'$ Res		°

COMPRESSIONE TRIASSIALE

C.D.	$C_d$	kPa	$\phi_d$	°
C.U.	$C'_{cu}$	kPa	$\phi'_{cu}$	°
	$C_{cu}$	kPa	$\phi_{cu}$	°
U.U.	$C_u$	kPa	$\phi_u$	°

PROVA EDOMETRICA

$\sigma$ kPa	E kPa	$C_v$ cm <sup>2</sup> /sec	k cm/sec

Sabbia limosa e ghiaiosa

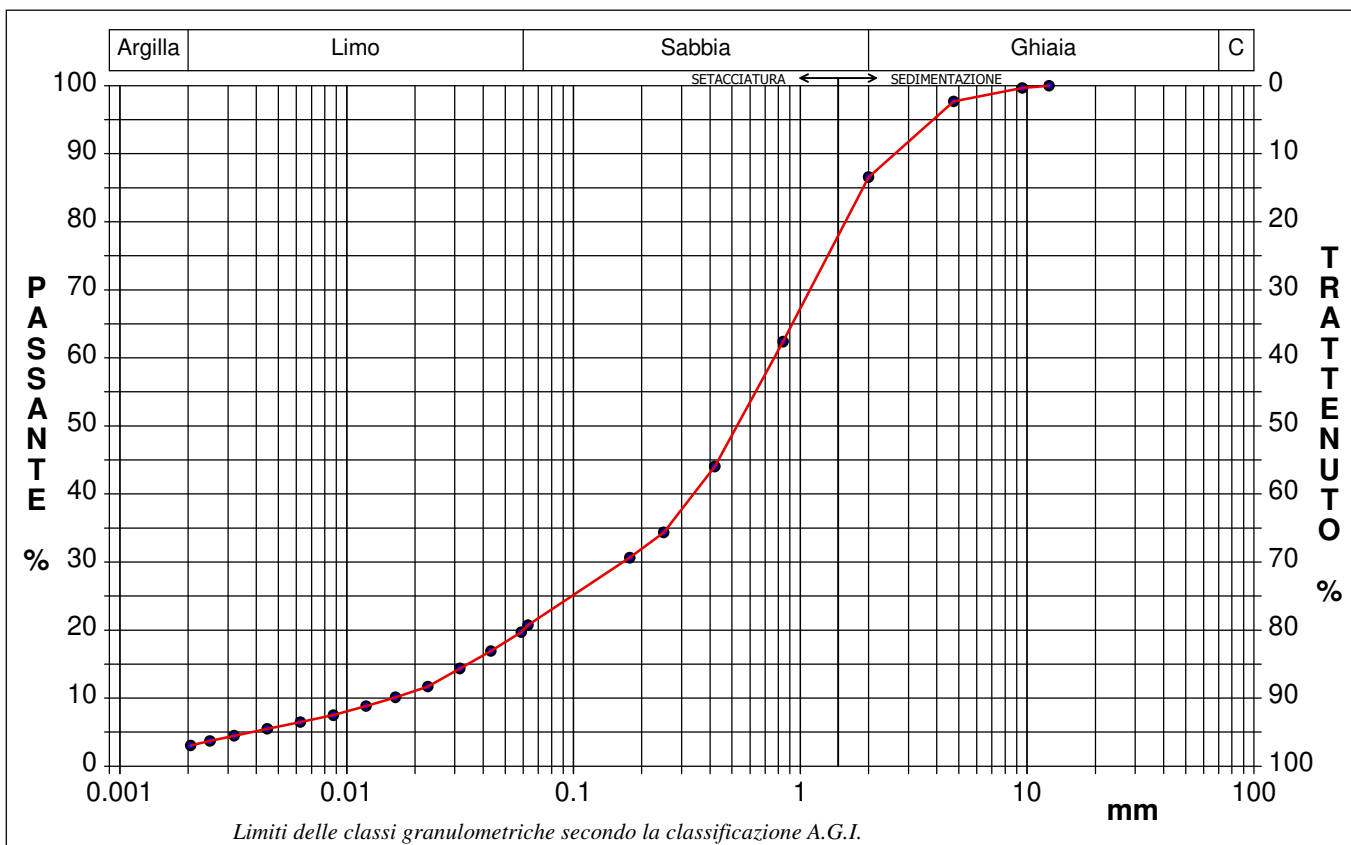


CERTIFICATO DI PROVA N°: 01661	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 14/12/21	Inizio analisi: 01/12/21
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 98 del 29/11/21		Apertura campione: 30/11/21	Fine analisi: 03/12/21

COMMITTENTE: ANAS S.P.A.		
RIFERIMENTO: Collegamento SS 106 Ter e Viabilità aeroporto RC svincolo Malderiti (RC)		
SONDAGGIO: S1	CAMPIONE: C1	PROFONDITA': m 2.2-2.7

ANALISI GRANULOMETRICA

Argilla	2,9 %	Passante setaccio 200 (0.075 mm)	22,4 %	D10	0,01595 mm
Limo	17,1 %	Passante setaccio 40 (0.42 mm)	44,1 %	D30	0,16569 mm
Sabbia	66,6 %	Passante setaccio 10 (2 mm)	86,6 %	D50	0,52604 mm
Ghiaia	13,4 %			D60	0,76809 mm
Coefficiente di uniformità		48,17	Coefficiente di curvatura		2,24
				D90	2,61488 mm



Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %
0,0021	3,04	0,0087	7,49	0,0432	16,92	0,4200	44,05	12,5000	100,00
0,0025	3,70	0,0122	8,83	0,0589	19,69	0,8410	62,40		
0,0032	4,47	0,0164	10,13	0,0630	20,74	2,0000	86,55		
0,0045	5,50	0,0228	11,70	0,1770	30,63	4,7500	97,68		
0,0063	6,47	0,0316	14,36	0,2500	34,35	9,5200	99,65		

Sabbia limosa e ghiaiosa



<b>CERTIFICATO DI PROVA N°: 01711</b>	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 21/12/21	Inizio analisi: 01/12/21
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 98 del 29/11/21		Apertura campione: 30/11/21	Fine analisi: 06/12/21

COMMITTENTE: ANAS S.P.A.		
RIFERIMENTO: Collegamento SS 106 Ter e Viabilità aeroporto RC svincolo Malderiti (RC)		
SONDAGGIO: S1	CAMPIONE: C1	PROFONDITA': m 2.2-2.7

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Provino n°:	1	2	3
Condizione del provino:	Indisturbato	Indisturbato	Indisturbato
Pressione verticale (kPa):	98	196	294
Tensione a rottura (kPa):	73	123	196
Deformazione orizzontale a rottura (mm):	4,65	2,08	4,06
Deformazione verticale a rottura (mm):	0,03	-0,06	-0,10
Umidità naturale (%):	14,6	15,1	14,8
Peso di volume (kN/m³):	17,6	17,5	17,3

DIAGRAMMA  
Tensione - Pressione verticale

Tipo di prova:	Consolidata - lenta
Velocità di deformazione:	0,006 mm / min
Tempo di consolidazione (ore):	24

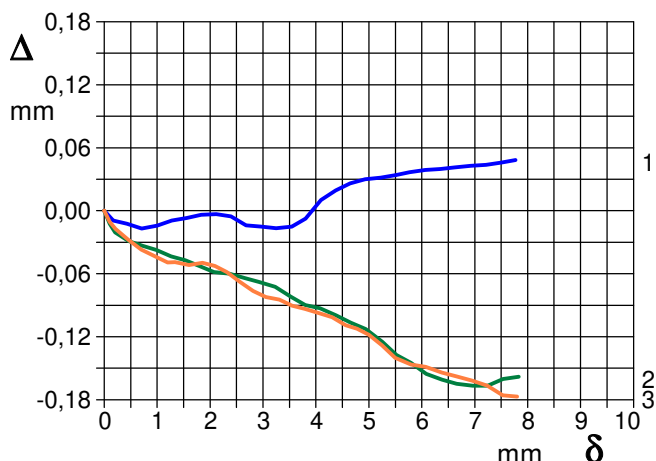
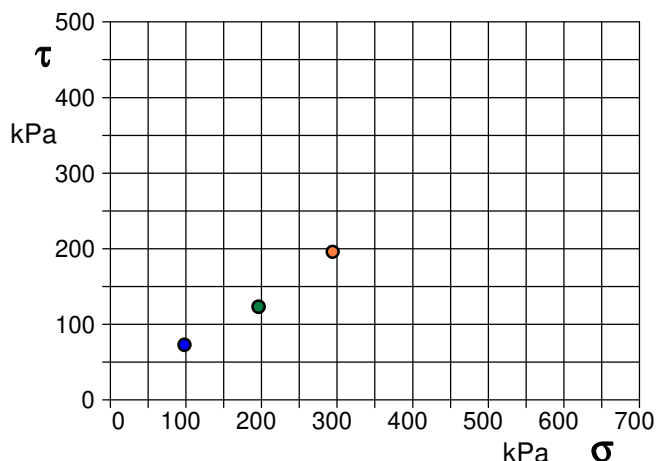


DIAGRAMMA Deform. vert. - Deform. orizz.

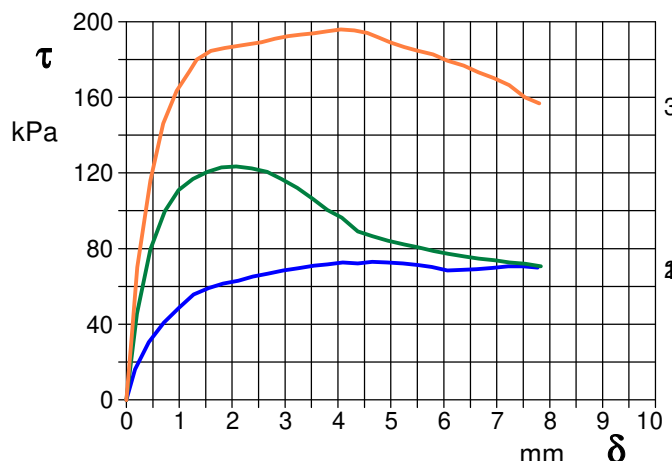


DIAGRAMMA Tensione - Deformaz. orizz.

Sabbia limosa e ghiaiosa

Prova eseguita con materiale passante al setaccio N° 4 (mm 4,75)







COMMITTENTE: ANAS S.P.A.		
RIFERIMENTO: Collegamento SS 106 Ter e Viabilità aeroporto RC svincolo Malderiti (RC)		
SONDAGGIO: S1	CAMPIONE: C2	PROFONDITA': m 8.0-8.6

MODULO RIASSUNTIVOCARATTERISTICHE FISICHE

Umidità naturale	12,3	%
Peso di volume	18,0	kN/m <sup>3</sup>
Peso di volume secco	16,0	kN/m <sup>3</sup>
Peso di volume saturo	19,8	kN/m <sup>3</sup>
Peso specifico	26,2	kN/m <sup>3</sup>
Indice dei vuoti	0,634	
Porosità	38,8	%
Grado di saturazione	51,6	%
Limite di liquidità		%
Limite di plasticità		%
Indice di plasticità		%
Indice di consistenza		
Passante al set. n° 40		
Limite di ritiro		%
CNR-UNI 10006/00		

ANALISI GRANULOMETRICA

Ghiaia	14,8	%
Sabbia	71,4	%
Limo	11,6	%
Argilla	2,2	%
D 10	0,043602	mm
D 50	0,552628	mm
D 60	0,779187	mm
D 90	3,061060	mm
Passante set. 10	85,2	%
Passante set. 42	42,0	%
Passante set. 200	16,5	%

PERMEABILITA'

Coefficiente k	cm/sec
----------------	--------

COMPRESSIONE

$\sigma$	kPa	$\sigma$ Rim	kPa
$c_u$	kPa	$c_u$ Rim	kPa

TAGLIO DIRETTO

Prova consolidata-lenta			
$c'$	kPa	$\phi'$	°
$c'$ Res	kPa	$\phi'$ Res	°

COMPRESSIONE TRIASSIALE

C.D.	$c_d$	kPa	$\phi_d$	°
C.U.	$c'_{cu}$	kPa	$\phi'_{cu}$	°
	$c_{cu}$	kPa	$\phi_{cu}$	°
U.U.	$c_u$	kPa	$\phi_u$	°

PROVA EDOMETRICA

$\sigma$ kPa	E kPa	$C_v$ cm <sup>2</sup> /sec	k cm/sec

Sabbia ghiaiosa limosa

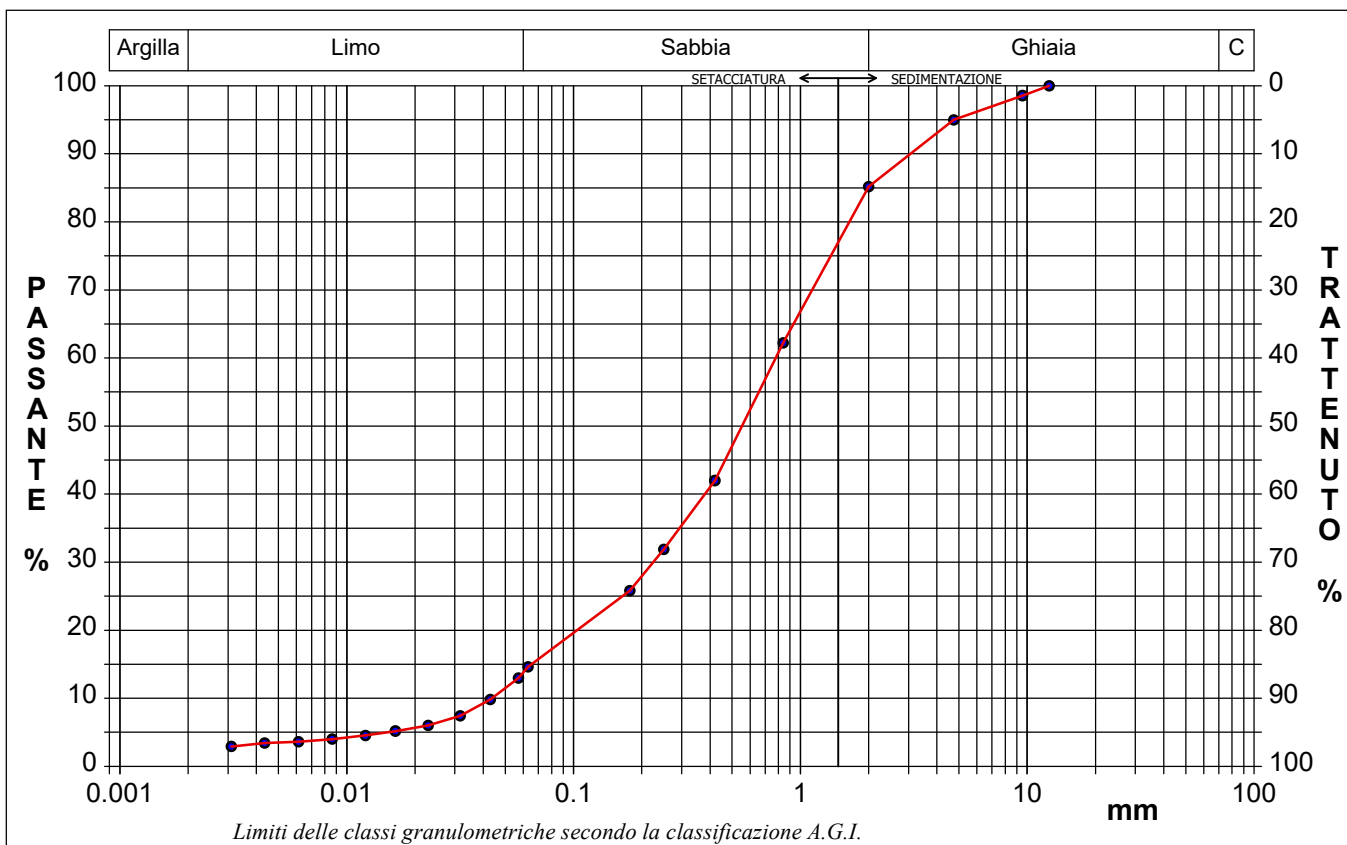


<b>CERTIFICATO DI PROVA N°: 01662</b>	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 14/12/21	Inizio analisi: 30/11/21
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 98 del 29/11/21		Apertura campione: 30/11/21	Fine analisi: 03/12/21

COMMITTENTE: ANAS S.P.A.			
RIFERIMENTO: Collegamento SS 106 Ter e Viabilità aeroporto RC svincolo Malderiti (RC)			
SONDAGGIO: S1	CAMPIONE: C2	PROFONDITA': m	8.0-8.6

ANALISI GRANULOMETRICA

Argilla	2,2 %	Passante setaccio 200 (0.075 mm)	16,5 %	D10	0,04360 mm	
Limo	11,6 %	Passante setaccio 40 (0.42 mm)	42,0 %	D30	0,22477 mm	
Sabbia	71,4 %	Passante setaccio 10 (2 mm)	85,2 %	D50	0,55263 mm	
Ghiaia	14,8 %			D60	0,77919 mm	
Coefficiente di uniformità		17,87	Coefficiente di curvatura	1,49	D90	3,06106 mm



Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %
0,0031	2,92	0,0164	5,18	0,0630	14,61	2,0000	85,17		
0,0043	3,45	0,0229	6,01	0,1770	25,79	4,7500	94,99		
0,0061	3,62	0,0316	7,44	0,2500	31,87	9,5200	98,55		
0,0086	4,01	0,0429	9,83	0,4200	42,01	12,5000	100,00		
0,0121	4,53	0,0571	12,98	0,8410	62,22				

Sabbia ghiaiosa limosa



COMMITTENTE: ANAS S.P.A.		
RIFERIMENTO: Collegamento SS 106 Ter e Viabilità aeroporto RC svincolo Malderiti (RC)		
SONDAGGIO: S1	CAMPIONE: C3	PROFONDITA': m 14.4-15.0

MODULO RIASSUNTIVOCARATTERISTICHE FISICHE

Umidità naturale	14,6	%
Peso di volume	18,3	kN/m <sup>3</sup>
Peso di volume secco	16,0	kN/m <sup>3</sup>
Peso di volume saturo	19,9	kN/m <sup>3</sup>
Peso specifico	26,4	kN/m <sup>3</sup>
Indice dei vuoti	0,652	
Porosità	39,5	%
Grado di saturazione	60,2	%
Limite di liquidità		%
Limite di plasticità		%
Indice di plasticità		%
Indice di consistenza		
Passante al set. n° 40		
Limite di ritiro		%
CNR-UNI 10006/00		

ANALISI GRANULOMETRICA

Ghiaia	9,7	%
Sabbia	64,6	%
Limo	22,3	%
Argilla	3,4	%
D 10	0,018550	mm
D 50	0,134095	mm
D 60	0,193241	mm
D 90	1,893978	mm
Passante set. 10	90,3	%
Passante set. 42	75,5	%
Passante set. 200	32,7	%

PERMEABILITA'

Coefficiente k	cm/sec
----------------	--------

COMPRESSIONE

$\sigma$	kPa	$\sigma$ Rim	kPa
$c_u$	kPa	$c_u$ Rim	kPa

TAGLIO DIRETTO

Prova consolidata-lenta			
$c'$	kPa	$\phi'$	°
$c'$ Res	kPa	$\phi'$ Res	°

COMPRESSIONE TRIASSIALE

C.D.	$c_d$	kPa	$\phi_d$	°
C.U.	$c'_{cu}$	kPa	$\phi'_{cu}$	°
	$c_{cu}$	kPa	$\phi_{cu}$	°
U.U.	$c_u$	kPa	$\phi_u$	°

PROVA EDOMETRICA

$\sigma$ kPa	E kPa	$C_v$ cm <sup>2</sup> /sec	k cm/sec

Sabbia limosa debolmente ghiaiosa

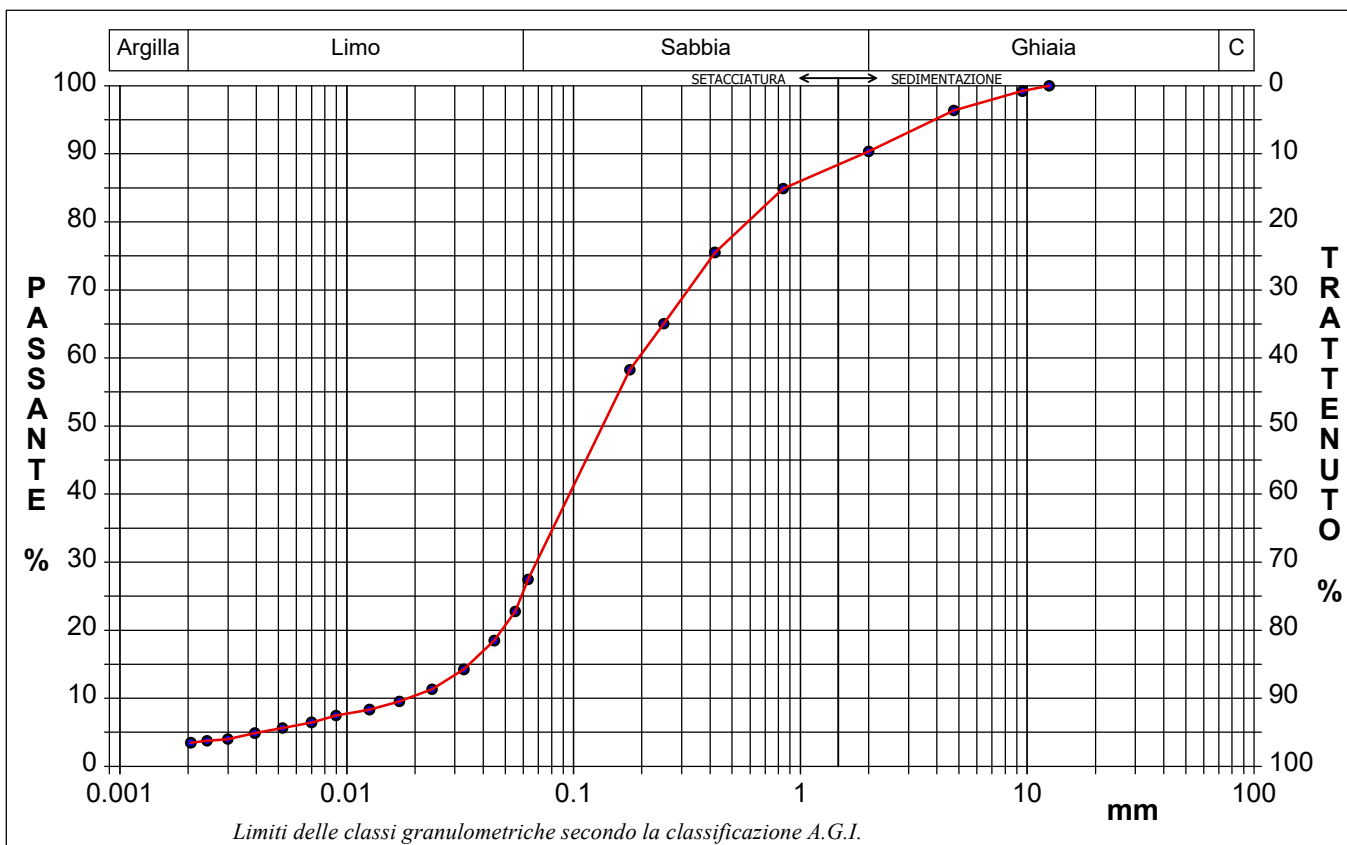


<b>RAPPORTO DI PROVA N°: 01663</b>	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 14/12/21	Inizio analisi: 30/11/21
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 98 del 29/11/21		Apertura campione: 30/11/21	Fine analisi: 03/12/21

COMMITTENTE: ANAS S.P.A.
RIFERIMENTO: Collegamento SS 106 Ter e Viabilità aeroporto RC svincolo Malderiti (RC)
SONDAGGIO: S1                                      CAMPIONE: C3                                      PROFONDITA': m 14.4-15.0

ANALISI GRANULOMETRICA

Argilla	3,4 %	Passante setaccio 200 (0.075 mm)	32,7 %	D10	0,01855 mm
Limo	22,3 %	Passante setaccio 40 (0.42 mm)	75,5 %	D30	0,06861 mm
Sabbia	64,6 %	Passante setaccio 10 (2 mm)	90,3 %	D50	0,13409 mm
Ghiaia	9,7 %			D60	0,19324 mm
Coefficiente di uniformità	10,42	Coefficiente di curvatura	1,31	D90	1,89398 mm



Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %
0,0021	3,47	0,0070	6,45	0,0329	14,23	0,2500	65,03	9,5200	99,23
0,0024	3,74	0,0090	7,46	0,0447	18,50	0,4200	75,51	12,5000	100,00
0,0030	4,01	0,0126	8,34	0,0554	22,76	0,8410	84,89		
0,0039	4,89	0,0171	9,56	0,0630	27,46	2,0000	90,34		
0,0052	5,64	0,0238	11,32	0,1770	58,28	4,7500	96,36		

Sabbia limosa debolmente ghiaiosa



COMMITTENTE: ANAS S.P.A.		
RIFERIMENTO: Collegamento SS 106 Ter e Viabilità aeroporto RC svincolo Malderiti (RC)		
SONDAGGIO: S2	CAMPIONE: C1	PROFONDITA': m 2.0-2.6

MODULO RIASSUNTIVOCARATTERISTICHE FISICHE

Umidità naturale	12,9	%
Peso di volume	17,4	kN/m <sup>3</sup>
Peso di volume secco	15,4	kN/m <sup>3</sup>
Peso di volume saturo	19,5	kN/m <sup>3</sup>
Peso specifico	26,3	kN/m <sup>3</sup>
Indice dei vuoti	0,703	
Porosità	41,3	%
Grado di saturazione	49,2	%
Limite di liquidità		%
Limite di plasticità		%
Indice di plasticità		%
Indice di consistenza		
Passante al set. n° 40		
Limite di ritiro		%
CNR-UNI 10006/00		

ANALISI GRANULOMETRICA

Ghiaia	17,0	%
Sabbia	68,6	%
Limo-Argilla	14,4	%
D 10	0,037042	mm
D 50	0,559971	mm
D 60	0,791556	mm
D 90	3,165467	mm
Passante set. 10	83,0	%
Passante set. 42	41,7	%
Passante set. 200	16,7	%

PERMEABILITA'

Coefficiente k	cm/sec
----------------	--------

COMPRESSIONE

$\sigma$	kPa	$\sigma$ Rim	kPa
$c_u$	kPa	$c_u$ Rim	kPa

TAGLIO DIRETTO

Prova consolidata-lenta			
$c'$	kPa	$\phi'$	°
$c'$ Res	kPa	$\phi'$ Res	°

COMPRESSIONE TRIASSIALE

C.D.	$c_d$	kPa	$\phi_d$	°
C.U.	$c'_{cu}$	kPa	$\phi'_{cu}$	°
	$c_{cu}$	kPa	$\phi_{cu}$	°
U.U.	$c_u$	kPa	$\phi_u$	°

PROVA EDOMETRICA

$\sigma$ kPa	E kPa	$C_v$ cm <sup>2</sup> /sec	k cm/sec

Sabbia ghiaiosa e limosa

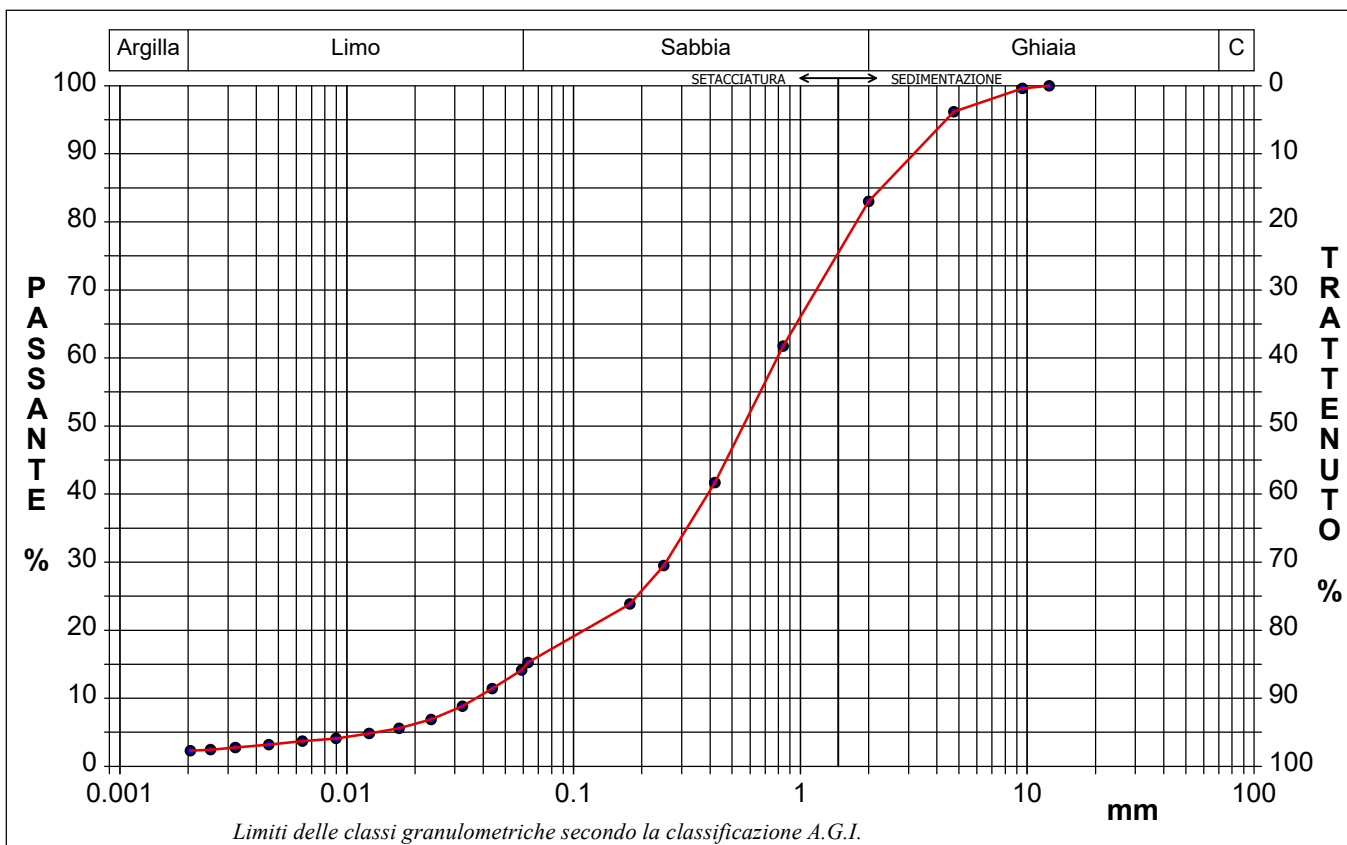


<b>CERTIFICATO DI PROVA N°: 01664</b>	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 14/12/21	Inizio analisi: 02/12/21
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 99 del 30/11/21		Apertura campione: 01/12/21	Fine analisi: 06/12/21

COMMITTENTE: ANAS S.P.A.			
RIFERIMENTO: Collegamento SS 106 Ter e Viabilità aeroporto RC svincolo Malderiti (RC)			
SONDAGGIO: S2	CAMPIONE: C1	PROFONDITA': m	2.0-2.6

ANALISI GRANULOMETRICA

Limo-Argilla	14,4 %	Passante setaccio 200 (0.075 mm)	16,7 %	D10	0,03704 mm
Sabbia	68,6 %	Passante setaccio 40 (0.42 mm)	41,7 %	D30	0,25527 mm
Ghiaia	17,0 %	Passante setaccio 10 (2 mm)	83,0 %	D50	0,55997 mm
				D60	0,79156 mm
				D90	3,16547 mm
Coefficiente di uniformità		21,37	Coefficiente di curvatura		2,22



Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %
0,0020	2,30	0,0090	4,11	0,0438	11,44	0,4200	41,69	12,5000	100,00
0,0025	2,45	0,0126	4,82	0,0590	14,15	0,8410	61,75		
0,0032	2,76	0,0170	5,59	0,0630	15,26	2,0000	83,01		
0,0045	3,21	0,0236	6,89	0,1770	23,86	4,7500	96,17		
0,0064	3,70	0,0324	8,85	0,2500	29,51	9,5200	99,62		

Sabbia ghiaiosa e limosa



COMMITTENTE: ANAS S.P.A.			
RIFERIMENTO: Collegamento SS 106 Ter e Viabilità aeroporto RC svincolo Malderiti (RC)			
SONDAGGIO: S2	CAMPIONE: C2	PROFONDITA': m	10.40-11.00

MODULO RIASSUNTIVOCARATTERISTICHE FISICHE

Umidità naturale	15,8	%
Peso di volume	18,0	kN/m <sup>3</sup>
Peso di volume secco	15,6	kN/m <sup>3</sup>
Peso di volume saturo	19,6	kN/m <sup>3</sup>
Peso specifico	26,4	kN/m <sup>3</sup>
Indice dei vuoti	0,693	
Porosità	40,9	%
Grado di saturazione	61,3	%
Limite di liquidità		%
Limite di plasticità		%
Indice di plasticità		%
Indice di consistenza		
Passante al set. n° 40		
Limite di ritiro		%
CNR-UNI 10006/00		

ANALISI GRANULOMETRICA

Ghiaia		%
Sabbia	72,6	%
Limo	23,9	%
Argilla	3,5	%
D 10	0,018192	mm
D 50	0,092547	mm
D 60	0,108807	mm
D 90	0,176824	mm
Passante set. 10	100,0	%
Passante set. 42	98,9	%
Passante set. 200	37,0	%

PERMEABILITA'

Coefficiente k	cm/sec
----------------	--------

COMPRESSIONE

$\sigma$	kPa	$\sigma$ Rim	kPa
$C_u$	kPa	$C_u$ Rim	kPa

TAGLIO DIRETTO

Prova consolidata-lenta			
$c'$	kPa	$\phi'$	°
$c'$ Res	kPa	$\phi'$ Res	°

COMPRESSIONE TRIASSIALE

C.D.	$C_d$	kPa	$\phi_d$	°
C.U.	$C'_{cu}$	kPa	$\phi'_{cu}$	°
	$C_{cu}$	kPa	$\phi_{cu}$	°
U.U.	$C_u$	kPa	$\phi_u$	°

PROVA EDOMETRICA

$\sigma$ kPa	E kPa	$C_v$ cm <sup>2</sup> /sec	k cm/sec

Sabbia limosa



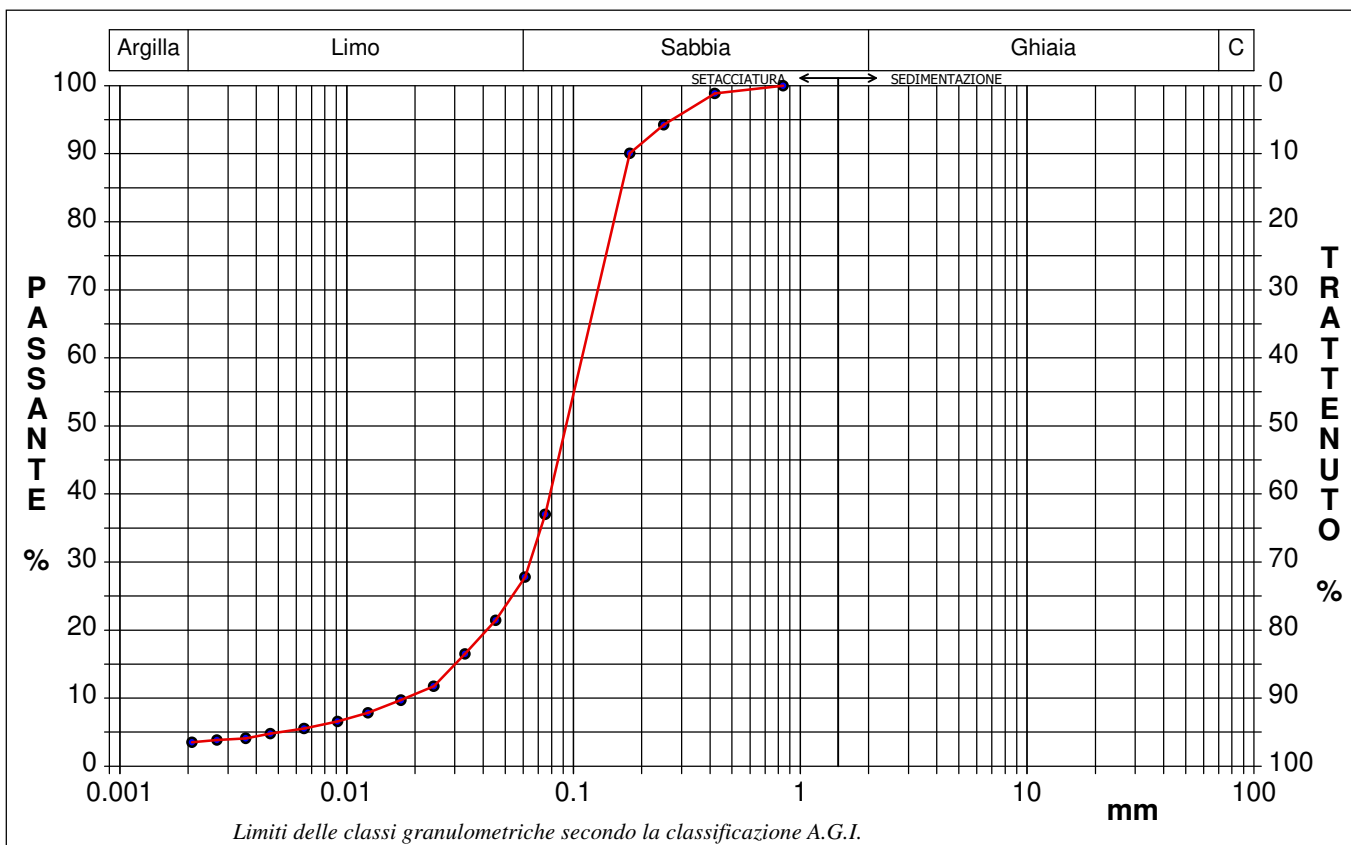


<b>CERTIFICATO DI PROVA N°: 01665</b>	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 14/12/21	Inizio analisi: 02/12/21
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 99 del 30/11/21		Apertura campione: 01/11/21	Fine analisi: 06/12/21

COMMITTENTE: ANAS S.P.A.			
RIFERIMENTO: Collegamento SS 106 Ter e Viabilità aeroporto RC svincolo Malderiti (RC)			
SONDAGGIO: S2	CAMPIONE: C2	PROFONDITA': m	10.40-11.00

**ANALISI GRANULOMETRICA**

Argilla	3,5 %	Passante setaccio 200 (0.075 mm)	37,0 %	D10	0,01819 mm	
Limo	23,9 %	Passante setaccio 40 (0.42 mm)	98,9 %	D30	0,06420 mm	
Sabbia	72,6 %	Passante setaccio 10 (2 mm)	100,0 %	D50	0,09255 mm	
Ghiaia	0,0 %			D60	0,10881 mm	
Coefficiente di uniformità		5,98	Coefficiente di curvatura	2,08	D90	0,17682 mm



Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %
0,0021	3,51	0,0091	6,57	0,0454	21,43	0,4200	98,86		
0,0027	3,85	0,0124	7,84	0,0611	27,80	0,8410	100,00		
0,0036	4,10	0,0173	9,71	0,0750	37,01				
0,0046	4,78	0,0242	11,75	0,1770	90,06				
0,0065	5,55	0,0332	16,50	0,2500	94,25				

Sabbia limosa

**C.I.G.I.T. GEOTECNICA**

Concessione n° 0000282 del 06/11/2020  
Decreto Ministero delle Infrastrutture e Trasporti  
per prove sui Terreni (Settore A)

Riferimento			Caratteristiche fisiche						Granulometria				Taglio diretto		DESCRIZIONE
Sond. n°	Camp. n°	Profondità m	W %	$\gamma$ kN/m <sup>3</sup>	$\gamma_{sec}$ kN/m <sup>3</sup>	$\gamma_{sat}$ kN/m <sup>3</sup>	$\gamma_s$ kN/m <sup>3</sup>	Sat. %	Ghiaia %	Sabbia %	Limo %	Argilla %	$\phi$ °	c kPa	
S1	C1	2.2-2.7	14,7	17,5	15,3	19,4	26,3	54,5	13,4	66,4	17,3	2,9	32,1	5,9	Sabbia limosa e ghiaiosa
S1	C2	8.0-8.6	12,3	18,0	16,0	20,1	26,2	51,6	14,8	71,4	11,6	2,2			Sabbia ghiaiosa limosa
S1	C3	14.4-15.0	14,6	18,3	16,0	19,9	26,4	60,2	9,7	64,6	22,3	3,4			Sabbia limosa debolmente ghiaiosa
S2	C1	2.0-2.6	12,9	17,4	15,5	19,5	26,3	49,2	17,0	68,6	14,4				Sabbia ghiaiosa e limosa
S2	C2	10.40-11.00	15,8	18,0	15,6	19,6	26,4	61,3		72,6	23,9	3,5			Sabbia limosa



POZZETTO P01



POZZETTO P01



Committente: ANAS S.P.A.

Sondaggio: S2

Riferimento: Collegamento SS 106 Ter e Viabilità aeroporto RC svincolo Malderiti (RC) Data: 29/11/2021

Fotografie - Pagina 2/5

Pagina 2



POZZETTO P01



POZZETTO P02



POZZETTO P02



POZZETTO P03



POZZETTO P03



Committente: ANAS S.P.A.

PRELIEVO CAMPIONI

Riferimento: Collegamento SS 106 Ter e Viabilità aeroporto RC svincolo Malderiti (RC) Data: 29/11/2021

Fotografie - Pagina 5/5

Pagina 5



CAMPIONI PRELEVATI



**Collegamento funzionale tra la "ex S.S. 106 ter" e la viabilità per l'Aeroporto di Reggio Calabria in corrispondenza dello svincolo "Malderiti."**

## **ANALISI CHIMICHE**



## Rapporto di Prova N. 2140/2021 del 07/12/2021

**Committente:** C.I.G.I.T. soc.coop.  
Loc Andreotta - zona P.I.P. 88050 San Floro (CZ)

**Prot. Numero:** 2140      **Data ricevimento:** 01/12/2021      **Data inizio prove:** 01/12/2021      **Data termine prove:** 07/12/2021  
**Descrizione Campione:** Terra da scavo pozzetto P01 - profondità 1,5 m  
**Note:** Dati dichiarati dal committente: descrizione campione. Difformità riscontrate:nessuna  
**Procedura Campionamento:** \*Campione consegnato dal cliente      **Data di Campionamento:** 01/12/2021

Prova	Valore	Unita	C.L. 1	C.L. 2	C.L. 3	Lim. ril.	Metodo
TEST DI CESSIONE D.M. 05/02/1998 All. 3 *							UNI EN 12457-2:2004
DATI DI PREPARAZIONE DELL' ELUATO:							
Frazione materiale non macinabile*	< 1	% m/m				1	UNI EN 12457-2:2004
Frazione di dimensioni eccedenti 4 mm*	<5	% m/m				5	UNI EN 12457-2:2004
Modalità di riduzione delle dimensioni*	Non necessaria					0	UNI EN 12457-2:2004
Massa della porzione di prova*	27,77	g				1,00	UNI EN 12457-2:2004
Volume di agente lisciviante*	249	ml				1	UNI EN 12457-2:2004
Temperatura*	19,8	°C				0,1	UNI EN 12457-2:2004
pH	7,1	unità pH				0,1	APAT CNR IRSA 2060 Man 29 2003
Conduttività	73	µS/cm				1	APAT CNR IRSA 2030 Man 29 2003
Test di cessione	Eseguito					0	UNI EN 12457-2:2004
Metodo di separazione liquido/solido: filtrazione su carta (0,45 µm). La prova in bianco è stata eseguita lo stesso giorno di preparazione dell'eluato.							
pH	7,1	unità pH		[5,5-12] <sup>(9)</sup>		0,1	APAT CNR IRSA 2060 Man 29 2003
Fluoruri	0,77	mg/l		1,5 <sup>(9)</sup>	15 <sup>(6)</sup>	0,10	UNI EN 12457-2:2004 + UNI EN ISO 10304-1:2009
Cloruri	< 10,0	mg/l	<sup>(8)</sup>	100 <sup>(9)</sup>	2.500 <sup>(6)</sup>	10,0	UNI EN 12457-2:2004 + UNI EN ISO 10304-1:2009
Nitrati	< 2,0	mg/l		50 <sup>(9)</sup>		2,0	UNI EN 12457-2:2004 + UNI EN ISO 10304-1:2009
Solfati	< 10,0	mg/l		250 <sup>(9)</sup>	5.000 <sup>(6)</sup>	10,0	UNI EN 12457-2:2004 + UNI EN ISO 10304-1:2009
Cianuri liberi *	<0,025	mg/l		0,05 <sup>(9)</sup>		0,025	UNI EN 12457-2:2004 + APAT CNR IRSA 4070 Man 29 2003
Arsenico	<0,0110	mg/l		0,05 <sup>(9)</sup>	0,2 <sup>(6)</sup>	0,0110	UNI EN 12457-2:2004 + UNI EN ISO 11885:2009
Bario	0,079	mg/l		1 <sup>(9)</sup>	10 <sup>(6)</sup>	0,050	UNI EN 12457-2:2004 + UNI EN ISO 11885:2009
Berillio	<0,002	mg/l		0,01 <sup>(9)</sup>		0,002	UNI EN 12457-2:2004 + UNI EN ISO 11885:2009
Cadmio	<0,0020	mg/l		0,005 <sup>(9)</sup>	0,1 <sup>(6)</sup>	0,0020	UNI EN 12457-2:2004 + UNI EN ISO 11885:2009
Cobalto	<0,0040	mg/l		0,25 <sup>(9)</sup>		0,0040	UNI EN 12457-2:2004 + UNI EN ISO 11885:2009
Cromo totale	0,0060	mg/l		0,05 <sup>(9)</sup>	1 <sup>(6)</sup>	0,0020	UNI EN 12457-2:2004 + UNI EN ISO 11885:2009
Mercurio *	<0,0001	mg/l		0,001 <sup>(9)</sup>	0,02 <sup>(6)</sup>	0,0001	UNI EN 12457-2:2004 + UNI EN ISO 12846:2013
Nichel	<0,0050	mg/l		0,01 <sup>(9)</sup>	1 <sup>(6)</sup>	0,0050	UNI EN 12457-2:2004 + UNI EN ISO 11885:2009



LAB N° 0994 L

## Rapporto di Prova N. 2140/2021 del 07/12/2021

Committente: C.I.G.I.T. soc.coop.

Prova	Valore	Unita	C.L. 1	C.L. 2	C.L. 3	Lim. ril.	Metodo
Piombo	0,0116	mg/l		0,05 <sup>(9)</sup>	1 <sup>(6)</sup>	0,0040	UNI EN 12457-2:2004 + UNI EN ISO 11885:2009
Rame	0,0100	mg/l		0,05 <sup>(9)</sup>	5 <sup>(6)</sup>	0,0100	UNI EN 12457-2:2004 + UNI EN ISO 11885:2009
Selenio *	<0,005	mg/l		0,01 <sup>(9)</sup>	0,05 <sup>(6)</sup>	0,005	UNI EN 12457-2 + ISS.DBB.034-07/31 pag.315
Vanadio	0,0183	mg/l		0,25 <sup>(9)</sup>		0,0030	UNI EN 12457-2:2004 + UNI EN ISO 11885:2009
Zinco	0,016	mg/l		3 <sup>(9)</sup>	5 <sup>(6)</sup>	0,010	UNI EN 12457-2:2004 + UNI EN ISO 11885:2009
Amianto Fibre *	<3	mg/l		30 <sup>(9)</sup>		3	UNI EN 12457-2:2004 + CNR IRSA Q 64 Vol 3 App IIB 1986
COD *	13	mg/l		30 <sup>(9)</sup>		10	APAT CNR IRSA 5130 Man 29 2003
Residuo a 105 °C	90,5	%			25 <sup>(44)</sup>	1,0	UNI EN 14346:2007, par. 6

(8) D.Lgs. 36/2003 e s.m.i. All. 4 Tab. 2

(9) D.M. 05/02/98 e s.m.i. All. 3

(44) D.Lgs. 36/2003 e s.m.i.

(6) D.Lgs. 36/2003 e s.m.i. All. 4 Tab. 5

\*prova non accreditata da ACCREDIA

### Giudizio non oggetto di accreditamento Accredia

Il campione in esame, presenta un test di cessione conforme all'all. 3 al D.M. 05/02/1998 e s.m.i.

**Il Direttore del Laboratorio**  
Dott. Chim. Gregorio Barbieri

**Il Responsabile del Settore Chimico**  
Dott. Chim. Emanuele Vizza

C.L.: Concentrazione Limite - Lim.Ril.: Limite di Quantificazione del metodo  
Il laboratorio opera in conformità con la norma UNI CEI EN ISO/IEC 17025.  
Aut. Min. Sanità Dip. Alimenti e Nutrizione 700/59.403  
Aut. Regione Calabria n° 4 Decreto n. 2624/2013.

Qualora non altrimenti specificato, l'analisi è da considerare come relativo a campione così come ricevuto dal committente. Pertanto l'ECOCONTROL S.r.l. non assume responsabilità alcuna circa la corrispondenza degli esiti analitici tra il campione in oggetto e la partita dalla quale esso proviene. Il residuo del campione viene conservato per 7 gg. dalla data della consegna del rapporto di prova e restituito al committente. Rapporto di prova valido a tutti gli effetti di legge, ai sensi del R.D. 1.3.1928 n.842, della L.19.7.1957 n.679.

I risultati contenuti nel presente rapporto si riferiscono esclusivamente al campione oggetto di analisi. Il rapporto di prova non può essere riprodotto parzialmente salvo autorizzazione scritta di Ecocontrol.

FINE DEL RAPPORTO DI PROVA

## Rapporto di Prova N. 2141/2021 del 07/12/2021

**Committente:** C.I.G.I.T. soc.coop.  
Loc Andreotta - zona P.I.P. 88050 San Floro (CZ)

**Prot. Numero:** 2141      **Data ricevimento:** 01/12/2021      **Data inizio prove:** 01/12/2021      **Data termine prove:** 07/12/2021  
**Descrizione Campione:** Terra da scavo pozzetto P02 - profondità 1,5 m  
**Note:** Dati dichiarati dal committente: descrizione campione. Difformità riscontrate:nessuna  
**Procedura Campionamento:** \*Campione consegnato dal cliente      **Data di Campionamento:** 01/12/2021

Prova	Valore	Unita	C.L. 1	C.L. 2	C.L. 3	Lim. ril.	Metodo
TEST DI CESSIONE D.M. 05/02/1998 All. 3 *							UNI EN 12457-2:2004
DATI DI PREPARAZIONE DELL' ELUATO:							
Frazione materiale non macinabile*	< 1	% m/m				1	UNI EN 12457-2:2004
Frazione di dimensioni eccedenti 4 mm*	<5	% m/m				5	UNI EN 12457-2:2004
Modalità di riduzione delle dimensioni*	Non necessaria					0	UNI EN 12457-2:2004
Massa della porzione di prova*	25,00	g				1,00	UNI EN 12457-2:2004
Volume di agente lisciviante*	228	ml				1	UNI EN 12457-2:2004
Temperatura*	19,8	°C				0,1	UNI EN 12457-2:2004
pH	8,2	unità pH				0,1	APAT CNR IRSA 2060 Man 29 2003
Conduttività	75	µS/cm				1	APAT CNR IRSA 2030 Man 29 2003
Test di cessione	Eseguito					0	UNI EN 12457-2:2004
Metodo di separazione liquido/solido: filtrazione su carta (0,45 µm). La prova in bianco è stata eseguita lo stesso giorno di preparazione dell'eluato.							
pH	8,2	unità pH		[5,5-12] <sup>(9)</sup>		0,1	APAT CNR IRSA 2060 Man 29 2003
Fluoruri	0,63	mg/l		1,5 <sup>(9)</sup>	15 <sup>(6)</sup>	0,10	UNI EN 12457-2:2004 + UNI EN ISO 10304-1:2009
Cloruri	< 10,0	mg/l	<sup>(8)</sup>	100 <sup>(9)</sup>	2.500 <sup>(6)</sup>	10,0	UNI EN 12457-2:2004 + UNI EN ISO 10304-1:2009
Nitrati	2,2	mg/l		50 <sup>(9)</sup>		2,0	UNI EN 12457-2:2004 + UNI EN ISO 10304-1:2009
Solfati	< 10,0	mg/l		250 <sup>(9)</sup>	5.000 <sup>(6)</sup>	10,0	UNI EN 12457-2:2004 + UNI EN ISO 10304-1:2009
Cianuri liberi *	<0,025	mg/l		0,05 <sup>(9)</sup>		0,025	UNI EN 12457-2:2004 + APAT CNR IRSA 4070 Man 29 2003
Arsenico	<0,0110	mg/l		0,05 <sup>(9)</sup>	0,2 <sup>(6)</sup>	0,0110	UNI EN 12457-2:2004 + UNI EN ISO 11885:2009
Bario	0,070	mg/l		1 <sup>(9)</sup>	10 <sup>(6)</sup>	0,050	UNI EN 12457-2:2004 + UNI EN ISO 11885:2009
Berillio	<0,002	mg/l		0,01 <sup>(9)</sup>		0,002	UNI EN 12457-2:2004 + UNI EN ISO 11885:2009
Cadmio	<0,0020	mg/l		0,005 <sup>(9)</sup>	0,1 <sup>(6)</sup>	0,0020	UNI EN 12457-2:2004 + UNI EN ISO 11885:2009
Cobalto	<0,0040	mg/l		0,25 <sup>(9)</sup>		0,0040	UNI EN 12457-2:2004 + UNI EN ISO 11885:2009
Cromo totale	0,0047	mg/l		0,05 <sup>(9)</sup>	1 <sup>(6)</sup>	0,0020	UNI EN 12457-2:2004 + UNI EN ISO 11885:2009
Mercurio *	<0,0001	mg/l		0,001 <sup>(9)</sup>	0,02 <sup>(6)</sup>	0,0001	UNI EN 12457-2:2004 + UNI EN ISO 12846:2013
Nichel	<0,0050	mg/l		0,01 <sup>(9)</sup>	1 <sup>(6)</sup>	0,0050	UNI EN 12457-2:2004 + UNI EN ISO 11885:2009



LAB N° 0994 L

## Rapporto di Prova N. 2141/2021 del 07/12/2021

Committente: C.I.G.I.T. soc.coop.

Prova	Valore	Unita	C.L. 1	C.L. 2	C.L. 3	Lim. ril.	Metodo
Piombo	0,0095	mg/l		0,05 <sup>(9)</sup>	1 <sup>(6)</sup>	0,0040	UNI EN 12457-2:2004 + UNI EN ISO 11885:2009
Rame	<0,010	mg/l		0,05 <sup>(9)</sup>	5 <sup>(6)</sup>	0,0100	UNI EN 12457-2:2004 + UNI EN ISO 11885:2009
Selenio *	<0,005	mg/l		0,01 <sup>(9)</sup>	0,05 <sup>(6)</sup>	0,005	UNI EN 12457-2 + ISS.DBB.034-07/31 pag.315
Vanadio	0,0153	mg/l		0,25 <sup>(9)</sup>		0,0030	UNI EN 12457-2:2004 + UNI EN ISO 11885:2009
Zinco	0,011	mg/l		3 <sup>(9)</sup>	5 <sup>(6)</sup>	0,010	UNI EN 12457-2:2004 + UNI EN ISO 11885:2009
Amianto Fibre *	<3	mg/l		30 <sup>(9)</sup>		3	UNI EN 12457-2:2004 + CNR IRSA Q 64 Vol 3 App IIB 1986
COD *	15	mg/l		30 <sup>(9)</sup>		10	APAT CNR IRSA 5130 Man 29 2003
Residuo a 105 °C	92,1	%			25 <sup>(44)</sup>	1,0	UNI EN 14346:2007, par. 6

(8) D.Lgs. 36/2003 e s.m.i. All. 4 Tab. 2

(9) D.M. 05/02/98 e s.m.i. All. 3

(44) D.Lgs. 36/2003 e s.m.i.

(6) D.Lgs. 36/2003 e s.m.i. All. 4 Tab. 5

\*prova non accreditata da ACCREDIA

### Giudizio non oggetto di accreditamento Accredia

Il campione in esame, presenta un test di cessione conforme all'all. 3 al D.M. 05/02/1998 e s.m.i.

**Il Direttore del Laboratorio**  
Dott. Chim. Gregorio Barbieri

**Il Responsabile del Settore Chimico**  
Dott. Chim. Emanuele Vizza

C.L.: Concentrazione Limite - Lim.Ril.: Limite di Quantificazione del metodo  
Il laboratorio opera in conformità con la norma UNI CEI EN ISO/IEC 17025.  
Aut. Min. Sanità Dip. Alimenti e Nutrizione 700/59.403  
Aut. Regione Calabria n° 4 Decreto n. 2624/2013.

Qualora non altrimenti specificato, l'analisi è da considerare come relativo a campione così come ricevuto dal committente. Pertanto l'ECOCONTROL S.r.l. non assume responsabilità alcuna circa la corrispondenza degli esiti analitici tra il campione in oggetto e la partita dalla quale esso proviene. Il residuo del campione viene conservato per 7 gg. dalla data della consegna del rapporto di prova e restituito al committente. Rapporto di prova valido a tutti gli effetti di legge, ai sensi del R.D. 1.3.1928 n.842, della L.19.7.1957 n.679.

I risultati contenuti nel presente rapporto si riferiscono esclusivamente al campione oggetto di analisi. Il rapporto di prova non può essere riprodotto parzialmente salvo autorizzazione scritta di Ecocontrol.

FINE DEL RAPPORTO DI PROVA

## Rapporto di Prova N. 2142/2021 del 07/12/2021

**Committente:** C.I.G.I.T. soc.coop.  
Loc Andreotta - zona P.I.P. 88050 San Floro (CZ)

**Prot. Numero:** 2142      **Data ricevimento:** 01/12/2021      **Data inizio prove:** 01/12/2021      **Data termine prove:** 07/12/2021  
**Descrizione Campione:** Terra da scavo pozzetto P03 - profondità 1,5 m  
**Note:** Dati dichiarati dal committente: descrizione campione. Difformità riscontrate:nessuna  
**Procedura Campionamento:** \*Campione consegnato dal cliente      **Data di Campionamento:** 01/12/2021

Prova	Valore	Unita	C.L. 1	C.L. 2	C.L. 3	Lim. ril.	Metodo
TEST DI CESSIONE D.M. 05/02/1998 All. 3 *							UNI EN 12457-2:2004
DATI DI PREPARAZIONE DELL' ELUATO:							
Frazione materiale non macinabile*	< 1	% m/m				1	UNI EN 12457-2:2004
Frazione di dimensioni eccedenti 4 mm*	<5	% m/m				5	UNI EN 12457-2:2004
Modalità di riduzione delle dimensioni*	Non necessaria					0	UNI EN 12457-2:2004
Massa della porzione di prova*	19,13	g				1,00	UNI EN 12457-2:2004
Volume di agente lisciviante*	178	ml				1	UNI EN 12457-2:2004
Temperatura*	19,8	°C				0,1	UNI EN 12457-2:2004
pH	7,4	unità pH				0,1	APAT CNR IRSA 2060 Man 29 2003
Conduttività	73	µS/cm				1	APAT CNR IRSA 2030 Man 29 2003
Test di cessione	Eseguito					0	UNI EN 12457-2:2004
Metodo di separazione liquido/solido: filtrazione su carta (0,45 µm). La prova in bianco è stata eseguita lo stesso giorno di preparazione dell'eluato.							
pH	7,4	unità pH		[5,5-12] <sup>(9)</sup>		0,1	APAT CNR IRSA 2060 Man 29 2003
Fluoruri	0,61	mg/l		1,5 <sup>(9)</sup>	15 <sup>(6)</sup>	0,10	UNI EN 12457-2:2004 + UNI EN ISO 10304-1:2009
Cloruri	< 10,0	mg/l	(8)	100 <sup>(9)</sup>	2.500 <sup>(6)</sup>	10,0	UNI EN 12457-2:2004 + UNI EN ISO 10304-1:2009
Nitrati	< 2,0	mg/l		50 <sup>(9)</sup>		2,0	UNI EN 12457-2:2004 + UNI EN ISO 10304-1:2009
Solfati	< 10,0	mg/l		250 <sup>(9)</sup>	5.000 <sup>(6)</sup>	10,0	UNI EN 12457-2:2004 + UNI EN ISO 10304-1:2009
Cianuri liberi *	<0,025	mg/l		0,05 <sup>(9)</sup>		0,025	UNI EN 12457-2:2004 + APAT CNR IRSA 4070 Man 29 2003
Arsenico	<0,0110	mg/l		0,05 <sup>(9)</sup>	0,2 <sup>(6)</sup>	0,0110	UNI EN 12457-2:2004 + UNI EN ISO 11885:2009
Bario	0,094	mg/l		1 <sup>(9)</sup>	10 <sup>(6)</sup>	0,050	UNI EN 12457-2:2004 + UNI EN ISO 11885:2009
Berillio	<0,002	mg/l		0,01 <sup>(9)</sup>		0,002	UNI EN 12457-2:2004 + UNI EN ISO 11885:2009
Cadmio	<0,0020	mg/l		0,005 <sup>(9)</sup>	0,1 <sup>(6)</sup>	0,0020	UNI EN 12457-2:2004 + UNI EN ISO 11885:2009
Cobalto	<0,0040	mg/l		0,25 <sup>(9)</sup>		0,0040	UNI EN 12457-2:2004 + UNI EN ISO 11885:2009
Cromo totale	0,0049	mg/l		0,05 <sup>(9)</sup>	1 <sup>(6)</sup>	0,0020	UNI EN 12457-2:2004 + UNI EN ISO 11885:2009
Mercurio *	<0,0001	mg/l		0,001 <sup>(9)</sup>	0,02 <sup>(6)</sup>	0,0001	UNI EN 12457-2:2004 + UNI EN ISO 12846:2013
Nichel	0,0055	mg/l		0,01 <sup>(9)</sup>	1 <sup>(6)</sup>	0,0050	UNI EN 12457-2:2004 + UNI EN ISO 11885:2009



LAB N° 0994 L

## Rapporto di Prova N. 2142/2021 del 07/12/2021

Committente: C.I.G.I.T. soc.coop.

Prova	Valore	Unita	C.L. 1	C.L. 2	C.L. 3	Lim. ril.	Metodo
Piombo	0,0085	mg/l		0,05 <sup>(9)</sup>	1 <sup>(6)</sup>	0,0040	UNI EN 12457-2:2004 + UNI EN ISO 11885:2009
Rame	<0,010	mg/l		0,05 <sup>(9)</sup>	5 <sup>(6)</sup>	0,0100	UNI EN 12457-2:2004 + UNI EN ISO 11885:2009
Selenio *	<0,005	mg/l		0,01 <sup>(9)</sup>	0,05 <sup>(6)</sup>	0,005	UNI EN 12457-2 + ISS.DBB.034-07/31 pag.315
Vanadio	0,0169	mg/l		0,25 <sup>(9)</sup>		0,0030	UNI EN 12457-2:2004 + UNI EN ISO 11885:2009
Zinco	0,011	mg/l		3 <sup>(9)</sup>	5 <sup>(6)</sup>	0,010	UNI EN 12457-2:2004 + UNI EN ISO 11885:2009
Amianto Fibre *	<3	mg/l		30 <sup>(9)</sup>		3	UNI EN 12457-2:2004 + CNR IRSA Q 64 Vol 3 App IIB 1986
COD *	18	mg/l		30 <sup>(9)</sup>		10	APAT CNR IRSA 5130 Man 29 2003
Residuo a 105 °C	93,5	%			25 <sup>(44)</sup>	1,0	UNI EN 14346:2007, par. 6

(8) D.Lgs. 36/2003 e s.m.i. All. 4 Tab. 2

(9) D.M. 05/02/98 e s.m.i. All. 3

(44) D.Lgs. 36/2003 e s.m.i.

(6) D.Lgs. 36/2003 e s.m.i. All. 4 Tab. 5

\*prova non accreditata da ACCREDIA

### Giudizio non oggetto di accreditamento Accredia

Il campione in esame, presenta un test di cessione conforme all'all. 3 al D.M. 05/02/1998 e s.m.i.

**Il Direttore del Laboratorio**  
Dott. Chim. Gregorio Barbieri

**Il Responsabile del Settore Chimico**  
Dott. Chim. Emanuele Vizza

C.L.: Concentrazione Limite - Lim.Ril.: Limite di Quantificazione del metodo  
Il laboratorio opera in conformità con la norma UNI CEI EN ISO/IEC 17025.  
Aut. Min. Sanità Dip. Alimenti e Nutrizione 700/59.403  
Aut. Regione Calabria n° 4 Decreto n. 2624/2013.

Qualora non altrimenti specificato, l'analisi è da considerare come relativo a campione così come ricevuto dal committente. Pertanto l'ECOCONTROL S.r.l. non assume responsabilità alcuna circa la corrispondenza degli esiti analitici tra il campione in oggetto e la partita dalla quale esso proviene. Il residuo del campione viene conservato per 7 gg. dalla data della consegna del rapporto di prova e restituito al committente. Rapporto di prova valido a tutti gli effetti di legge, ai sensi del R.D. 1.3.1928 n.842, della L.19.7.1957 n.679.

I risultati contenuti nel presente rapporto si riferiscono esclusivamente al campione oggetto di analisi. Il rapporto di prova non può essere riprodotto parzialmente salvo autorizzazione scritta di Ecocontrol.

FINE DEL RAPPORTO DI PROVA



**Collegamento funzionale tra la “ex S.S. 106 ter” e la viabilità per l'Aeroporto di Reggio Calabria in corrispondenza dello svincolo "Malderiti.**

## ***INDAGINI GEOFISICHE***

## 1. PREMESSA

E' stata condotta una campagna d'indagine geofisica attraverso l'esecuzione di N. 1 prospezione sismica Masw (Multichannel Analysis of Surface Waves). Tale campagna d'indagine è stata eseguita presso lo Svincolo Aeroporto in Località Saracinello del Comune di Reggio Calabria (RC).

L'ubicazione della base sismica è stata disposta dal tecnico cui è stata affidata la progettazione e la Direzione Lavori delle indagini geognostiche.

La campagna d'indagine geofisica, condotta nel rispetto dello stato dell'arte e delle linee guida dettate dalla letteratura scientifica, è conforme alla vigente normativa sismica e in particolare ai contenuti dell'O.P.C.M. n. 3274/2003 "*Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica*" e s.m.i. e al D.M. 17 gennaio 2018 "*Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni*" (NTC 2018) pubblicato sulla Gazzetta Ufficiale n° 42 del 20.2.2018.

## 2. UBICAZIONE INDAGINI



Vista aerea ubicazione indagini



### 3. DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



Vista ubicazione base sismica MASW

---

#### **4. PROSPEZIONI SISMICHE BASATE SULL'ANALISI DELLE ONDE SUPERFICIALI DI RAYLEIGH**

Le onde di Rayleigh sono polarizzate in un piano verticale e si generano in corrispondenza della superficie libera del mezzo quando viene sollecitato acusticamente. In questo tipo di onde le particelle descrivono un movimento di tipo ellittico la cui ampiezza decresce esponenzialmente con la distanza dalla superficie libera. L'asse maggiore delle ellissi è normale alla superficie libera del mezzo ed alla direzione di propagazione delle onde e le particelle compiono questo movimento ellittico in senso retrogrado rispetto alla direzione di propagazione delle onde che vengono generate.

Le onde superficiali di Rayleigh, quando si propagano in un mezzo omogeneo, non presentano dispersione. In un mezzo disomogeneo, quale la Terra, la loro velocità varia in funzione della lunghezza d'onda. La teoria della propagazione delle onde superficiali è ben conosciuta ed è descritta dettagliatamente da Ewing et al. (1957).

La determinazione della velocità delle onde di taglio  $V_s$  tramite le misure delle onde superficiali di Rayleigh risulta particolarmente indicata per suoli altamente attenuanti e ambienti rumorosi poiché la percentuale di energia convertita in onde di Rayleigh è di gran lunga predominante (67%) rispetto a quella coinvolta nella generazione e propagazione delle onde P (7%) ed S (26%).

I metodi basati sull'analisi delle onde superficiali di Rayleigh forniscono una buona risoluzione e non sono limitati dalla presenza di inversioni di velocità in profondità. Inoltre la propagazione delle onde di Rayleigh, anche se influenzata dalla  $V_p$  e dalla densità, è funzione innanzitutto della  $V_s$ , parametro di fondamentale importanza per la caratterizzazione geotecnica di un sito secondo quanto previsto dalle recenti normative antisismiche (D.M. 17.01.2018 Aggiornamento delle "Norme tecniche per le Costruzioni").

La proprietà fondamentale delle onde superficiali di Rayleigh, sulla quale si basa l'analisi per la determinazione delle  $V_s$ , è costituita dal fenomeno della dispersione che si manifesta in mezzi stratificati.

Pertanto, analizzando la curva di dispersione, ossia la variazione della velocità di fase delle onde di Rayleigh in funzione della lunghezza d'onda (o della frequenza, che è inversamente proporzionale alla lunghezza d'onda), è possibile determinare la variazione della velocità delle onde di taglio con la profondità tramite processo di inversione.

Le tecniche di analisi delle onde di Rayleigh vengono realizzate con procedure operative poco onerose ed hanno un grado di incertezza nella determinazione delle  $V_s$  <15%.

La modellazione del sottosuolo mediante l'impiego di comuni geofoni verticali a 4.5Hz e l'analisi delle onde superficiali di Rayleigh viene ottenuta con le seguenti metodologie: ReMi (Refraction Microtremor), FTAN (Frequency Time ANalysis), SASW (Spectral Analysis of Surface Waves), MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves).

---

---

## 5. PROSPEZIONI SISMICHE MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves)

Il metodo MASW (Park et al., 1999), sviluppato in parte per superare le difficoltà dell'applicazione del SASW in ambienti rumorosi, è una efficiente ed accreditata metodologia sismica per la determinazione delle velocità delle onde S. Tale metodo utilizza le onde superficiali di Rayleigh registrate da una serie di geofoni lungo uno stendimento rettilineo e collegati ad un comune sismografo multicanale.

L'analisi delle onde S, mediante tecnica MASW, viene eseguita attraverso la trattazione spettrale del sismogramma, a seguito di una trasformata di Fourier, che restituisce lo spettro del segnale. In questo dominio, detto dominio trasformato, è semplice andare a separare il segnale relativo alle onde S da altri tipi di segnale. L'osservazione dello spettro consente di notare che l'onda S si propaga a velocità variabile a seconda della frequenza dell'onda stessa, questo fenomeno è detto dispersione, ed è caratteristico di questo tipo di onde. La registrazione simultanea di 24 canali, separati da 0,5m a 10m, fornisce una ridondanza statistica delle misure di velocità di fase e ne avvalorata la veridicità. Il salvataggio delle tracce nel dominio temporale, previsto dal metodo, permette inoltre di distinguere e evidenziare, durante l'analisi, le onde di Rayleigh presenti nel record che, normalmente, sono caratterizzate da un'elevata ampiezza di segnale (circa il 60% dell'energia prodotta dalla sorgente artificiale si distribuisce in onde di superficie). Una particolare analisi spettrale, permette di distinguere il modo fondamentale delle onde di superficie da cui ricavare la curva di dispersione ed il profilo delle Vs per successiva inversione 1-D.

La teoria sviluppata suggerisce di caratterizzare tale fenomeno mediante una funzione detta curva di dispersione, che associa ad ogni frequenza la velocità di propagazione dell'onda. Tale curva è facilmente estraibile dallo spettro del segnale poiché essa approssimativamente posa sui massimi del valore assoluto dello spettro. La curva di dispersione in realtà può non essere così facile da estrarre, questo perché dipende molto dalla pulizia dei dati e da quanto disturbano gli altri segnali presenti nel sismogramma. Ecco perché questa fase in realtà deve essere considerata una interpretazione, e per questo i migliori software di analisi di dati MASW consentono di modificare anche manualmente la curva di dispersione per soddisfare le esigenze che derivano dal contesto geologico locale. La curva di dispersione sperimentale deve essere confrontata con quella relativa ad un modello sintetico che verrà successivamente alterato in base alle differenze riscontrate tra le due curve, fino ad ottenere un modello sintetico a cui è associata una curva di dispersione sperimentale approssimativamente coincidente con la curva sperimentale. Questa delicata seconda fase di interpretazione è comunemente detta fase di inversione, e indipendentemente dal software usato, può anch'essa avvenire in maniera automatica e/o manuale. Entrambe le due fasi di interpretazione, per quanto debbano seguire le linee guida dettate dalla teoria, devono rigorosamente essere controllate accuratamente dall'utente poiché non è possibile affidarsi completamente ad un sistema automatico che lavora alla ricerca della soluzione matematicamente migliore, infatti quasi mai questa coincide con la soluzione geologicamente migliore.

---

## 6. DESCRIZIONE DELLA STRUMENTAZIONE

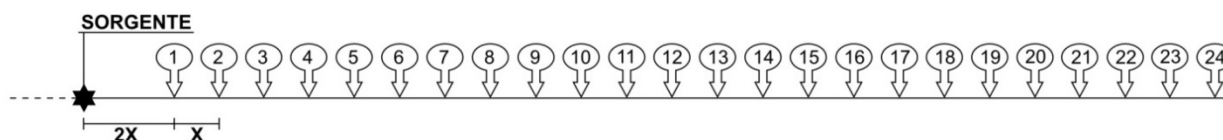
Il sismografo DoReMi a 24 canali della SARA electronic instruments s.r.l., ha le seguenti caratteristiche strumentali:

<b>Campionamento</b>	
Memoria:	64 kByte (>30000 campioni)
Frequenze in Hz:	200,300,400,500,800,1000,2000,3000,4000,8000,10000,20000
pari ad intervalli in ms di:	5, 3.33, 2.5, 2, 1,25, 1, 0.5, 0.33, 0.25, 0.125, 0.1, 0.05
<b>Dinamica del sistema</b>	
Risoluzione con guadagno 10x:	7.600 $\mu$ V
Risoluzione con guadagno 1000x:	0.076 $\mu$ V
Dinamica di base:	96dB (16 bit)
Dinamica massima del preamplificatore:	80dB
Signal to Noise Ratio RMS fra 0.5 e 30Hz:	>90dB
Full range a 10x:	0.5V p-p
Risoluzione RMS a 1000x e 4000SPS:	0.0000002V p-p
Dinamica totale teorica:	155dB
Dinamica totale senza postprocessing:	> 127dB (a qualsiasi frequenza di campionamento)
Dinamica totale in postprocessing:	>140dB
<b>Convertitore A/D</b>	
Tipologia:	SAR
Risoluzione:	16 bit
Dinamica:	96 dB
<b>Preamplificatore</b>	
Tipologia:	ultra-low noise con ingresso differenziale
Filtri:	3Hz passa alto 1 polo, 200Hz passa basso 4 poli
Guadagni:	da 10x a 8000x
Reiezione di modo comune:	>80dB
Impedenza d'ingresso:	>100k $\Omega$

## 7. MODALITA' ESECUTIVE DELLE PROVE E ACQUISIZIONE DATI

La prospezione sismica Masw è stata condotta con uno stendimento geofonico di 72m (Figura 1). Le oscillazioni del suolo sono state rilevate da 24 geofoni verticali (Geospace – 4.5Hz) posizionati lungo il profilo di indagine con offset di 3.00m (X).

Come sorgente sismica è stata utilizzata una mazza da 8kg che impatta verticalmente su una piastra circolare in alluminio. Al fine di avere più *dataset*, sono state eseguite più acquisizioni con diversi *offset minimi* (2X; 4X; ... ).



**Figura 1:** schema stendimento base sismica MASW

## 8. ELABORAZIONE DATI

L'intero processo di elaborazione dei dati e dell'inversione delle curve di dispersione è stato effettuato con il programma winMASW 2018 PRO della Eliosoft. Gli elaborati relativi alla prova eseguita sono riportati di seguito:

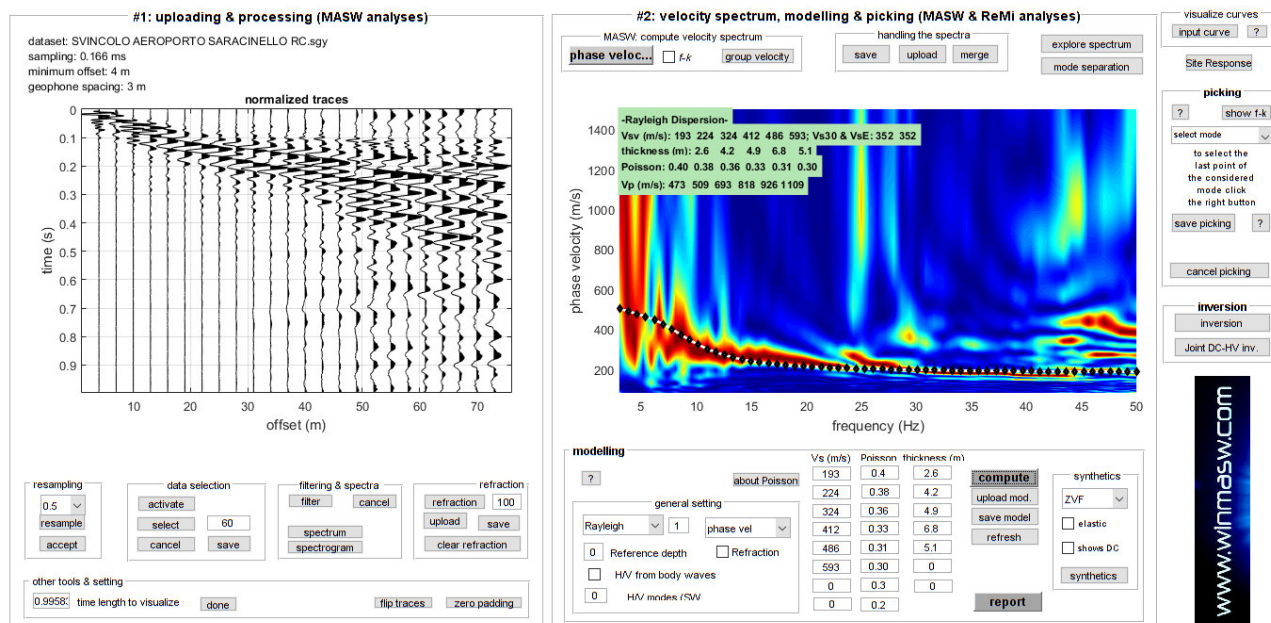


Figura 2: Sulla sinistra i dati di campagna e, sulla destra, lo spettro di velocità calcolato

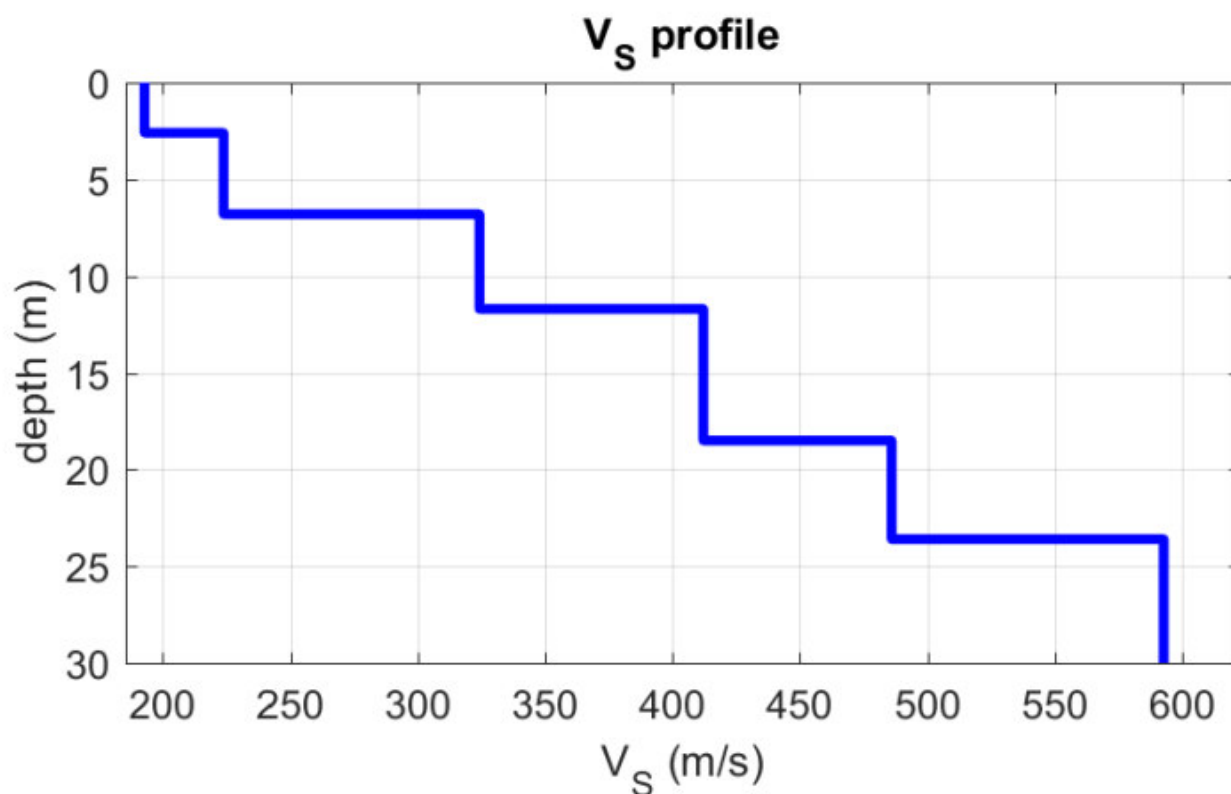
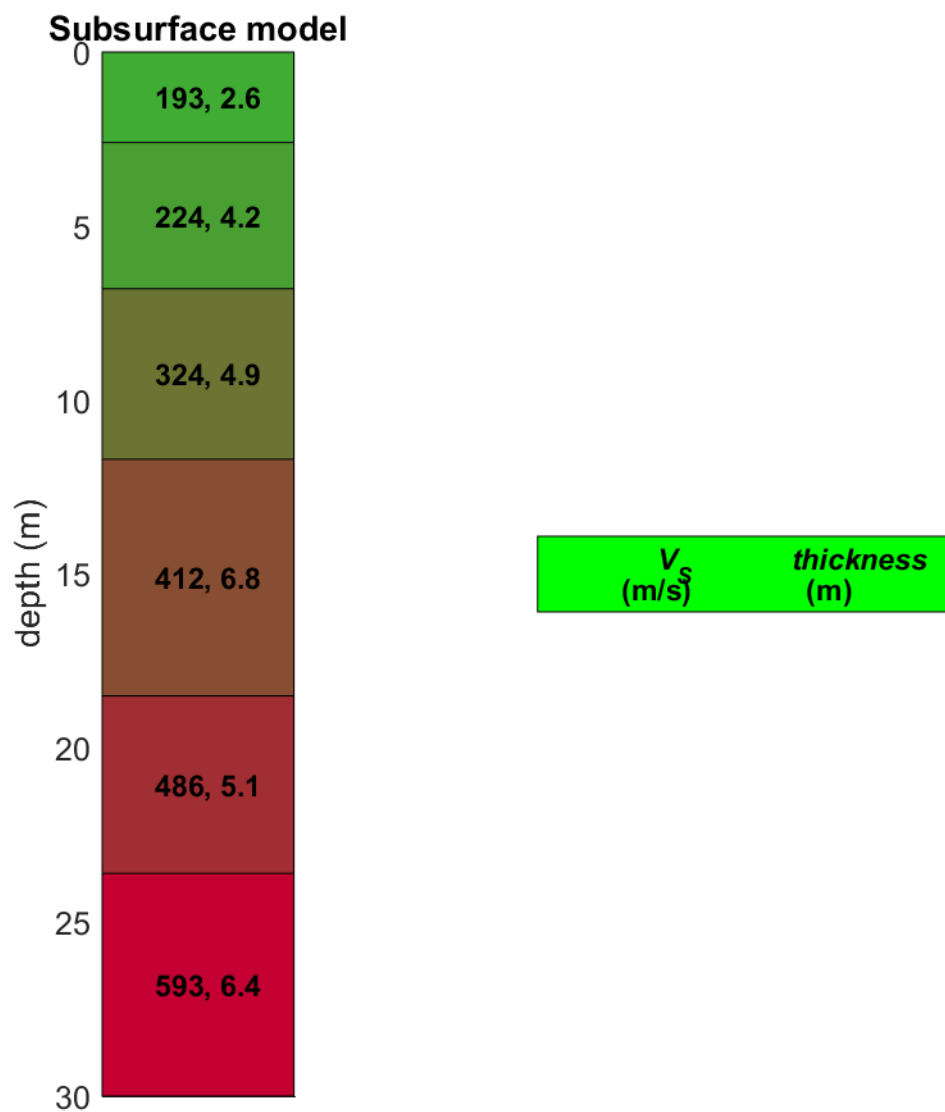


Figura 3: Profilo verticale  $V_S$  identificato

## 9. SISMOSTRATIGRAFIA



**Figura 4:** Sismostratigrafia a partire dal piano campagna.

## 10. MODELLO MEDIO

Facendo riferimento al modello medio ( $V_s$  e spessore degli strati), ottenuto dal processo di inversione, di seguito si riporta un quadro con la stima della  $V_p$ , della densità e di alcuni Moduli elastici.

N. STRATO	SPESSORE (Thickness) (m)	$V_s$ (m/s)	DENSITA' (gr/cm <sup>3</sup> )	MODULO di TAGLIO (MPa)	$V_p$ (m/s)	POISSON
1	2.6	193	1.87	70	473	0.40
2	4.2	224	1.89	95	509	0.38
3	4.9	324	1.96	206	693	0.36
4	6.8	412	2.01	340	818	0.33
5	5.1	486	2.04	481	926	0.31
6	Semi-Spazio	593	2.08	731	1109	0.30

Le formule per il calcolo dei Moduli elastici in funzione di  $V_s$ ,  $V_p$  e densità, sono:

Modulo di Poisson (adimensionale)	$(V_p^2 - 2V_s^2)/2(V_p^2 - V_s^2)$
Modulo di Young (in Pa)	$\rho V_s^2(4 - 3k^2)/(1 - k^2)$
Modulo di Taglio (in Pa)	$\rho V_s^2$
Modulo di Compressione o di Bulk (in Pa)	$\rho V_s^2(k^2 - 4/3)$

Dove:

$k = V_p/V_s$ ;

$\rho =$  densità (Kg/m<sup>3</sup>);

$V_p$  e  $V_s =$  velocità onde di taglio e compressionali in m/s

Per convertire in MegaPascal (MPa) i valori espressi in Pascal (Pa), è sufficiente dividere il numero per 10<sup>6</sup> (Mega = 1 milione).

Risulta necessario sottolineare che la dispersione delle onde di Rayleigh dipende essenzialmente dalla  $V_s$  e dalla potenza degli strati (geometria). Pertanto i valori della densità e della  $V_p$ , con i conseguenti Moduli elastici, devono essere considerati come delle stime preliminari.

Tuttavia, non dipendendo dalla  $V_p$  ma solamente dalla  $V_s$  e dalla densità, il valore del Modulo di Taglio rappresenta certamente una buona stima.

---

## 11. CALCOLO $V_{s,eq}$ (D.M. 17/01/2018 NTC 2018)

La velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio,  $V_{s,eq}$  (m/s), viene calcolata con la seguente espressione (§ 3.2.2 NTC 2018):

$$V_{s,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{s,i}}}$$

dove:  $h_i$  = spessore dello strato  $i$ -esimo;

$V_{s,i}$  = velocità delle onde di taglio nell' $i$ -esimo strato;

$N$  = numero di strati;

$H$  = profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da  $V_s$  non inferiore a 800 m/sec;

Per depositi con profondità  $H$  del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio  $V_{s,eq}$  è definita dal parametro  $V_{s,30}$ , ottenuto ponendo  $H=30$  m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

Il valore della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio ( $V_{s,eq}$ ), ottenuto dal Modello Medio dell'elaborazione dei dati acquisiti attraverso la base sismica, è risultato essere in riferimento al piano campagna:

$$\mathbf{V_{s,eq} = 352 \text{ m/s}}$$

---



## 1. PREMESSA

È stata condotta una campagna d'indagine geofisica attraverso l'esecuzione di N. 1 Tomografie sismiche a Rifrazione in Onde P. Tale campagna d'indagine è stata eseguita presso lo Svincolo Aeroporto in Località Saracinello del Comune di Reggio Calabria (RC).

L'ubicazione della base sismica è stata disposta dal tecnico cui è stata affidata la progettazione e la Direzione Lavori delle indagini geognostiche.

La campagna d'indagine geofisica, condotta nel rispetto dello stato dell'arte e delle linee guida dettate dalla letteratura scientifica, è conforme alla vigente normativa sismica e in particolare ai contenuti dell'O.P.C.M. n. 3274/2003 *"Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica"* e s.m.i. e al D.M. 17 gennaio 2018 *"Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni"* (NTC 2018) pubblicato sulla Gazzetta Ufficiale n° 42 del 20.2.2018.

## 2. UBICAZIONE INDAGINI



Vista aerea con ubicazione indagini

### 3. DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



Vista base sismica a RIFRAZIONE

#### 4. IL METODO SISMICO A RIFRAZIONE

La sismica a rifrazione utilizza le onde acustiche nei corpi solidi. La generazione delle onde acustiche avviene utilizzando come energizzazione un martello percussore, una massa battente oppure una piccola carica esplosiva.

Le onde sismiche (sonore) viaggiano nel sottosuolo a differente velocità a seconda dei litotipi attraversati e subiscono lungo le superfici di discontinuità geologica i fenomeni della riflessione, rifrazione e diffrazione.

Le superfici di confine degli strati geologici, caratterizzati da una differenza di velocità tra lo strato superiore ( $V_1$ ) e lo strato ad esso sottostante ( $V_2$ ), producono dei raggi rifratti che viaggeranno parallelamente alla superficie di discontinuità (con la stessa velocità dello strato "più veloce") rifrangendo continuamente verso l'alto (quindi verso lo strato "più lento") energia elastica.

Una delle condizioni principali per l'applicazione del metodo della sismica a rifrazione è che la velocità di propagazione delle onde sismiche aumenti con la profondità ( $V_1 < V_2$ ). Un altro requisito indispensabile per il buon funzionamento di questa metodologia è che gli strati posseggano uno spessore sufficiente per essere rilevati; in caso contrario occorre aumentare il numero di geofoni e diminuirne la spaziatura.

L'energia rifratta che ritorna alla superficie viene misurata utilizzando dei geofoni.

Attraverso lo studio dei tempi di percorso e quindi delle velocità si può risalire alla disposizione geometrica ed alle caratteristiche meccanico-elastiche dei litotipi presenti nella zona di indagine.

È buona norma commisurare l'intensità dell'energizzazione alla lunghezza dello stendimento e, quando possibile utilizzare le opzioni di controllo automatico del guadagno. Diversamente i primi arrivi potrebbero essere difficili da riconoscere sia per l'eccessiva debolezza del segnale (geofoni lontani dal punto di scoppio) sia per la possibile saturazione dei geofoni più vicini.

#### 5. IL COMPORTAMENTO SISMICO DELLE ONDE P

Le onde P sono anche chiamate Onde Primarie in quanto si propagano nel mezzo attraversato con maggiore velocità rispetto alle altre onde. Nelle onde P, le particelle che costituiscono il mezzo attraversato vengono spostate nello stesso senso di propagazione dell'onda, in questo caso, in senso radiale. Quindi, il materiale si estende e si comprime con il propagarsi dell'onda. Le onde P viaggiano attraverso il terreno in modo analogo a quello delle onde sonore attraverso l'aria.

La velocità con la quale le onde P si propagano in un mezzo dipende dalle proprietà fisiche (cioè rigidità, densità, saturazione) e dal grado di omogeneità del terreno. Dalla sorgente di energizzazione viene emanato un "treno d'onde" i cui segnali saranno rilevati dalle stazioni riceventi ad intervalli di tempo dipendenti dalle caratteristiche elastiche del terreno. La registrazione grafica del treno d'onda in arrivo è chiamata "sismogramma". I fronti d'onda possono essere superfici sferiche o di forma qualsiasi. La propagazione di onde può quindi essere interpretata come una continua generazione di onde circolari che interferendo fra loro danno luogo a un'onda risultante osservabile macroscopicamente.

Le semirette normali ai fronti d'onda sono chiamate "raggi sismici" ed indicano la direzione di propagazione dell'onda elastica.

Per l'analisi dei dati ottenuti tramite la sismica a rifrazione, è usuale considerare sia le immagini delle onde sismiche sia i percorsi dei raggi sismici. Questi ultimi possono sostituire i fronti d'onda con buona approssimazione, permettendo di trattare soltanto i tempi di percorso delle onde elastiche e non tutte le altre grandezze tipiche di un fenomeno ondulatorio quali ampiezza, frequenza e fase.

Quando un raggio incontra un'eterogeneità sul percorso, per esempio un contatto litologico con un altro materiale, il raggio incidente si trasforma in diversi nuovi raggi. Gli angoli che il raggio incidente, i raggi riflessi ed i raggi rifratti formano con la normale alla superficie di contatto tra i due materiali sono legati fra loro ed alle velocità di propagazione da alcune relazioni note come "leggi di SNELL".

## 6. DESCRIZIONE DELLA STRUMENTAZIONE

Il sismografo DoReMi a 24 canali della SARA electronic instruments s.r.l., ha le seguenti caratteristiche strumentali:

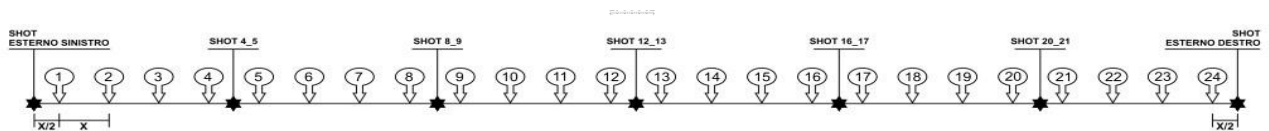
<b>Campionamento</b>	
Memoria:	64 kByte (>30000 campioni)
Frequenze in Hz:	200,300,400,500,800,1000,2000,3000,4000,8000,10000,20000
pari ad intervalli in ms di:	5, 3.33, 2.5, 2, 1,25, 1, 0.5, 0.33, 0.25, 0.125, 0.1, 0.05
<b>Dinamica del sistema</b>	
Risoluzione con guadagno 10x:	7.600 $\mu$ V
Risoluzione con guadagno 1000x:	0.076 $\mu$ V
Dinamica di base:	96dB (16 bit)
Dinamica massima del preamplificatore:	80dB
Signal to Noise Ratio RMS fra 0.5 e 30Hz:	>90dB
Full range a 10x:	0.5V p-p
Risoluzione RMS a 1000x e 4000SPS:	0.0000002V p-p
Dinamica totale teorica:	155dB
Dinamica totale senza postprocessing:	> 127dB (a qualsiasi frequenza di campionamento)
Dinamica totale in postprocessing:	>140dB
<b>Convertitore A/D</b>	
Tipologia:	SAR
Risoluzione:	16 bit
Dinamica:	96 dB
<b>Preamplificatore</b>	
Tipologia:	ultra-low noise con ingresso differenziale
Filtri:	3Hz passa alto 1 polo, 200Hz passa basso 4 poli
Guadagni:	da 10x a 8000x
Reiezione di modo comune:	>80dB
Impedenza d'ingresso:	>100k $\Omega$

## 7. MODALITA' ESECUTIVE DELLA PROVA E ACQUISIZIONE DATI

Le prospezioni sismiche a rifrazione sono state condotte con uno stendimento geofonico di 72m. Le oscillazioni del suolo sono state rilevate da 24 geofoni verticali (Geospace – 4.5Hz) posizionati lungo il profilo di indagine con offset di 3.00m (X).

Come sorgente sismica è stata utilizzata una mazza da 8kg che impatta verticalmente su una piastra circolare in alluminio.

Per la disposizione dei geofoni, è stato definito un allineamento mantenendo una equidistanza ripetitiva lungo tutta la tratta della base sismica, come evidenziato nello schema sottostante.



Per quanto riguarda l'inizio della registrazione è stato utilizzato un geofono "starter" posizionato in aderenza alla piastra di battuta e collegato allo strumento in modo da garantire uno scarto di errore sul "Tempo Zero" non superiore a 1msec.

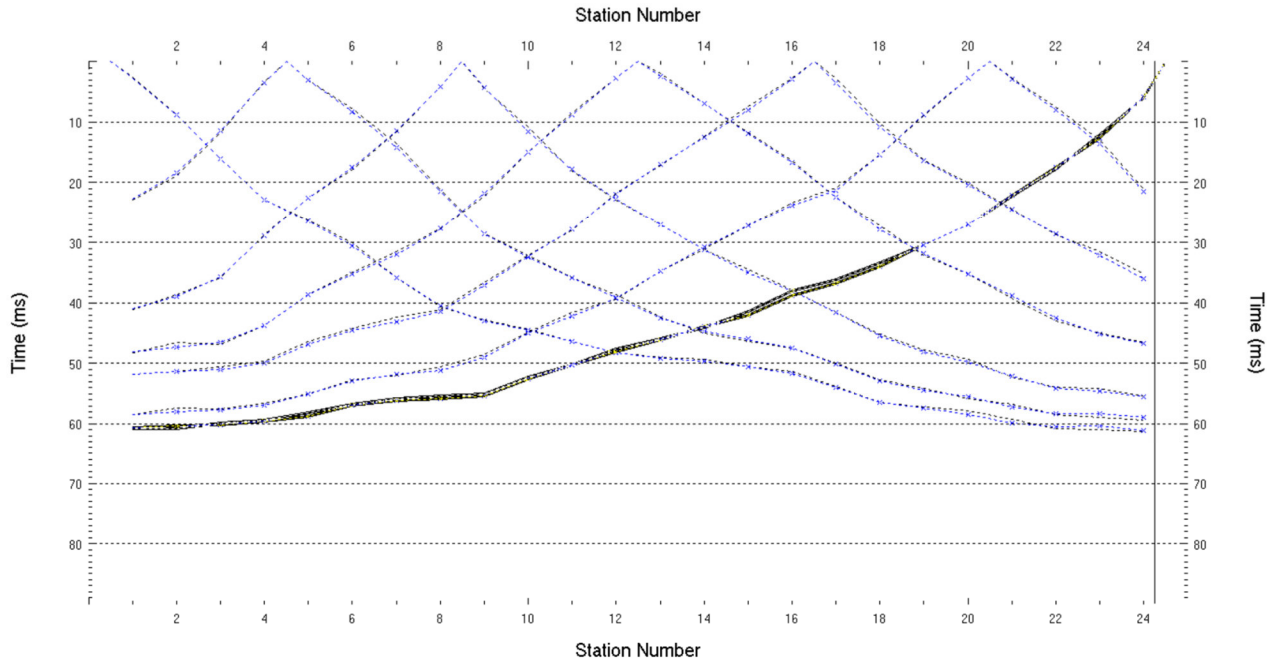
Per la base sismica sono stati effettuati N. 7 punti di energizzazione (tiri o shot) lungo lo stendimento sismico:

- energizzazione posta a  $X/2$  verso l'esterno rispetto al geofono N. 1 (shot estremo sinistro)
- energizzazione posta tra i geofoni N. 4 e N. 5 (shot 4\_5)
- energizzazione posta tra i geofoni N. 8 e N. 9 (shot 8\_9)
- energizzazione posta tra i geofoni N. 12 e N. 13 (shot 12\_13)
- energizzazione posta tra i geofoni N. 16 e N. 17 (shot 16\_17)
- energizzazione posta tra i geofoni N. 20 e N. 21 (shot 20\_21)
- energizzazione posta a  $X/2$  verso l'esterno rispetto al geofono N. 24 (shot estremo destro)

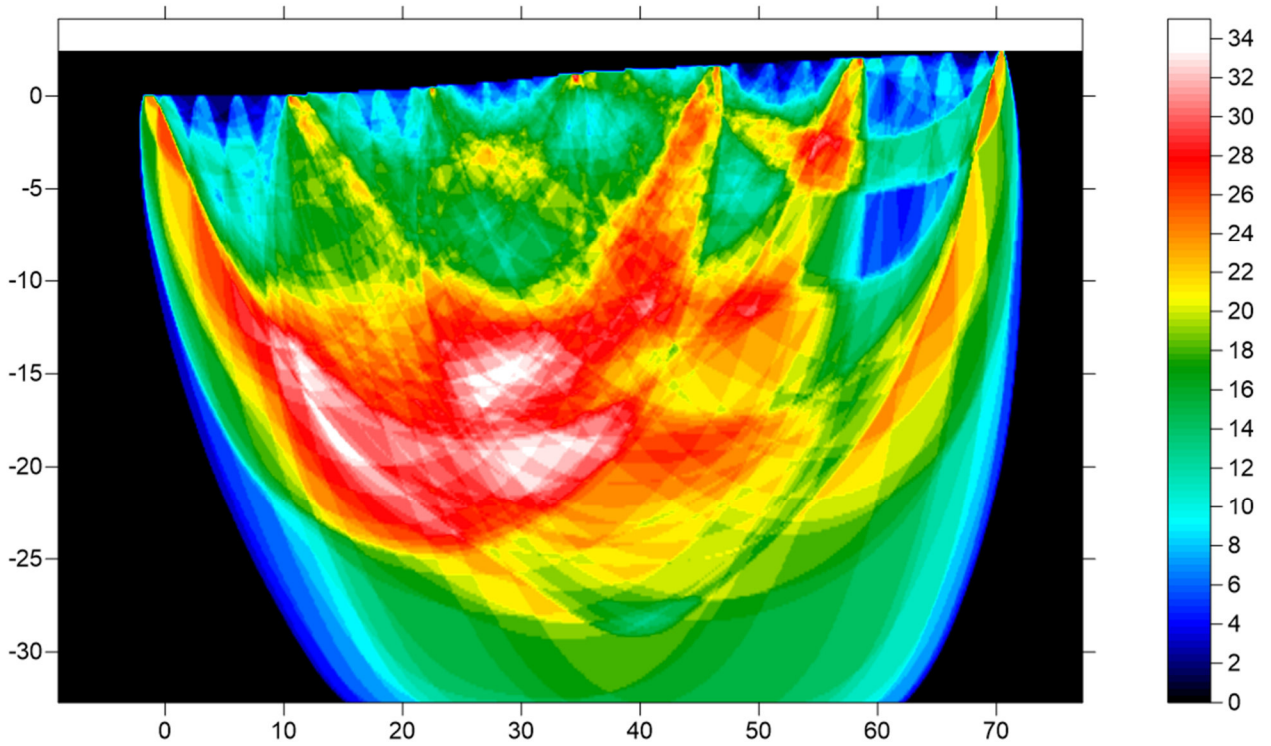
I segnali sismici sono stati acquisiti in formato digitale e successivamente trasferimenti verso il software di elaborazione.

## 8. ELABORAZIONE DATI

L'intero processo di elaborazione dei dati è stato effettuato con il programma *RAYFRACT* della *Intelligent Resources Inc.*. La successiva fase di imaging è stata eseguita con il programma *SURFER 11* della *Golden Software Inc.*. Gli elaborati relativi alla prova eseguita sono riportati di seguito:



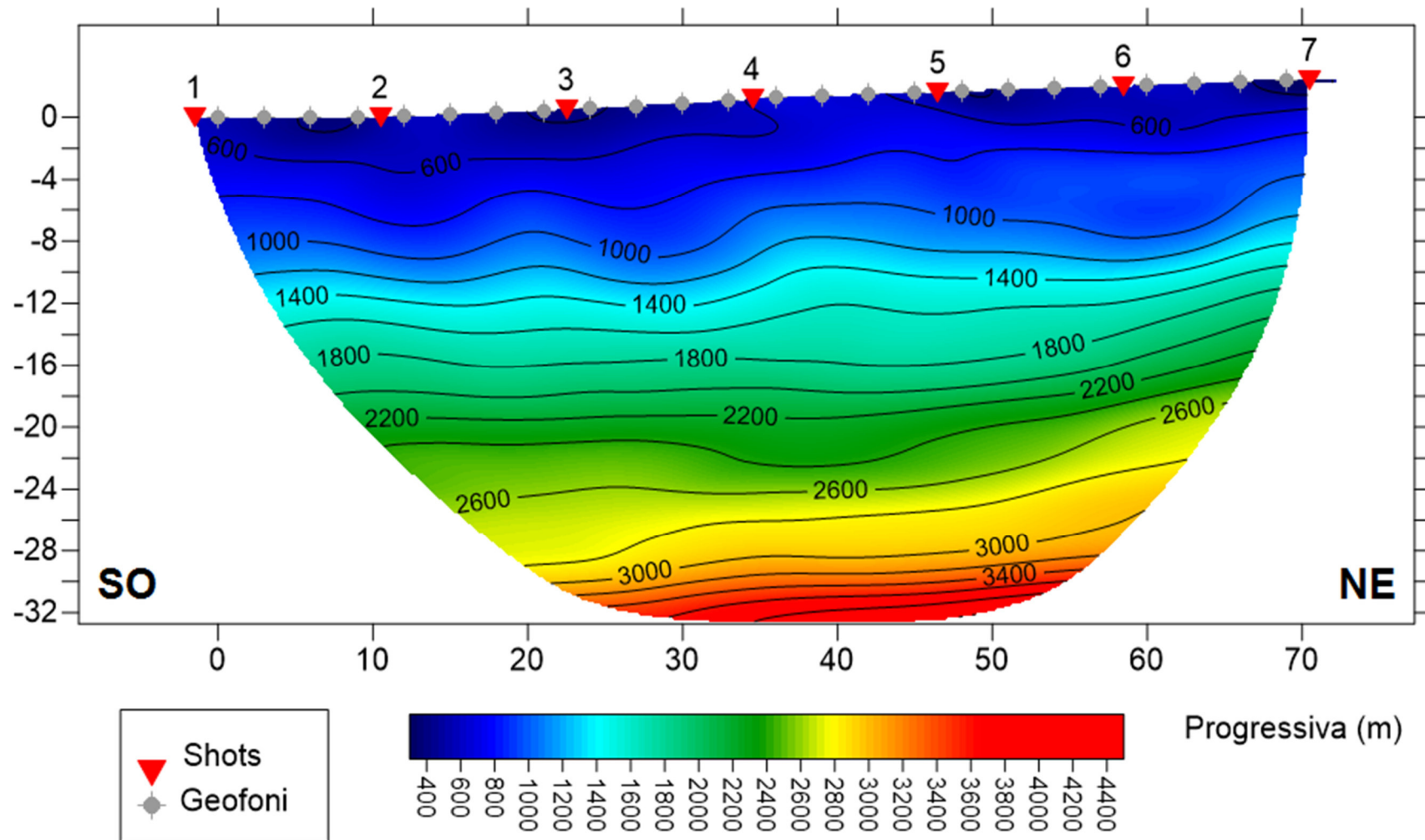
DROMOCRONE



PERCORSO DEI RAGGI SISMICI

Località: Saracinello, Reggio Calabria  
Data: Novembre 2021

Sezione



## 1. PREMESSA

È stata condotta una campagna d'indagine geofisica attraverso l'esecuzione di N. 1 registrazioni di microtemori al suolo effettuati su N. 1 stazioni di misura ed elaborate secondo la tecnica HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio). Tale campagna d'indagine è stata eseguita presso lo Svincolo Aeroporto in Località Saracinello del Comune di Reggio Calabria (RC).

L'ubicazione della base sismica è stata disposta dal tecnico cui è stata affidata la progettazione e la Direzione Lavori delle indagini geognostiche.

La campagna d'indagine geofisica è stata condotta nel rispetto dello stato dell'arte e delle linee guida dettate dal Progetto SESAME (Site EffectS Assessment using AMbient Excitations) che stabilisce la corretta esecuzione delle misure di microtremore ambientale in stazione singola e array. Il Progetto SESAME, ha anche fornito i criteri per valutare la bontà delle curve HVSR e la significatività dei picchi H/V eventualmente trovati. La campagna d'indagine geofisica, condotta nel rispetto dello stato dell'arte e delle linee guida dettate dalla letteratura scientifica, è conforme alla vigente normativa sismica e in particolare ai contenuti dell'O.P.C.M. n. 3274/2003 *"Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica"* e s.m.i. e al D.M. 17 gennaio 2018 *"Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni"* (NTC 2018) pubblicato sulla Gazzetta Ufficiale n° 42 del 20.2.2018.

## 2. UBICAZIONE INDAGINE



Vista aerea con ubicazione indagini



### 3. DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



Vista ubicazione HVSR

#### 4. ANALISI HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio)

La caratterizzazione sismica dei terreni tramite la tecnica di indagine passiva HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio - Metodo di Nakamura), è finalizzata all'individuazione delle frequenze caratteristiche di risonanza di sito, correlabili ai cambi litologici presenti sia all'interno della copertura che nell'ammasso roccioso. Il metodo è basato sull'acquisizione del rumore sismico (detto anche microtremore poiché riguarda oscillazioni molto più piccole rispetto a quelle indotte dai terremoti), generato dai fenomeni atmosferici (onde oceaniche, vento) e dall'attività antropica. Le ipotesi alla base della tecnica sono: una concentrazione del contenuto in frequenza localizzato maggiormente in quelle basse (tipicamente al di sotto dei 20 Hz); assenza di sorgenti periodiche e/o con contenuto in alte frequenze; sorgenti di rumore uniformemente distribuite intorno alla stazione di registrazione. Il risultato che si ottiene da una registrazione di questo tipo è la *frequenza caratteristica di risonanza del sito* che rappresenta un parametro fondamentale per il corretto dimensionamento degli edifici in termini di risposta sismica locale in quanto si dovranno adottare adeguate precauzioni nell'edificare edifici aventi la stessa frequenza di vibrazione del terreno per evitare l'effetto di "doppia risonanza" estremamente pericolosa per la stabilità degli stessi.

#### 5. MODALITA' ESECUTIVE DELLA PROVA E ACQUISIZIONE DATI

Si esegue una registrazione del rumore ambientale lungo tre direzioni ortogonali tra loro (x,y,z). Tale registrazione deve essere effettuata, secondo le indicazioni del progetto SESAME, per una durata non inferiore a 20 minuti. Successivamente si esegue un'operazione detta di *windowing*, in cui le tre tracce registrate vengono suddivise in finestre temporali di durata prefissata. Tale dimensione, detta *Long Period*, deve essere pari almeno a 20 secondi. Si ottiene così un insieme di finestre "*long*", sincronizzate fra le tracce, che vengono filtrate in base a dei criteri che permettono di individuare l'eventuale presenza di transienti (disturbi temporanei con grandi contributi nelle alte frequenze) o di fenomeni di saturazione. Per ciascuna delle finestre rimanenti, quindi ritenute valide, viene valutato lo spettro di Fourier. Quest'ultimo viene sottoposto a tapering e/o lisciamiento secondo una delle varie tecniche note in letteratura e ritenute all'uopo idonee. Si prendono così in considerazione gli spettri delle finestre relative alle tracce orizzontali in coppia (ogni spettro di una finestra per esempio della direzione X, ha il suo corrispettivo per le finestre nella direzione Y, vale a dire che sono relative a finestre temporali sincrone) e per ognuna di queste viene eseguita una somma tra le componenti in frequenza secondo un determinato criterio che può essere, ad esempio, una semplice media aritmetica o una somma euclidea. Per ciascuna coppia, esiste lo spettro nella direzione verticale Z, ovvero relativo alla finestra temporale sincrona a quelle della coppia. Ogni componente in frequenza di questo spettro viene usato come denominatore nel rapporto con quello della coppia. Questo permette quindi di ottenere il rapporto spettrale H/V per tutti gli intervalli temporali in cui viene suddivisa la registrazione durante

---

l'operazione di *windowing*. Eseguendo per ciascuna frequenza di tali rapporti spettrali una media sulle varie finestre, si ottiene il rapporto spettrale H/V medio, la cui frequenza di picco (frequenza in cui è localizzato il massimo valore assunto dal rapporto medio stesso) rappresenta la deducibile stima della frequenza naturale di vibrazione del sito. L'ulteriore ipotesi che questo rapporto spettrale possa ritenersi una buona approssimazione dell'ellitticità del modo fondamentale della propagazione delle onde di Rayleigh, permette di confrontare questi due al fine di ottenere una stima del profilo stratigrafico. Tale procedura, detta di inversione, consente di definire il profilo sostanzialmente in termini di spessore e velocità delle onde di taglio. Avendo quindi una stima del profilo della velocità delle onde di taglio, è possibile valutarne il parametro normativo  $V_{s,eq}$ .

## 6. DESCRIZIONE DELLA STRUMENTAZIONE

Il Tromografo digitale TROMINO della MoHo srl, utilizzato per l'acquisizione del rumore sismico, ha le seguenti caratteristiche strumentali:

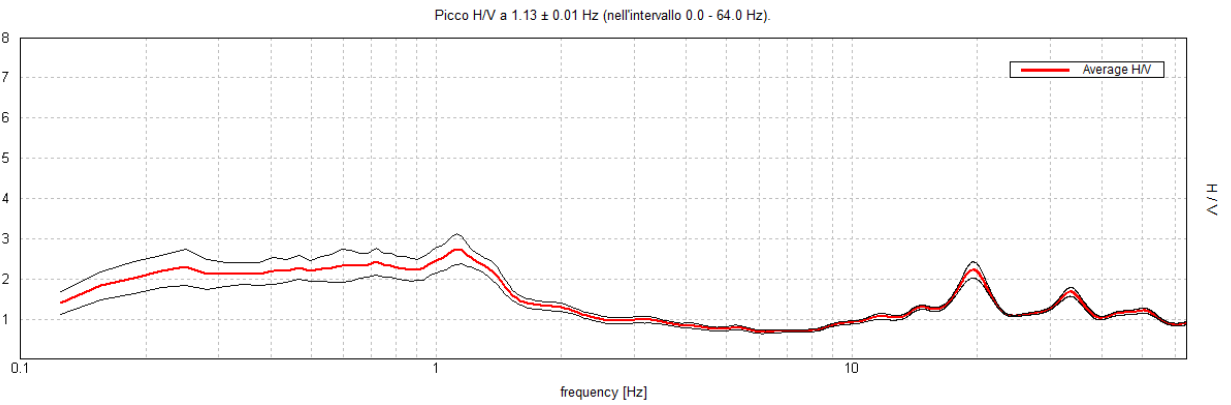
<b>Matricola</b>	TZB-0139/01-20
<b>Classificazione</b>	CISPR 11 - EN 55011, Gruppo1 Classe B
<b>Conformità agli standard</b>	EN 55011, IEC 61000-4-2, IEC 61000-4-4, IEC 61000-4-3
<b>Alimentazione</b>	2 x 1.5 VDC AA, batterie alcaline
<b>Voltaggio Interno</b>	+3.3 V, +3.6 V per la sezione analogica
<b>Potenza utilizzata</b>	75 mW (GPS inattivo), 450 mW (GPS attivo)
<b>Durata Batteria</b>	80 h in continuo, GPS inattivo
<b>Numero canali</b>	3 + 1 analogico
<b>Amplificatori</b>	tutti i canali con ingressi differenziali
<b>Rumore</b>	< 0.5 $\mu$ V r.m.s. @ campionamento 128Hz
<b>Impedenza in ingresso</b>	106W
<b>Intervallo di frequenza</b>	DC – 360 Hz
<b>Frequenza campionamento</b>	16384 Hz per canale
<b>Frequenza sovracamp.</b>	32x, 64x, 128x
<b>Risoluzione A/D</b>	24 bit equivalenti
<b>Max ingresso analogico</b>	51.2 mV (781 nV/digit)
<b>Display</b>	grafico, 128 x 64 pixel, retroilluminato
<b>Tastiera</b>	soft-touch, 4 tasti
<b>Orologio</b>	interno, permanente con data e allarme
<b>Livellamento</b>	a bolla, alta precisione orizzontale, sensibilità 5' arco (0.083°)
<b>Conessioni</b>	Porta USB tipo B
<b>Registrazione dati</b>	memoria interna, standard 512 Mb, opzionale fino a 2 Gb
<b>Dimensioni e peso</b>	10 x 14 x 7.7 (altezza) cm 1.1 kg; Contenitore in alluminio
<b>Accoppiamento al terreno</b>	piedini

## 7. ELABORAZIONE DATI

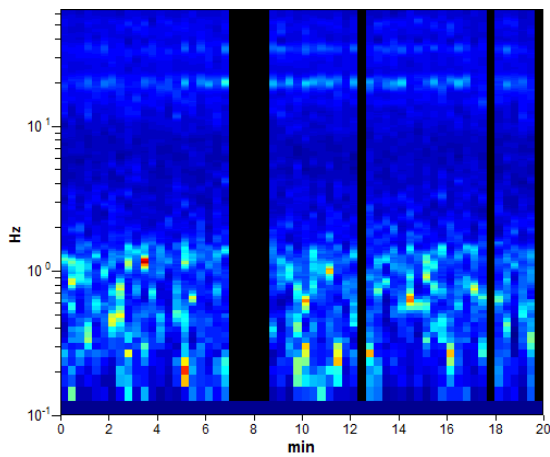
L'intero processo di elaborazione dei dati è stato effettuato con il programma *Grilla* della *MoHo srl* (Licenza d'uso: TZB-0139/01-20). Gli elaborati relativi alla prova effettuata sono riportati di seguito:

Strumento: TZ3-0003/01-13  
 Inizio registrazione: 20/11/2021 09:48:15      Fine registrazione: 20/11/2021 10:08:15  
 Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN  
 Dato GPS non disponibile  
 Durata registrazione: 0h20'00".      Analizzato 87% tracciato (selezione manuale)  
 Freq. campionamento: 128 Hz  
 Lunghezza finestre: 20 s  
 Tipo di lisciamento: Triangular window  
 Lisciamento: 10%

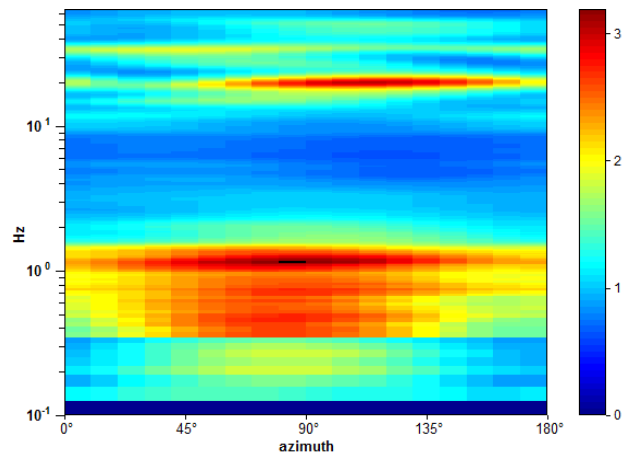
RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE



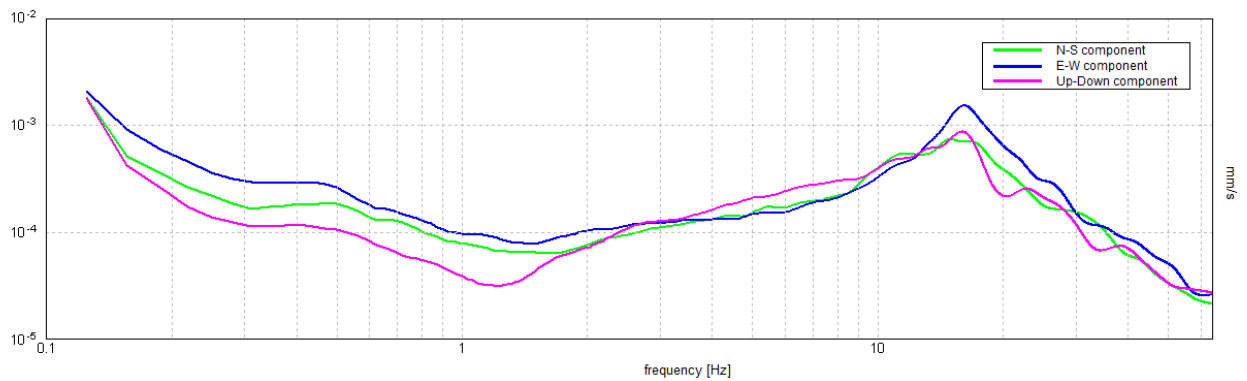
SERIE TEMPORALE H/V



DIREZIONALITA' H/V



SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



Secondo le linee guida SESAME, 2005

**Picco H/V a  $1.13 \pm 0.01$  Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).**

<b>Criteri per una curva H/V affidabile</b>			
$f_0 > 10 / L_w$	$1.13 > 0.50$	<b>OK</b>	
$n_c(f_0) > 200$	$1170.0 > 200$	<b>OK</b>	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Superato 0 volte su 55	<b>OK</b>	

<b>Criteri per un picco H/V chiaro</b>			
<b>Esiste <math>f^-</math> in <math>[f_0/4, f_0]</math>   <math>A_{H/V}(f^-) &lt; A_0 / 2</math></b>			<b>NO</b>
<b>Esiste <math>f^+</math> in <math>[f_0, 4f_0]</math>   <math>A_{H/V}(f^+) &lt; A_0 / 2</math></b>	1.719 Hz	<b>OK</b>	
$A_0 > 2$	$2.74 > 2$	<b>OK</b>	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.00545  < 0.05$	<b>OK</b>	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.00613 < 0.1125$	<b>OK</b>	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.381 < 1.78$	<b>OK</b>	

$L_w$	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

- NOTA: - i primi 3 criteri SESAME (2005) dicono se la registrazione è stata condotta per un tempo sufficientemente lungo rispetto alla frequenza del picco considerata. E' opportuno che questi 3 criteri siano tutti soddisfatti;
- i secondi 6 criteri della tabella SESAME dicono se il picco è significativo dal punto di vista statistico. E' bene che ne siano soddisfatti il maggior numero possibile ma si ricordi che eventuali NO su tutte le righe non implicano necessariamente che la registrazione è stata effettuata male ma implicano che non ci sono picchi significativi.