REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

PROVINCIA DI ORISTANO

COMUNE DI PAU

DELIBERAZIONE G. R. N. 5/19 DEL 29.01.2019.

FSC 2014/2020 - LINEA D'AZIONE 2.2.1.

INTERVENTI PER LA MESSA IN SICUREZZA DELLA DIGA IN LOCALITÀ SENNISCEDDU

PROGETTO DEFINITIVO

Committente: Amministrazione Comunale di Pau

il Sindaco
ing. Franceschino SERRA

il Responsabile del procedimento
ing. Angelica SEDDA

Elab.

A.2

Relazione sulle indagini

progettisti
ing. Simone Cuccu

collaboratori
ing. Antonello Pacitto

geol. Dario Cinus

data - MARZO 2020

revisione

PREMESSA

La caratterizzazione geologica e geotecnica dei sito e del suo intorno si basa su una serie operazioni svolte a definire:

Stratigrafia	**Caratteristiche macro e mega-strutturali**	**Condizioni di falda**
Stato tensionale geostatico (k_0)	**Storia tensionale (OCR)**	**Caratteristiche meccaniche (resistenza, deformabilità)**

PROGRAMMA D'INDAGINI

Il programma d'indagine deve scaturire dalle considerazioni fatte congiuntamente con l'ufficio tecnico, in funzione delle relative spese economiche e in relazione alle caratteristiche:

Pianificazione delle indagini	
Occorre definire: ❑ scelta del tipo di prove ❑ numero delle postazioni ❑ ubicazione ❑ profondità di indagine ❑ numero di campioni	Dipende da: ❑ importanza del progetto ❑ fase del progetto (studio di fattibilità, esecutivo, collaudo...) ❑ natura / eterogeneità dei terreni affioranti ❑ della tipologia di fondazione.

Tenendo ben presente lo schema prima definito si è giunti alla definizione della scelta finale del tipo di indagine da considerare; scelta finale che correderà il progetto strutturale esecutivo, e che ha individuato nei dati acquisiti da prova penetrometrica dinamica il mezzo che consente di raggiungere le finalità di progetto.

La prova penetrometrica dinamica consente di indagare il sottosuolo immediatamente in prossimità del piano di fondazione e per diversi metri in profondità oltre il piano fondale o comunque sino al rifiuto. Le prove penetrometriche posseggono le seguenti caratteristiche:

Standard internazionali	Semplicità	Economicità	Ampia diffusione	Correlazioni empiriche e camera di calibrazione	Impiego diretto dei risultati nella progettazione

Nel caso di specie per il livello di progettazione attuale ci si avvale di quanto prescritto dal 6.2.2. **indagini, caratterizzazione e modellazione geotecnica del ministero delle infrastrutture e dei trasporti** - DECRETO 17 gennaio 2018 – "Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni».

PARAMETRI GEOTECNICI

Densità relativa

Le correlazioni tra N_{spt} e la densità relativa (tabella 01) indicano per le prove Dp effettuate la presenza di terre a densità relativa diversificate indicando terreni a consistenza variabile per i successivi strati.

N_{spt}	Densità relativa	
	Terzaghi & Peck(1948)	Gibb & Holtz (1957)
0-4	Molto sciolta	0-15%
4-10	Sciolta	15-35%
10-30	Media	35-65%
30-50	Densa	65-85%
>50	Molto densa	85-100%

Tabella 01 – correlazioni tra Dr e N_{spt}

Angolo di resistenza al taglio φ.

L'angolo di resistenza al taglio del materiale indagato può essere valutato attraverso due categorie di metodi di:

- correlazione diretta N_{spt}-φ
- correlazione indiretta.

tra i metodi di correlazione diretta N_{spt}-φ sono da preferirsi e da considerarsi, in generale, più attendibili quelli che esprimono φ anche in funzione della pressione efficace agente sullo strato.

Le elaborazioni di seguito riportate sono da ricondursi al valore medio di N_{spt}.

Japanese National Railway

Il metodo è valido per sabbie medie - grosse fino a sabbie ghiaiose e trova le sue condizioni ottimali di applicabilità per profondità superiori a 8 - 10 m nel caso di terreni sopra falda e di 15 m per terreni immersi in falda (σ> 15-20 t/mq). Il metodo si basa sulla seguente relazione: j = + 0,3×Nspt+27, dove Nspt è il numero di colpi medio misurato nello strato.

Road Bridge Specification

Il metodo è valido per sabbie fini o limose e trova le sue condizioni ottimali di applicabilità per profondità di prova superiori a 8 - 10 m per terreni sopra falda e superiori a 15 m per terreni in falda (σ > 15-20 t/mq). Il metodo si basa sulla seguente relazione: $\varphi = 0{,}3Nspt + 27$, dove N_{spt} è il numero di colpi medio misurato nello strato.

De Mello

Il metodo di De Mello è valido per le sabbie in genere e per qualunque profondità (tranne che per i primi 2 m sotto il p.c.). E' da considerarsi inattendibile però per valori di φ superiori a 38°. Il metodo si basa sulla seguente relazione: $\varphi = 19 - 3{,}8\sigma + 8{,}73Log\left(N_{spt}\right)$

dove σ è la pressione litostatica efficace a metà strato in Kg/cmq e N_{spt} il numero di colpi medio misurato nello strato.

Owasaki & Iwasaki

Il metodo è valido per sabbie da medie a grossolane fino a debolmente ghiaiose. Anche questo metodo trova le sue condizioni ottimali di applicabilità per profondità di prova superiori a 8 - 10 per terreni sopra falda e superiori a 15 m per terreni in falda (σ>15-20 t/mq). Il metodo si basa sulla seguente relazione:

Sowers

Il metodo di Sowers (1961) è valido per le sabbie in genere e trova le sue condizioni ottimali di applicabilità per profondità di prova inferiori a circa 4 m per terreni sopra falda e inferiori a circa 7 m per terreni in falda (σ > 5-8 t/mq). La relazione è la seguente: $\varphi = 28 + 0{,}28 N_{spt}$

Malcev

Il metodo di Malcev (1964) è invece valido per le sabbie in genere e per qualunque profondità (tranne che per i primi 2 m sotto il p.c.). E' da considerarsi inattendibile per valori di φ superiori a 38°.

$$\varphi = 20 - 5Log(\sigma) + 3{,}73Log(N_{spt})$$

dove σ è la pressione litostatica efficace a metà strato in kg/cmq e N_{spt} il numero di colpi medio misurato nello strato.

Peck-Hanson & Thornburn

Il metodo di Peck - Hanson & Thornburn è valido per le sabbie in genere e trova le sue condizioni ottimali di applicabilità per profondità di prova inferiori a circa 5 m per terreni sopra falda e inferiori a circa 8 m per terreni in falda (pressione efficace inferiore a 8-10 t/mq).

$$\varphi = 27{,}2 + 0{,}28 N_{spt}$$

Meyerhof

Il metodo di Meyerhof (1965) che correla φ con N_{spt} medio dello strato in funzione della sua granulometria, è valido per le sabbie in genere e trova le sue condizioni ottimali di applicabilità per profondità inferiori a 5 m (relazione 1) e 3 m (relazione 2) nel caso di terreni sopra falda e inferiori a 8 m (relazione 1) e 5 m (relazione 2) per terreni sotto falda (pressione efficace inferiore a 5-8 t/mq).

(rel.1) $\varphi = 29{,}47 + 0{,}46 N_{spt} - 0{,}004 N^2{}_{spt}$ **(< 5% di limo)**	**(rel.2)** $\varphi = 23{,}7 + 0{,}57 N_{spt} - 0{,}006 N^2{}_{spt}$ **(>5% di limo)**

Rapporto τ/σ.

La resistenza alla liquefazione di una sabbia può essere valutata con la relazione empirica di Seed e Idriss.

$\tau/\sigma = \frac{N_1}{90}$	$N_1 = [1 - 1{,}25 Log_{10}(\sigma_v')] N_{spt}$	σ'v1 = 2.18 t/mq	τ/σ =

Modulo edometrico

Menzebach e Malcev.

La proposizione di Menzebach e Malcev è valido come il precedente con le stesse premesse tecniche.

$$M(kg/cmq) = 3{,}54 N_{spt} + 38 \text{ (Sabbia fine)}$$

$$M(kg/cmq) = 4{,}46 N_{spt} + 38 \text{ (Sabbia media)}$$

$$M(kg/cmq) = 10{,}46 N_{spt} + 38 \text{ (Sabbia + ghiaia)}$$

$$M(kg/cmq) = 11{,}84 N_{spt} + 38 \text{ (Sabbia ghiaiosa)}$$

Farrent

Il metodo di Farrent è valido per le sabbie in generale e non considera l'influenza della pressione efficace, che porta a parità di N_{spt} ad una diminuzione di M con la profondità. $M(kg/cmq) = 7{,}1 N_{spt}$

Modulo di deformazione (modulo di Young).

Tornaghi et al.

Il metodo è valido per sabbia + ghiaia e sabbia pulita e come le precedenti relazioni assume le stesse parametrizzazioni non considerando l'influenza della pressione efficace, che porta a parità di N_{spt} ad una diminuzione di M con la profondità. La relazione seguente:

Dove N_{spt} è il numero di colpi medio nello strato mentre B è una costante pari a 7 MPa.

$$E \text{ (MPa)} = 7 \times (20)^{1/2} = 25{,}239$$

La relazione va considerata inattendibile per N_{spt} molto bassi o molto alti. Nel primo caso E risulta eccessivamente elevato, nel secondo caso eccessivamente basso.

Schmertmann

Il metodo è valido per le sabbie in generale e si basa sulla seguente relazione: $E(kg/cmq) = 2BNspt$, dove Nspt è il numero di colpi medio nello strato e B è una costante variabile in funzione della litologia:

B	Litologia	Elaborazione
4	sabbia fine	

6	sabbia media	
10	sabbia grossolana	

Stroud

Il metodo si basa sulla seguente relazione: $E(MPa) = \alpha Nspt$, dove N_{spt} è il numero di colpi medio nello strato mentre α è una grandezza che varia in funzione di N_{spt} secondo la formula:

$$\alpha = -0.00107 Nspt^2 + 0.136 Nspt + 1.503$$

D'Appolonia et Alii.

Il metodo di D'Appolonia è valido per sabbia + ghiaia e sabbie sovraconsolidate. Il metodo non considera l'influenza della pressione efficace, che porta a parità di N_{spt} ad una diminuzione di E con la profondità.

$$E(kg/cmq) = 7{,}71 N_{spt} + 191 \text{ (Ghiaia + sabbia)}$$

$$E(kg/cmq) = 10{,}63 N_{spt} + 375 \text{ (Sabbia SC)}$$

Schultze e Menzebach.

Il metodo di Schultze e Menzebach è valido per sabbia sotto falda. Il metodo non considera l'influenza della pressione efficace, che porta a parità di Nspt ad una diminuzione di E con la profondità.

$$E(kg/cmq) = 5{,}27 N_{spt} + 76$$

Webb.

Il metodo di Webb è valido per sabbia sotto falda o sabbia con fine plastico. Il metodo non considera l'influenza della pressione efficace, che porta a parità di N_{spt} ad una diminuzione di E con la profondità.

$$E(kg/cmq) = 4{,}87 N_{spt} + 73 \text{ (Sabbia satura)}$$

$$E(kg/cmq) = 3{,}22 N_{spt} + 16 \text{ (Sabbia con fine plastico)}$$

Modulo di compressibilità

$$E = 2 - 3 \times N_{spt} \text{ (MPa)}$$

Modulo di deformazione di taglio.

Ohsaki & Iwasaki

Il metodo di Ohsaki & Iwasaki, valido per le sabbie pulite o con fine plastico (limo o argilla), si basa sulla seguente relazione:

dove N_{spt} è il numero di colpi medio nello strato mentre a e b sono costanti dipendenti dalla granulometria del deposito secondo il seguente schema:

a	b	Granulometria	Elaborazioni
650	0.94	Sabbie pulite	
1182	0.76	Sabbie con fine plastico	

Crespellani e Vannucchi

Il metodo di Crespellani e Vannucchi, valido per le sabbie in generale, si basa sulla seguente relazione:

$$G_0(t/mq) = 794 Nspt^{0,611}$$

INDAGINI: PROVE IN SITU DP

Le indagini eseguite dallo scrivente nel settore in studio permettono di acquisire dati in situ che possono essere trattai secondo le usuali elaborazioni in geotecnica (Allegato 1) e secondo le classificazioni del CNR (Allegato 2).

Le indagini in situ sono riferibili a n.4 prove penetrometriche dinamiche e a uno stendimento geofisico (Allegato 3). Sono state inoltre effettuate, oltre a diversi sopralluoghi in situ, l'analisi dei diversi tagli stradali e delle diverse incisioni morfologiche ubicate lungo i canali. La prova penetrometrica ha evidenziato affioramenti di terreni caratteristiche geomeccaniche riportati per le differenti prove.

Densità					
Parametro	**molto sciolta**	**sciolta**	**med. densa**	**densa**	**molto densa**
N_{spt}	**4**	**4-10**	**10-30**	**30-50**	**>50**
q_c (MPa)	**5**	**5-10**	**10-15**	**15-20**	**>20**
Dr %	**15**	**15-35**	**35-65**	**65-85**	**85-100**
Y_d (KN/mc)	**14**	**14-16**	**16-18**	**18-20**	**>20**
φ	**30**	**30-32**	**32-35**	**35-38**	**>38**

Tabella 02 - correlazioni tra N_{spt} e proprietà delle sabbie.

L'indicazione fornita dall'indice Nspt definisce la presenza di terre dalla consistenza:, in correlazione (tabella 02) tra N_{spt} - φ - Dr % **e N_{spt} - Y_d.**

Prova Dp_01

Tabulato della prova				
Profondità (m)	**N. colpi della punta misurato**	**N.colpi del rivestimento**	**N. colpi SPT equivalenti**	**N. colpi del rivestimento corretto**

0.1	1		1	
0.2	4		4	
0.3	3		3	
0.4	5		4	
0.5	7		6	
0.6	17		15	
0.7	26		23	
0.8	26		23	
0.9	20		18	
1	25		22	
1.1	34		31	
1.2	21		19	
1.3	22		20	
1.4	28		25	
1.5	21		19	
1.6	26		23	
1.7	70		63	

Stratigrafia della prova

Profondità	Nspt medio equiv.	Resist.dinam.	Descrizione litologica	Comport. meccanico	Correzione litologica	Resist.dinam.SPT	N1
0.1	1	4.61	Sabbia molto sciolta	0	1	5.25	1
0.2	4	18.33	Sabbia sciolta	0	1	20.84	3
0.3	3	13.65	Sabbia molto sciolta	0	1	15.53	2
0.4	4	18.08	Sabbia sciolta	0	1	20.57	3
0.5	6	26.94	Sabbia sciolta	0	1	30.66	4
0.6	15	66.9	Sabbia compatta	0	1	76.17	11
0.7	23	101.9	Sabbia compatta	0	1	116.05	17
0.8	23	101.22	Sabbia compatta	0	1	115.32	17
0.9	18	78.7	Sabbia compatta	0	1	89.68	14
1	22	95.56	Sabbia compatta	0	1	108.93	16
1.1	31	133.78	Sabbia densa	0	1	152.55	23
1.2	19	81.47	Sabbia compatta	0	1	92.92	14
1.3	20	85.2	Sabbia compatta	0	1	97.22	15
1.4	25	105.83	Sabbia compatta	0	1	120.78	19
1.5	19	79.92	Sabbia compatta	0	1	91.24	14
1.6	23	96.14	Sabbia compatta	0	1	109.79	17
1.7	63	261.7	Sabbia molto densa	0	1	298.93	47

Peso del maglio (kg): 20

Peso delle aste (kg): 3

Volata del maglio (cm): 20

Diametro della punta (cm): 3.57

Passo di lettura (cm): 10

Lunghezza della prova (m):1.7

Profondità di partenza (m):0.8

Fattore di correzione strumentale: 0.9

Comportamento meccanico dello strato: 0 = incoerente - 1 = coesivo - 2 = intermedio

Profondità della falda (m): 0.0

Classificazione del sito secondo il D.M. 14.01.2008: Vs30 (m/s)=158 sito di classe D

Classificazione del sito secondo il D.M. 14.01.2008: Nspt30=43 sito di classe C

Parametri geotecnici (n.c.)

Profondità base strato(m)	Nspt medio equivalente	Descrizione litologica dello strato	Velocità onde S	Rapporto Tau/Sigma	Angolo d'attrito	Peso di volume naturale (t/mc)	Densità relativa	Modulo Di Young	Modulo edom. incoerenti	Coesione non drenata	Mod.edom. coesivi	O. C. R.	Mod. dinamico di taglio	Pres.eff. a metà strato
			m/s		(°)		%	kg/cmq	kg/cmq	kg/cmq	kg/cmq		kg/cmq	kg/cmq
0.1	1	Sabbia molto sciolta	40	0.04	19	2.08	49	16	7				79	0.01
0.2	4	Sabbia sciolta	64	0.14	23	2.2	73	80	28				185	0.02
0.3	3	Sabbia molto sciolta	67	0.1	22	2.11	55	56	21				155	0.03
0.4	4	Sabbia sciolta	75	0.12	23	2.12	58	80	28				185	0.04
0.5	6	Sabbia sciolta	85	0.18	24	2.17	67	134	43				237	0.05
0.6	15	Sabbia compatta	103	0.42	30	2.27	85	486	107				416	0.06
0.7	23	Sabbia compatta	115	0.61	34	2.27	85	917	163				540	0.08
0.8	23	Sabbia compatta	118	0.59	34	2.27	85	917	163				540	0.09
0.9	18	Sabbia compatta	116	0.45	31	2.27	85	636	128				464	0.1
1	22	Sabbia compatta	123	0.54	33	2.27	85	858	156				525	0.11
1.1	31	Sabbia densa	133	0.73	37	2.27	85	1426	220				647	0.13
1.2	19	Sabbia compatta	124	0.44	32	2.27	85	690	135				480	0.14
1.3	20	Sabbia compatta	128	0.45	32	2.27	85	744	142				495	0.15
1.4	25	Sabbia compatta	135	0.55	34	2.27	85	1038	178				568	0.16
1.5	19	Sabbia compatta	130	0.41	32	2.27	85	690	135				480	0.18
1.6	23	Sabbia compatta	136	0.49	34	2.27	85	917	163				540	0.19
1.7	63	Sabbia molto densa	164	1.31	45	2.27	85	3598	447				999	0.2

Parametri geotecnici (c.)

Profondità base strato(m)	Nspt medio equivalente	Descrizione litologica dello strato	Velocità onde S	Rapporto Tau/Sigma	Angolo d'attrito	Peso di volume naturale (t/mc)	Densità relativa	Modulo Di Young	Modulo edom. incoerenti	Coesione non drenata	Mod.edom. coesivi	O. C. R.	Mod. dinamico di taglio	Pres.eff. a metà strato
			m/s		(°)		%	kg/cmq	kg/cmq	kg/cmq	kg/cmq		kg/cmq	kg/cmq
0.1	1	Argilla molto molle	37			1.54				0.13	9	11.	240	0
0.2	4	Argilla mediamente compatta	58			1.86				0.54	36	14.	709	0.01
0.3	3	Argilla molle	62			1.8				0.4	27	4.6	566	0.02
0.4	4	Argilla mediamente compatta	69			1.86				0.54	36	4.3	709	0.03
0.5	6	Argilla mediamente compatta	78			1.95				0.8	54	5.1	972	0.04
0.6	15	Argilla molto consistente	95			2.16				2.01	135	12.	1987	0.05
0.7	23	Argilla molto consistente	106			2.25				3.08	207	16.	2774	0.06
0.8	23	Argilla molto consistente	109			2.25				3.08	207	13.	2774	0.07
0.9	18	Argilla molto consistente	107			2.2				2.41	162	8.4	2291	0.08
1	22	Argilla molto consistente	113			2.24				2.95	198	9.5	2679	0.09
1.1	31	Argilla dura	122			2.32				4.15	279	13.	3501	0.11
1.2	19	Argilla molto consistente	114			2.21				2.55	171	6.9	2390	0.12
1.3	20	Argilla molto consistente	117			2.22				2.68	180	7.3	2487	0.13
1.4	25	Argilla molto consistente	124			2.27				3.35	225	9.6	2960	0.14
1.5	19	Argilla molto consistente	120			2.21				2.55	171	6.9	2390	0.16
1.6	23	Argilla molto consistente	126			2.25				3.08	207	9.2	2774	0.17
1.7	63	Argilla dura	151			2.48				8.44	567	34.	6087	0.18

Prova Dp_02

Tabulato della prova

Profondità (m)	N. colpi della punta misurato	N.colpi del rivestimento	N. colpi SPT equivalenti	N. colpi del rivestimento corretto
0.1	1		1	
0.2	2		2	
0.3	2		2	
0.4	4		4	
0.5	6		5	
0.6	14		13	

Stratigrafia della prova

Profondità	Nspt medio equiv.	Resist.dinam.	Descrizione litologica	Comport. meccanico	Correzione litologica	Resist.dinam.SPT	N1
0.1	1	4.61	Sabbia molto sciolta	0	1	5.25	1
0.2	2	9.17	Sabbia molto sciolta	0	1	10.42	2
0.3	2	9.1	Sabbia molto sciolta	0	1	10.35	2
0.4	4	18.08	Sabbia sciolta	0	1	20.57	3
0.5	5	22.45	Sabbia sciolta	0	1	25.55	4
0.6	13	57.98	Sabbia compatta	0	1	66.01	10

Classificazione del sito secondo il D.M. 14.01.2008: Vs30 (m/s)=100 sito di classe D

Classificazione del sito secondo il D.M. 14.01.2008: Nspt30 (m/s)=12 sito di classe D

Parametri geotecnici (n.c.)

Profondità base strato(m)	Nspt medio equivalente	Descrizione litologica dello strato	Velocità onde S	Rapporto Tau/Sigma	Angolo d'attrito	Peso di volume naturale (t/mc)	Densità relativa	Modulo Di Young	Modulo edom. incoerenti	Coesione non drenata	Mod.edom. coesivi	O. C. R.	Mod. dinamico di taglio	Pres.eff. a metà strato
			m/s		(°)		%	kg/cmq	kg/cmq	kg/cmq	kg/cmq		kg/cmq	kg/cmq
0.1	1	Sabbia molto sciolta	40	0.04	19	1.86	42	16	7				79	0.01
0.2	2	Sabbia molto sciolta	56	0.06	20	1.88	45	35	14				121	0.03
0.3	2	Sabbia molto sciolta	62	0.06	20	1.85	39	35	14				121	0.05
0.4	4	Sabbia sciolta	75	0.11	23	1.92	51	80	28				185	0.07
0.5	5	Sabbia sciolta	82	0.13	24	1.93	54	106	36				212	0.08
0.6	13	Sabbia compatta	101	0.32	29	2.13	82	394	92				381	0.11

Parametri geotecnici (c.)

Profondità base strato(m)	Nspt medio equivalente	Descrizione litologica dello strato	Velocità onde S	Rapporto Tau/Sigma	Angolo d'attrito	Peso di volume naturale (t/mc)	Densità relativa	Modulo Di Young	Modulo edom. incoerenti	Coesione non drenata	Mod.edom. coesivi	O. C. R.	Mod. dinamico di taglio	Pres.eff. a metà strato
			m/s		(°)		%	kg/cmq	kg/cmq	kg/cmq	kg/cmq		kg/cmq	kg/cmq
0.1	1	Argilla molto molle	37			1.54				0.13	9	3.0	240	0.01
0.2	2	Argilla molle	52			1.71				0.27	18	1.9	413	0.02
0.3	2	Argilla molle	58			1.71				0.27	18	1.0	413	0.04
0.4	4	Argilla mediamente compatta	69			1.86				0.54	36	1.6	709	0.06
0.5	5	Argilla mediamente	76			1.91				0.67	45	1.5	844	0.08

		compatta												
0.6	13	Argilla consistente	93			2.12				1.74	117	3.9	1777	0.1

Prova Dp_03

Tabulato della prova

Profondità (m)	N. colpi della punta misurato	N.colpi del rivestimento	N. colpi SPT equivalenti	N. colpi del rivestimento corretto
0.1	8		7	
0.2	3		3	
0.3	3		3	
0.4	31		28	
0.5	6		5	
0.6	3		3	
0.7	5		4	
0.8	6		5	
0.9	4		4	
1	2		2	
1.1	10		9	
1.2	23		21	
1.3	13		12	
1.4	8		7	
1.5	7		6	
1.6	12		11	
1.7	15		13	
1.8	15		13	
1.9	22		20	
2	20		18	
2.1	11		10	
2.2	9		8	
2.3	4		4	
2.4	6		5	
2.5	11		10	
2.6	15		13	
2.7	5		4	
2.8	26		23	
2.9	43		39	
3	100		90	

Stratigrafia della prova

Profondità	Nspt medio equiv.	Resist.dinam.	Descrizione litologica	Comport. meccanico	Correzione litologica	Resist.dinam.SPT	N1
0.1	7	32.3	Sabbia sciolta	0	1	36.72	5
0.2	3	13.75	Sabbia molto sciolta	0	1	15.63	2
0.3	3	13.65	Sabbia molto sciolta	0	1	15.53	2

0.4	28	126.57	Sabbia compatta	0	1	144.02	21
0.5	5	22.45	Sabbia sciolta	0	1	25.55	4
0.6	3	13.38	Sabbia molto sciolta	0	1	15.23	2
0.7	4	17.72	Sabbia sciolta	0	1	20.18	3
0.8	5	22	Sabbia sciolta	0	1	25.07	4
0.9	4	17.49	Sabbia sciolta	0	1	19.93	3
1	2	8.69	Sabbia molto sciolta	0	1	9.9	2
1.1	9	38.84	Sabbia sciolta	0	1	44.29	7
1.2	21	90.04	Sabbia compatta	0	1	102.7	16
1.3	12	51.12	Sabbia compatta	0	1	58.33	9
1.4	7	29.63	Sabbia sciolta	0	1	33.82	5
1.5	6	25.24	Sabbia sciolta	0	1	28.81	4
1.6	11	45.98	Sabbia compatta	0	1	52.51	8
1.7	13	54	Sabbia compatta	0	1	61.68	10
1.8	13	53.67	Sabbia compatta	0	1	61.32	10
1.9	20	82.05	Sabbia compatta	0	1	93.78	15
2	18	73.4	Sabbia compatta	0	1	83.91	14
2.1	10	40.53	Sabbia compatta	0	1	46.34	8
2.2	8	32.23	Sabbia sciolta	0	1	36.86	6
2.3	4	16.02	Sabbia sciolta	0	1	18.32	3
2.4	5	19.9	Sabbia sciolta	0	1	22.77	4
2.5	10	39.57	Sabbia compatta	0	1	45.29	8
2.6	13	51.13	Sabbia compatta	0	1	58.54	10
2.7	4	15.64	Sabbia sciolta	0	1	17.91	3
2.8	23	89.41	Sabbia compatta	0	1	102.42	17
2.9	39	150.72	Sabbia densa	0	1	172.7	29
3	90	345.81	Sabbia molto densa	0	1	396.34	68

Classificazione del sito secondo il D.M. 14.01.2008: Nspt30=39 sito di classe C

Parametri geotecnici (n.c.)

Profondità base strato(m)	Nspt medio equivalente	Descrizione litologica dello strato	Velocità onde S	Rapporto Tau/Sigma	Angolo d'attrito	Peso di volume naturale (t/mc)	Densità relativa	Modulo Di Young	Modulo edom. incoerenti	Coesione non drenata	Mod.edom. coesivi	O.C.R.	Mod. dinamico di taglio	Pres.eff. a metà strato
			m/s		(°)		%	kg/cmq	kg/cmq	kg/cmq	kg/cmq		kg/cmq	kg/cmq
0.1	7	Sabbia sciolta	56	0.27	25	2.16	85	165	50				261	0.01
0.2	3	Sabbia molto sciolta	60	0.1	22	1.93	53	56	21				155	0.03
0.3	3	Sabbia molto sciolta	67	0.09	22	1.89	47	56	21				155	0.05
0.4	28	Sabbia compatta	105	0.76	35	2.16	85	1228	199				608	0.07
0.5	5	Sabbia	82	0.13	24	1.93	53	106	36				212	0.09

		sciolta												
0.6	3	Sabbia molto sciolta	78	0.07	22	1.85	39	56	21				155	0.11
0.7	4	Sabbia sciolta	85	0.09	23	1.87	43	80	28				185	0.13
0.8	5	Sabbia sciolta	91	0.11	24	1.89	47	106	36				212	0.15
0.9	4	Sabbia sciolta	90	0.09	23	1.85	40	80	28				185	0.17
1	2	Sabbia molto sciolta	81	0.04	20	1.79	28	35	14				121	0.18
1.1	9	Sabbia sciolta	107	0.19	27	1.96	58	233	64				304	0.2
1.2	21	Sabbia compatta	126	0.43	33	2.16	85	801	149				510	0.22
1.3	12	Sabbia compatta	117	0.24	28	2	64	351	85				363	0.24
1.4	7	Sabbia sciolta	108	0.13	25	1.9	48	165	50				261	0.26
1.5	6	Sabbia sciolta	107	0.11	24	1.87	43	134	43				237	0.28
1.6	11	Sabbia compatta	120	0.2	28	1.96	58	310	78				344	0.3
1.7	13	Sabbia compatta	125	0.23	29	1.99	62	394	92				381	0.32
1.8	13	Sabbia compatta	127	0.23	29	1.98	61	394	92				381	0.34
1.9	20	Sabbia compatta	138	0.35	32	2.08	75	744	142				495	0.36
2	18	Sabbia compatta	137	0.31	31	2.04	70	636	128				464	0.38
2.1	10	Sabbia compatta	125	0.17	27	1.92	51	270	71				324	0.4
2.2	8	Sabbia sciolta	121	0.13	26	1.88	45	198	57				283	0.42
2.3	4	Sabbia sciolta	109	0.06	23	1.81	32	80	28				185	0.44
2.4	5	Sabbia	114	0.08	24	1.83	35	106	36				212	0.46

		sciolta												
2.5	10	Sabbia compatta	130	0.16	27	1.9	49	270	71				324	0.48
2.6	13	Sabbia compatta	137	0.2	29	1.94	55	394	92				381	0.5
2.7	4	Sabbia sciolta	112	0.06	23	1.8	30	80	28				185	0.51
2.8	23	Sabbia compatta	153	0.34	34	2.06	72	917	163				540	0.53
2.9	39	Sabbia densa	168	0.57	39	2.16	85	1981	277				745	0.55
3	90	Sabbia molto densa	196	1.3	45	2.16	85	4480	639				1242	0.58

Parametri geotecnici (c.)

Profondità base strato(m)	Nspt medio equivalente	Descrizione litologica dello strato	Velocità onde S	Rapporto Tau/Sigma	Angolo d'attrito	Peso di volume naturale (t/mc)	Densità relativa	Modulo Di Young	Modulo edom. incoerenti	Coesione non drenata	Mod.edom. coesivi	O. C. R.	Mod. dinamico di taglio	Pres.eff. a metà strato
			m/s		(°)		%	kg/cmq	kg/cmq	kg/cmq	kg/cmq		kg/cmq	kg/cmq
0.1	7	Argilla mediamente compatta	52			1.99				0.94	63	26.	1097	0.01
0.2	3	Argilla molle	56			1.8				0.4	27	2.4	566	0.03
0.3	3	Argilla molle	62			1.8				0.4	27	1.4	566	0.05
0.4	28	Argilla molto consistente	97			2.3				3.75	252	15.	3234	0.07
0.5	5	Argilla mediamente compatta	76			1.91				0.67	45	1.3	844	0.09
0.6	3	Argilla molle	72			1.8				0.4	27	0.5	566	0.11
0.7	4	Argilla mediamente compatta	78			1.86				0.54	36	0.7	709	0.13
0.8	5	Argilla mediamente compatta	84			1.91				0.67	45	0.8	844	0.14
0.9	4	Argilla mediamente compatta	83			1.86				0.54	36	0.5	709	0.16
1	2	Argilla molle	75			1.71				0.27	18	0.2	413	0.18
1.1	9	Argilla consistente	99			2.04				1.21	81	1.3	1334	0.2
1.2	21	Argilla molto consistente	116			2.23				2.81	189	3.6	2584	0.22

1.3	12	Argilla consistente	108			2.11				1.61	108	1.8	1670	0.24
1.4	7	Argilla mediamente compatta	100			1.99				0.94	63	0.9	1097	0.26
1.5	6	Argilla mediamente compatta	98			1.95				0.8	54	0.7	972	0.28
1.6	11	Argilla consistente	111			2.09				1.47	99	1.7	1560	0.3
1.7	13	Argilla consistente	115			2.12				1.74	117	2.3	1777	0.32
1.8	13	Argilla consistente	0.35							2.12	1.74	117	2.5	1777
1.9	20	Argilla molto consistente	127			2.22				2.68	180	4.9	2487	0.37
2	18	Argilla molto consistente	126			2.2				2.41	162	5.1	2291	0.39
2.1	10	Argilla consistente	115			2.07				1.34	90	3.0	1449	0.41
2.2	8	Argilla consistente	112			2.02				1.07	72	3.2	1217	0.43
2.3	4	Argilla mediamente compatta	100			1.86				0.54	36	2.2	709	0.45
2.4	5	Argilla mediamente compatta	105			1.91				0.67	45	7.8	844	0.47
2.5	10	Argilla consistente	119			2.07				1.34	90	19.	1449	0.49
2.6	13	Argilla consistente	126			2.12				1.74	117	26.	1777	0.51
2.7	4	Argilla mediamente compatta	104			1.86				0.54	36	5.7	709	0.53
2.8	23	Argilla molto consistente	141			2.25				3.08	207	48.	2774	0.55
2.9	39	Argilla dura	155			2.37				5.23	351	89.	4188	0.57
3	90	Argilla dura	180			2.56				12.06	810	241	8040	0.6

Prova Dp_04

Tabulato della prova

Profondità (m)	N. colpi della punta misurato	N.colpi del rivestimento	N. colpi SPT equivalenti	N. colpi del rivestimento corretto
0.1	1		1	
0.2	2		2	
0.3	2		2	
0.4	1		1	
0.5	13		12	

0.6	21		19	
0.7	8		7	
0.8	9		8	
0.9	26		23	
1	31		28	
1.1	30		27	
1.2	40		36	
1.3	41		37	
1.4	36		32	
1.5	44		40	
1.6	37		33	
1.7	72		65	

Stratigrafia della prova

Profondità	Nspt medio equiv.	Resist.dinam.	Descrizione litologica	Comport. meccanico	Correzione litologica	Resist.dinam.SPT	N1
0.1	1	4.61	Sabbia molto sciolta	0	1	5.25	1
0.2	2	9.17	Sabbia molto sciolta	0	1	10.42	2
0.3	2	9.1	Sabbia molto sciolta	0	1	10.35	2
0.4	1	4.52	Sabbia molto sciolta	0	1	5.14	1
0.5	12	53.88	Sabbia compatta	0	1	61.32	9
0.6	19	84.74	Sabbia compatta	0	1	96.48	14
0.7	7	31.01	Sabbia sciolta	0	1	35.32	5
0.8	8	35.21	Sabbia sciolta	0	1	40.11	6
0.9	23	100.56	Sabbia compatta	0	1	114.6	17
1	28	121.62	Sabbia compatta	0	1	138.64	21
1.1	27	116.52	Sabbia compatta	0	1	132.86	20
1.2	36	154.35	Sabbia densa	0	1	176.06	27
1.3	37	157.63	Sabbia densa	0	1	179.85	28
1.4	32	135.46	Sabbia densa	0	1	154.6	24
1.5	40	168.26	Sabbia densa	0	1	192.09	30
1.6	33	137.94	Sabbia densa	0	1	157.52	25

Classificazione del sito secondo il D.M. 14.01.2008: Nspt30=37 sito di classe C

Parametri geotecnici (n.c.)

Profondità base strato(m)	Nspt medio equivalente	Descrizione litologica dello strato	Velocità onde S	Rapporto Tau/Sigma	Angolo d'attrito	Peso di volume naturale (t/mc)	Densità relativa	Modulo Di Young	Modulo edom. incoerenti	Coesione non drenata	Mod.edom. coesivi	O.C.R.	Mod. dinamico di taglio	Pres.eff. a metà strato
			m/s		(°)		%	kg/cmq	kg/cmq	kg/cmq	kg/cmq		kg/cmq	kg/cmq
0.1	1	Sabbia molto sciolta	40	0.04	19	1.86	42	16	7				79	0.01
0.2	2	Sabbia molto sciolta	56	0.06	20	1.88	45	35	14				121	0.03
0.3	2	Sabbia	62	0.06	20	1.85	39	35	14				121	0.05

		molto sciolta												
0.4	1	Sabbia molto sciolta	59	0.03	19	1.78	26	16	7				79	0.06
0.5	12	Sabbia compatta	95	0.32	28	2.14	83	351	85				363	0.08
0.6	19	Sabbia compatta	107	0.46	32	2.16	85	690	135				480	0.11
0.7	7	Sabbia sciolta	94	0.16	25	1.95	57	165	50				261	0.13
0.8	8	Sabbia sciolta	98	0.18	26	1.97	59	198	57				283	0.15
0.9	23	Sabbia compatta	121	0.5	34	2.16	85	917	163				540	0.17
1	28	Sabbia compatta	128	0.59	35	2.16	85	1228	199				608	0.19
1.1	27	Sabbia compatta	130	0.55	35	2.16	85	1164	192				595	0.21
1.2	36	Sabbia densa	139	0.72	38	2.16	85	1770	256				709	0.23
1.3	37	Sabbia densa	142	0.72	39	2.16	85	1840	263				721	0.25
1.4	32	Sabbia densa	140	0.61	37	2.16	85	1494	227				660	0.27
1.5	40	Sabbia densa	148	0.73	39	2.16	85	2052	284				757	0.3
1.6	33	Sabbia densa	145	0.59	37	2.16	85	1562	234				673	0.32
1.7	65		165	1.15	45	2.16	85	3711	462				1018	0.34

Parametri geotecnici (c.)

Profondità base strato(m)	Nspt medio equivalente	Descrizione litologica dello strato	Velocità onde S	Rapporto Tau/Sigma	Angolo d'attrito	Peso di volume naturale (t/mc)	Densità relativa	Modulo Di Young	Modulo edom. incoerenti	Coesione non drenata	Mod.edom. coesivi	O. C. R.	Mod. dinamico di taglio	Pres.eff. a metà strato
			m/s		(°)		%	kg/cmq	kg/cmq	kg/cmq	kg/cmq		kg/cmq	kg/cmq
0.1	1	Argilla molto molle	37			1.54				0.13	9	3.0	240	0.01
0.2	2	Argilla molle	52			1.71				0.27	18	1.9	413	0.02
0.3	2	Argilla molle	58			1.71				0.27	18	1.0	413	0.04
0.4	1	Argilla molto molle	55			1.54				0.13	9	0.2	240	0.06
0.5	12	Argilla consistente	88			2.11				1.61	108	4.7	1670	0.08

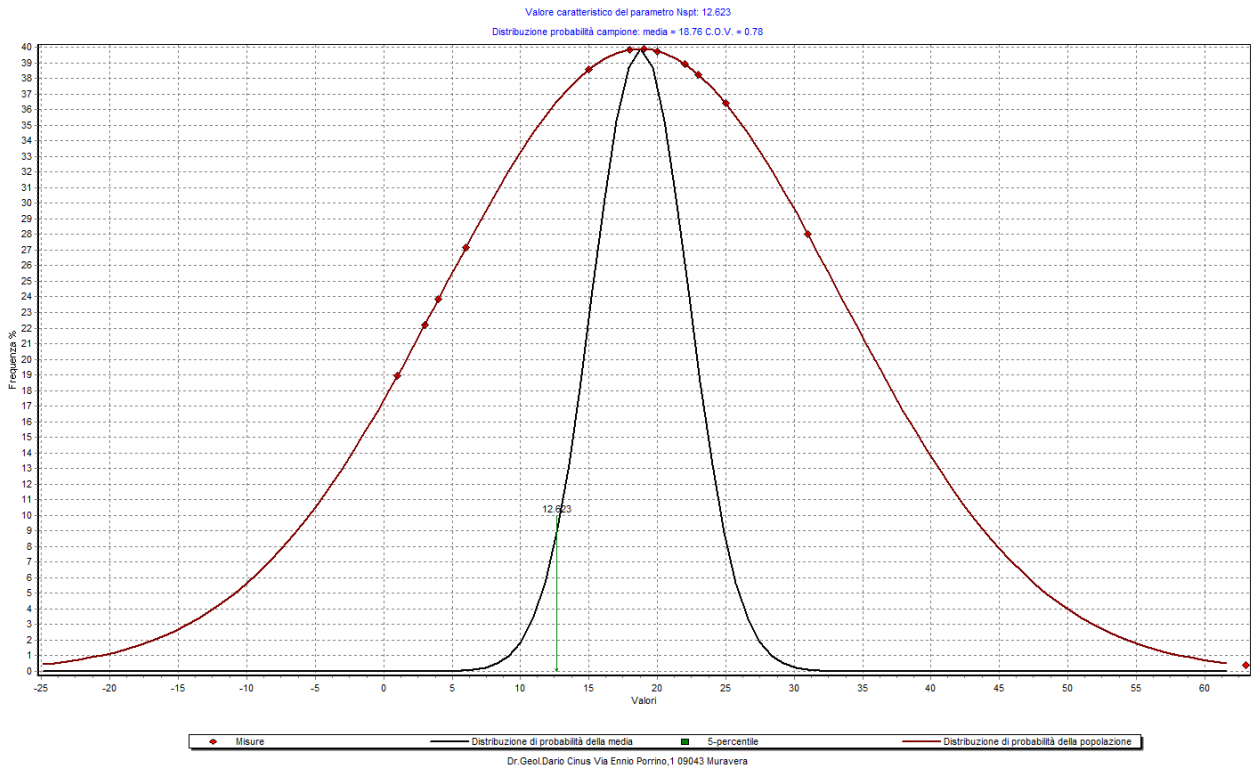
0.6	19	Argilla molto consistente	99			2.21				2.55	171	6.4	2390	0.1
0.7	7	Argilla mediamente compatta	86			1.99				0.94	63	1.5	1097	0.12
0.8	8	Argilla consistente	91			2.02				1.07	72	1.5	1217	0.14
0.9	23	Argilla molto consistente	111			2.25				3.08	207	5.0	2774	0.16
1	28	Argilla molto consistente	118			2.3				3.75	252	5.7	3234	0.18
1.1	27	Argilla molto consistente	119			2.29				3.62	243	5.0	3143	0.21
1.2	36	Argilla dura	128			2.35				4.82	324	6.9	3934	0.23
1.3	37	Argilla dura	130			2.36				4.96	333	7.0	4019	0.25
1.4	32	Argilla dura	129			2.33				4.29	288	5.8	3589	0.28
1.5	40	Argilla dura	136			2.38				5.36	360	7.9	4271	0.3
1.6	33	Argilla dura	134			2.33				4.42	297	6.4	3676	0.32
1.7	65	Argilla dura	152			2.48				8.71	585	16.	6237	0.35

VALORI CARATTERISTICI

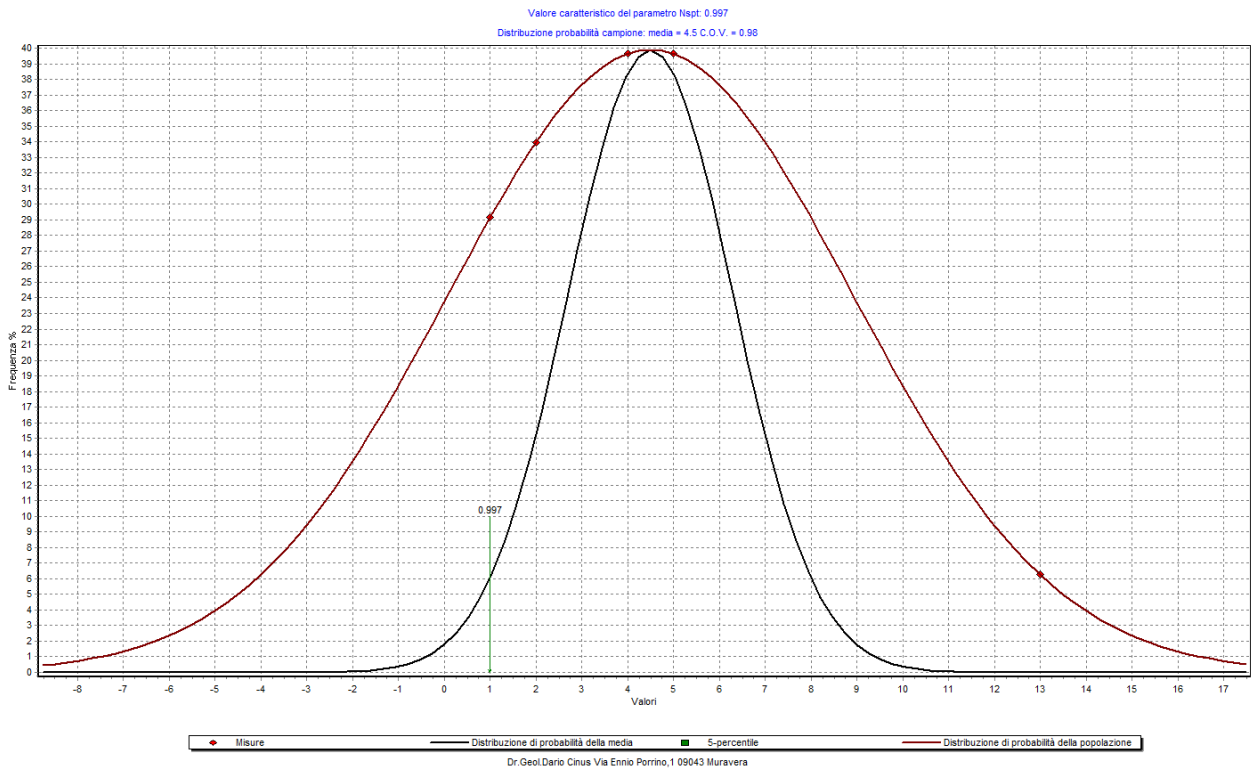
Le formulazioni di seguito riportate si riferiranno al valore di N_{spt} medio riportato in ogni tabella e al valore caratteristico determinato nel modo seguente:

Valore caratteristico	DP1	DP2	DP3	DP4
misure elaborate	17	6	30	17
parametro	N_{spt}	N_{spt}	N_{spt}	N_{spt}
valore medio	19	5	13	22
coefficiente di variazione (C.O.V.)	0.78	0.98	1.28	0.68
valore caratteristico calcolato	**13**	**1**	**8**	**14**

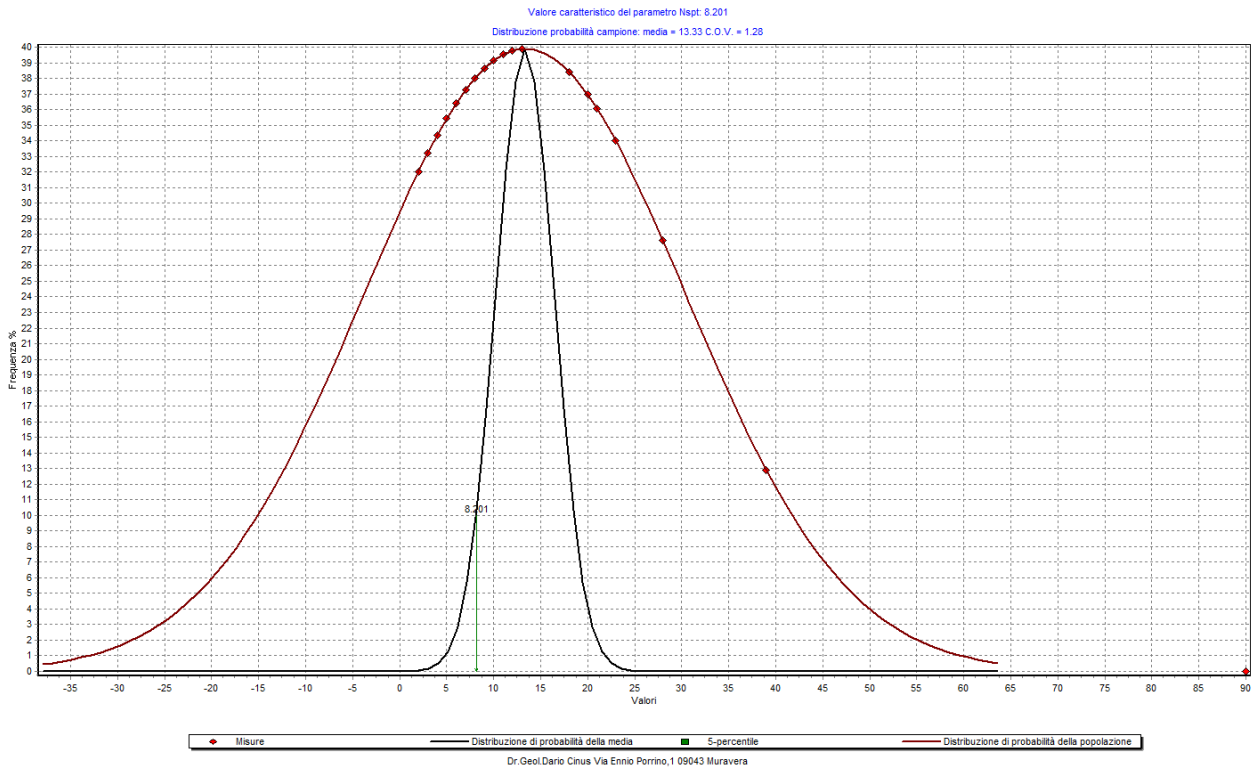
Tabella 03 – Determinazione del valore caratteristico Nspt



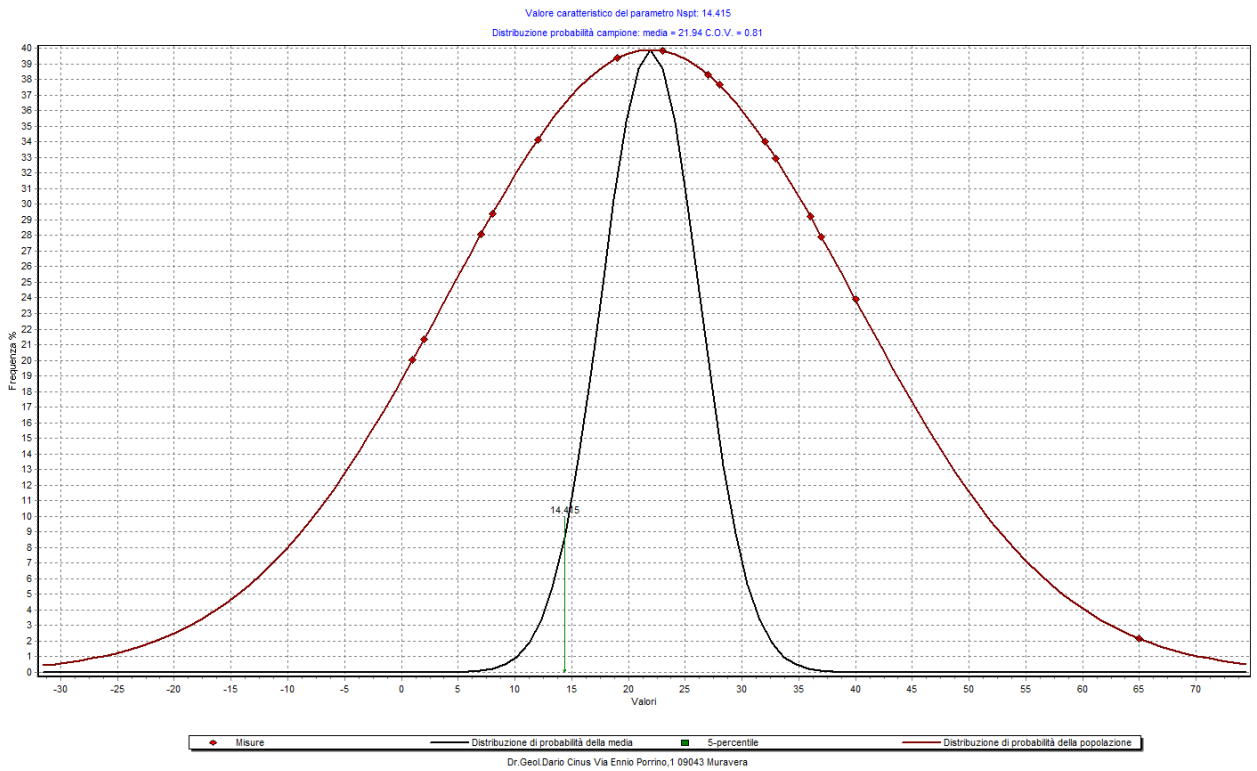
valore caratteristico Nspt della Dp_01



valore caratteristico Nspt della Dp_02



valore caratteristico Nspt della Dp_03



valore caratteristico Nspt della Dp_04

Allegato 1: Correzioni indice N_{spt}

Correzioni dell'indice N_{spt}	
Profondità > a 20m	Sabbie con ghiaia e/o ciottoli
$N_{spt'} = N_{spt}$ (1.06-0.003L) L = lunghezza delle aste in m	Punta conica $N_{spt}' = 1,25\ N_{SPT}$
Pressione verticale	**Sabbie fini / sabbie limose sotto falda**
$N_{spt'} = C_N \times N_{spt} = N_{spt'} = 22$ $C_N = 1/\sigma_v^{\ n}$ n = 0.5 Liao e Whitman n = 0.56 Jamiolkowski	$N_{SPT} > 15 \Rightarrow N'_{spt} = 15 + 0,5\ (N_{SPT} - 15)$ Terzaghi e Peck (1948)

Allegato 2: Definizioni secondo CNR UNI 10006

Num d'ordine	*Termine*	*Definizione*
1.1	Terra	Per terra si intende ogni roccia sciolta, ogni roccia frammentaria, cioè incoerente per natura o che diviene tale in seguito a più o meno prolungato contatto con acqua. I singoli frammenti possono avere dimensioni da qualche decimetro alla frazione di micron.
1.2	Terreno	Per terreno si intende la roccia, sia essa sciolta sia lapidea, considerata nel suo ambiente naturale.
1.3	Terreno vegetale	La parte superiore del terreno contenente sostanze organiche ed interessata dalle radici delle colture.
1.4	Granuli o grani [1)]	Le singole parti solide di una terra, separabili senza frantumazione.
1.5	Dimensione dei granuli [1)]	La dimensione del granulo è convenzionalmente definita secondo il metodo di prova come segue: a) per vagliatura, dall'apertura del crivello o staccio di più piccolo diametro o maglia attraverso il quale passa il granulo b) per sedimentazione o trascinamento in lama d'acqua, dal diametro della sfera di egual peso specifico che si comporta alla stessa maniera del granulo
1.6	Frazione di una terra	Insieme dei grani le cui dimensioni sono comprese in un determinato intervallo.
1.7	Ciottolo o pietra	Frazione di una terra di dimensioni maggiori di 71 mm (trattenuta cioè dal crivello 71 UNI 2334) costituita da elementi a spigoli arrotondati (ciottoli) o a spigoli vivi (pietre)
1.8	Ghiaia o breccia (Pietrisco)	Frazione di una terra compresa fra 71 e 25 mm (passante cioè al crivello 71 UNI 2334 e trattenuta dal crivello 25 UNI 2334) costituita da elementi a spigoli arrotondati (ghiaia) o a spigoli vivi (breccia)
1.9	Ghiaietto o breccetta (Pietrischetto)	Frazione di una terra compresa tra 25 e 10 mm (passante cioè al crivello 25 UNI 2334 e trattenuta dal crivello 10 Uni 2334) costituita da elementi rispettivamente a spigoli arrotondati e vivi [3)]
1.10	Ghiaino o brecciolino (Graniglia)	Frazione di una terra compresa tra 10 e 2 mm (passante cioè al crivello 10 UNI 2334 e trattenuta dallo staccio 2 Uni 2332) costituita rispettivamente da elementi a spigoli arrotondati e vivi
1.11	Sabbia	Frazione di una terra compresa tra 2 e 0,05 mm
1.12	Limo	Frazione di una terra compresa tra 0,05 e 0,005 mm
1.13	Argilla	Frazione di una terra avente dimensioni minori di 0,005 mm
1.14	Umidità	Rapporto percentuale fra il peso dell'acqua eliminata per essiccamento fino a peso costante a 105 ÷ 110 °C ed il peso della terra essiccata.
1.15	Peso specifico apparente di una terra (peso-volume detto anche densità)	Rapporto fra il peso di una campione di terra e il suo volume.
1.16	Peso volume del secco detto anche densità del secco	Rapporto fra il peso di una campione di terra essiccato a 105- 110 °C sino a peso costante ed il suo volume prima dell'essiccamento.
1.17	Soprastruttura o pavimentazione	Struttura sovrapposta al sottofondo destinata consentire il regolare dei veicoli distribuendo sul sottofondo i carichi da questi trasmessi od a proteggerlo dagli agenti atmosferici (pioggia, gelo, ecc) essa è costituita da uno o più strati.
1.18	Sottofondo	Terreno sul quale è poggiata la soprastruttura e più direttamente interessato dall'azione dei carichi esterni da questa trasmessi; può essere formata da terreno di scavo o di riporto che abbia o no subito un idoneo

		processo di miglioramento. La superficie che delimita superiormente il terreno di sottofondo costituisce il piano di posa della soprastruttura. Quando non altrimenti specificato la definizione si riferisce ad uno spessore di terreno dell'ordine di 20-50 cm.
1.19	Fondazione	Parte della soprastruttura avente principalmente la funzione di distribuire i carichi sul sottofondo. Può essere costituita da uno o più strati; lo strato più profondo viene chiamato primo strato di fondazione o può essere anche destinato a proteggere il sottofondo dall'azione del gelo e ad intercettare la risalita d'acqua. Lo strato più superficiale viene chiamato ultimo strato di fondazione o strato di base.
1.20	Strato di usura	Parte della soprastruttura che trovasi a diretto contatto con le ruote dei veicoli.
1.21	Strato di collegamento	Strato di conglomerato bituminoso talora interposto nelle pavimentazioni bituminose tra lo strato di usura e l'ultimo strato di fondazione
1.22	Manto	Insieme dello strato di usura o di collegamento di conglomerato bituminoso nelle pavimentazioni bituminose. Nelle pavimentazioni di cls il termine viene usato per indicare la lastra di cls.
1.23	Terra stabilizzata	Terra trattata in modo tale che la suscettibilità all'acqua di essa risulti ridotta e le sue caratteristiche meccaniche migliorate durevolmente.
1.24	Costipamento	Operazione meccanica di addensamento di una terra.
1.25	Consolidazione	Graduale diminuzione di volume delimitata dal piano di campagna, dalla superficie del sottofondo o dalle scarpate del rilevato o dalla trincea stradale
1.26	Solido stradale	Figura geometrica delimitata dal piano di campagna, dalla superficie del sottofondo o dalle scarpate del rilevato o dalla trincea stradale.
1.27	Grado di costipamento relativo (densità relativa)	Rapporto percentuale fra la densità del secco in sito del terreno e quella massima corrispondente all'energia di costipamento assunta come riferimento.

Classificazione secondo CNR UNI 10006

Classificazione generale	Terre ghiaia - sabbiosa							Terre limo - argillose					Torbe e terre organiche palustri
	Frazione passante al setaccio 0,075 UNI 2332 ≤ 35%							Frazione passante al setaccio 0,075 UNI 2332 >35%					
Gruppo	A1		A3	A2				A4	A5	A6	A7		A8
Sottogruppo	A1a	A1b		A2-4	A2-5	A2-6	A2-7						
Frazione passante al setaccio													
2 UNI 2332 %	≤80												
0,4 UNI 2332 %	≤30	≤80	≤80										
0,075 UNI 2332 %	≤15	≤25	≤10	≤35	≤35	≤35	≤35	≤35	≤35	≤35	≤35	≤35	
passante al setaccio 0,4 UNI 2332													
Limite liquido	0			≤ 40	> 40	≤40	>40	≤ 40	>40	≤ 40	≤ 40	≤ 40	
Indice di plasticità	≤6		N.P.	≤10	≤10max	>10	>10	≤10	≤10	>10	>10 (IP>LL30)	>10 (IP>LL30)	
Indice di gruppo	0		0	0		≤		≤8	≤12	≤18	≤20		
Materiali caratteristici costituenti il gruppo	ghiaia e breccia, sabbione, sabbia grossa, pomice, scorie		Sabbia fine	ghiaia e sabbia limosa e argillosa				Limi poco compressibili	Limi fort. compressibili	Argille poco compressibili	Argille fort. compressibili med. plastiche	Argille fort. compressibili fort. plastiche	Torbe di recente o remota formazione, detriti organici di origine palustre

	vulcaniche, pozzolane												
Qualità portanti quale terreno di sottofondo in assenza di gelo	da eccellenti a buone					Da mediocre a scadente							Da scartare come sottofondo
Azione del gelo sulla qualità portanti sottofondo	Nessuna o lieve			Media				media	elevata	Media	elevata	Media	
Ritiro o rigonfiamento	Nullo			Nullo o lieve				Lieve o media		elevato	elevato	molto elevato	
Permeabilità	Elevata			Media o scarsa						Scarsa o nulla			
Identificazione dei territori in sito	Facilmente individuabili a vista	Aspri al tatto Incoerenti allo stato asciutto		La maggior parte dei granuli sono individuabili ad occhio nudo - Aspri al tatto - Una tenacità media e elevata allo strato asciutto indica la presenza di argilla				Reagiscono alla prova di scuotimento - Polverulenti o poco tenaci allo stato asciutto - Non facilmente modellabili allo stato umido		Non reagiscono alla prova di scuotimento - Tenaci allo stato asciutto - Facilmente modellabili in bastoncini sottili allo stato umido			Fibrosi di colore bruno a nero - facilmente individuabili a vista

Classificazione delle terre - costruzione e manutenzione delle strade - tecniche di impiego delle terre - CNR UNI 10006

Terre ghiaio – sabbiose

Costituiscono questo gruppo le terre dei precedenti gruppi (A_1, A_3), contenenti peraltro quantitativi maggiori (ma non maggiori del 35%) di limo e argilla, appartenenti ai gruppi A_4, A_5, A_6, A_7 e che quindi possono conferire un grado di plasticità anche molto elevato. Il gruppo A_2 contiene i sottogruppi A_{2-4}, A_{2-5}, A_{2-6}, A_{2-7}. Il sottogruppo A_{2-4} A_{2-5} comprende le terre il cui materiale fino è costituito in prevalenza da limo appartenente rispettivamente ai gruppi A_4, A_5.

Gruppo A_1

Costituiscono questo gruppo le ghiaie, le brecce, le ghiaie e le brecce sabbiose, i detriti di cava provenienti da frantumazione di pietrame, le sabbie grosse, le pomici e le ceneri vulcaniche (pozzolana) aventi una granulometria più o meno ben assortita, talora con materiale fino legante (passante al setaccio 0,075 UNI 2332) in quantità non maggiori del 25% in peso del totale e di natura prevalentemente limosa, in quanto l'indice di plasticità deve essere non maggiore di 6.

Sottogruppo A_{1-a}, A_{1-b}

Il Sottogruppo A_{1-a}, si distingue per un contenuto notevole di materiale (trattenuto al setaccio 2 UNI 2332) e per un contenuto di materiale fino (passante al setaccio 0,075 UNI 2332) non maggiore del 15%, mentre il Sottogruppo A_{1-b} si distingue per essere costituito in prevalenza da sabbia grossa con un passante allo staccio 0,075 UNI 2332 non maggiore del 25%.

Gruppo A_3

Tipica di questo gruppo è la sabbia fina, costituita per oltre il 50% da grani di dimensioni minori di 0,40mm con una percentuale di limo non maggiore del 10%. Il materiale non è plastico.

Gruppo A_2

Costituiscono questo gruppo le terre dei due gruppi precedenti, contenenti peraltro quantitativi maggiori (ma non maggiori del 35%) di limo e argilla dei non maggiori del 25%, appartenenti ai gruppi A4, A5, A6, A7 che seguono nella classifica e che possono conferire all'insieme caratteristiche di plasticità anche elevate.

Sottogruppi A_{2-4} e A_{2-5}

Comprendono le terre il cui materiale fino (passante al setaccio 0,075 UNI 2332) è costituito in prevalenza da limo appartenente rispettivamente ai gruppi A4, A5.

Sottogruppi A_{2-6} e A_{2-7}

Comprendono le terre il cui materiale fino è costituito in prevalenza da argille appartenenti ai gruppi A6, A7.

Terre limo-argillose ***(percentuale di passante al setaccio 0,075 UNI 2332 maggiore del 35%)***

Il gruppo comprende le terre del tipo A4, A5, A6, A7, A8. Le terre comprendono in grande percentuale ~ 75% di silt e argille. Le terre classificate come terre A_{7-6} sono tipicamente rappresentate da argille. Si tratta di sedimenti con indice di plasticità ~10; più elevato rispetto al limite liquido e precisamente maggiore del WI - 30. Sono terre meno elastiche e compressibili rispetto ai sottotipi A_{2-7} e A_{7-5}, ma soggette a plasticizzarsi ed a subire notevoli rigonfiamenti a contatto con l'acqua.

Gruppo A_4

Tipico del gruppo è il limo, non plastico o di ridotta plasticità, poco compressibile. Fanno parte di questo gruppo anche i limi sabbiosi, i limi ghiaiosi o i limi con ghiaia o sabbia che si differenziano però dai terreni simili del tipo A_{2-4} per la maggiore percentuale di passante al setaccio 0,075 UNI 2332. la percentuale di sabbia e ghiaia influenza di gruppo il cui valore può giungere fino a 8.

Gruppo A_5

Tipico del gruppo è il limo fortemente compressibile (come indicato dall'elevato limite liquido) spesso contenete mica. Fanno parte di questo gruppo anche i limi anzidetti contenenti quantità variabili di ghiaia o sabbia in percentuale però minore del 65% il che li differenzia dalle terre simili A_{2-5}.

Gruppo A_6

Le terre classificate come terre A6 sono tipicamente rappresentate da argille a limitata compressibilità, come definito dal valore ridotto del limite liquido. Vi appartengono anche le argille limose contenenti sabbia e ghiaia, in quantità minori del 65% che le differenzia dalle terre A_{2-6}. L'indice di gruppo può assumere valori fino a 16, ed è influenzato dalla plasticità del materiale e dalla percentuale di ghiaia e sabbia contenuta.

Gruppo A_7

Le terre che appartengono a questo gruppo sono costituite dalle argille ad elevato limite liquido, e quindi fortemente compressibili che rigonfiano notevolmente a contato con l'acqua. Le stesse possono contenere anche notevoli quantità di sabbia e ghiaia (in quantità minori del 65%) che le avvicina alle terre del gruppo A_{2-7}. L'indice di gruppo può assumere valori fino a 20 ed è influenzato dal materiale e dalla percentuale di sabbia e ghiaia contenuta. Questo gruppo si suddivide in due sottogruppi:

- l'A_{7-5} che si distingue per avere un indice di plasticità modesto rispetto al limite liquido, e precisamente non maggiore del limite liquido meno 30; sono terre fortemente elastiche e compressibili, soggette a rigonfiare notevolmente a contatto con l'acqua;
- l'A_{7-6} che si distingue per avere un indice di plasticità più elevato rispetto al limite liquido, e precisamente maggiore del limite liquido meno 30; sono terre meno elastiche e compressibili delle precedenti, soggette a rigonfiare notevolmente a contatto con l'acqua.

Terre organiche e palustri

Gruppo A_8

Appartengono a questo gruppo le torbe e le terre organiche fortemente compressibili. Sono terre caratterizzate da un contenuto di acqua naturale elevatissimo (maggiore del 100 %) e rilevano, sia a vista sia all'odoro, la struttura fibrosa ed il contenuto di materia organica. Sono decisamente da scartare quali terreni di appoggio o di rilevati.

Allegato 3: Indagini in situ

PROVINCIA DI ORISTANO

COMUNE DI PAU

INDAGINI GEOGNOSTICHE

ORDINE DEI GEOLOGI
REGIONE SARDEGNA
SEZIONE A
N. 372 Dott. Geol. GIAMBATTISTA CADAU

DOTT. GEOL. GIAMBATTISTA CADAU
Via Capo d'Orso 16 - 09042 MONSERRATO (CA)
Tel./Fax 078/458485 347/5073521

Titolo: PAU (OR) - INTERVENTI DI ADEGUAMENTO SBARRAMENTO E BACINO DI ACCUMULO IN LOCALITÀ SENNISCEDDU. APPROVAZIONE TECNICA IN SANATORIA E PROSECUZIONE DELL'ESERCIZIO EX ART. 26 L.R. 12/2007		Tav.:
Oggetto: RELAZIONE SULLE INDAGINI		
Il Tecnico: Geologo G. CADAU	Il Committente: Dott. Geol. Dario CINUS	Scala: varie Data: Novembre 2018

SOMMARIO

1. GENERALITA'.....3

2. PROSPEZIONI SISMICHE A RIFRAZIONE.....4

3. PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE.....10

4. CONCLUSIONI.....11

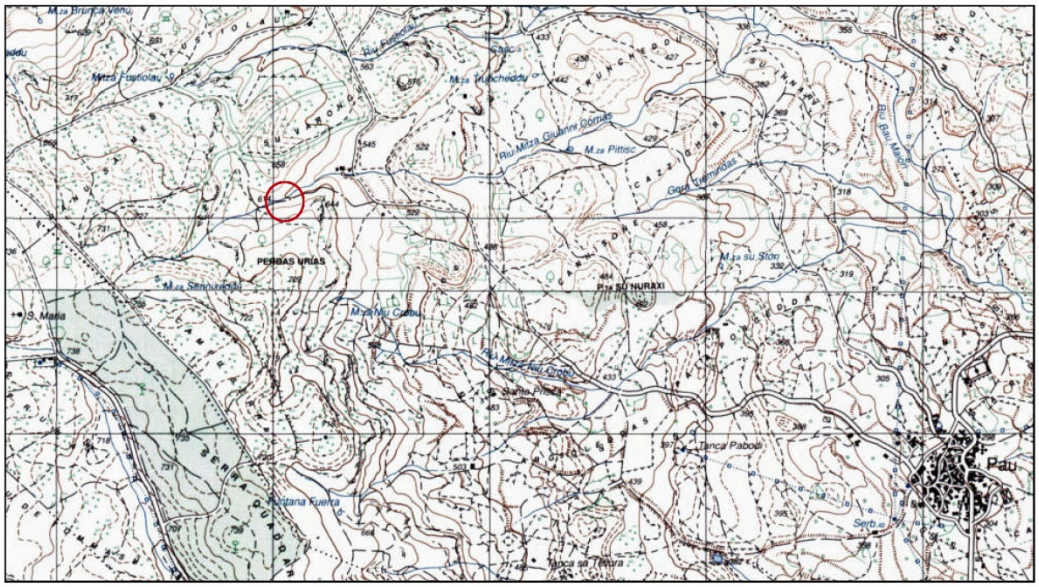
RELAZIONE SULLE INDAGINI

1. GENERALITA'

La presente relazione, commissionata dal Dott. Geol. Dario CINUS, illustra i risultati di alcune indagini geognostiche realizzate nell'ambito degli "Interventi di adeguamento sbarramento e bacino di accumulo in località Sennisceddu. Approvazione tecnica in sanatoria e prosecuzione dell'esercizio ex art. 26 L.R. 12/2007".

Le indagini hanno indagato i terreni che delimitano l'invaso, sul lato a valle e sulle sponde nel settore a monte.

Le indagini geognostiche hanno raccolto informazioni di tipo indiretto (prove geofisiche di tipo sismico) e di tipo diretto (prove penetrometriche) definendo la stratigrafia del sito.



Stralcio fuori scala della carta IGM al 25.000 con localizzazione dell'intervento

Lo stendimento sismico è stato eseguito al di sopra dell'argine dello sbarramento, con caratteristiche geometriche e approfondimento di indagine illustrati di seguito. Le indagini sismiche definiscono l'andamento delle velocità sismiche delle onde P con la profondità fornendo informazioni importanti sui cambiamenti litologici e meccanici dei terreni e sulle variazioni degli spessori delle coltri superficiali allentate.

Le prove penetrometriche, localizzate in n°4 punti nel settore orientale ed occidentale dell'invaso, hanno permesso l'acquisizione delle caratteristiche di resistenza alla penetrazione dinamica, resistenza da cui si possono ricavare i principali parametri fisico meccanici dei terreni attraversati.

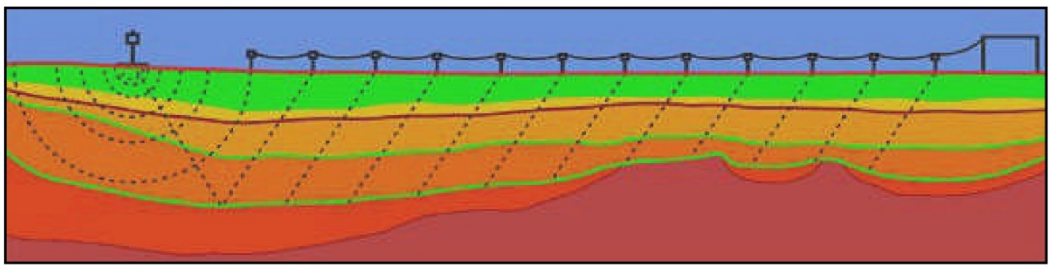
Le indagini hanno evidenziato la presenza di uno spessore abbastanza omogeneo di materiale di copertura.

2. PROSPEZIONI SISMICHE A RIFRAZIONE

L'esecuzione di indagini sismiche ha lo scopo di ottenere informazioni di tipo geomeccanico sul comportamento fisico-meccanico dei corpi geologici investigati, attraverso la determinazione dei relativi parametri, ed informazioni di tipo geologico sui caratteri strutturali e stratigrafici del volume del sottosuolo indagato.

Si tratta di uno dei metodi attualmente più utilizzati per l'esplorazione in profondità del sottosuolo e consiste nel creare delle onde artificiali nel terreno (energizzazione) battendo una piastra poggiata a terra con una mazza. Le indagini geognostiche che utilizzano le metodologie sismiche sfruttano le proprietà dei terreni di farsi attraversare dalle onde sismiche a diversa velocità; questa dipende da molti fattori, quali la natura mineralogica della roccia, il grado di cementazione e di fratturazione, la porosità, il contenuto in acqua o in gas, ecc.

Le indagini sismiche sono utilizzate per scopi geotecnici, per ricerche minerarie e anche per dare un valore del grado di scavabilità del terreno e i risultati devono preferibilmente correlati con indagini di tipo diretto.



Rappresentazione schematica del principio di funzionamento della prospezione sismica a rifrazione

La sismica a rifrazione fornisce risultati leggibili e interpretabili quando le formazioni litologiche hanno caratteristiche elastiche crescenti con la profondità, mentre non dà indicazioni stratigrafiche quando con l'aumentare della profondità vi sono formazioni con caratteristiche elastiche inferiori (formazione fantasma).

Questo limite dell'indagine viene superato con i modelli di inversione tomografica uttilizzati nel presente lavoro.

Le prospezioni sono state realizzate con lo scopo di differenziare, in funzione della diversa velocità di propagazione delle onde elastiche longitudinali (onde "P") nei terreni e nelle rocce, i terreni superficiali dal basamento roccioso presente in affioramento in siti limitrofi.

La strumentazione utilizzata è costituita da un Sismografo DAQLink III (Seismic Source U.S.A.) con convertitore A/D a 24 bit, 24 canali, range dinamico 144db e output dei dati in SEG-Y o SEG-2, l'intero sistema di acquisizione è conforme alle specifiche ASTM D5777-00 (2006) (Standard Guide for Using the Seismic Refraction Method for Subsurface Investigation); l'energizzazione del terreno è stata effettuata mediante l'utilizzo di una massa battente (mazza di 10 kg con starter su piattello di battuta in alluminio).

Per la ricezione delle onde longitudinali (P), durante l'indagine di tomografia sismica, sono stati usati geofoni verticali Geospace (U.S.A.) a corto periodo (14 Hz). Per l'elaborazione e l'interpretazione tomografica è stato utilizzato il programma "Rayfract" sviluppato dalla Intelligent Resources Inc. (Canada), che utilizza come modello di calcolo il WET Tomography processing.

La prospezione sismica a rifrazione consiste nella misura del tempo impiegato dalla perturbazione elastica indotta nel terreno, a percorrere la distanza tra sorgente e geofoni. La velocità di propagazione dell'onda longitudinale rifratta dipende dalle caratteristiche elastiche e dalla conformazione dei terreni attraversati. Ne risulta che la relazione velocità dell'onda e distanza sorgente – geofono (dromocrona) consente, applicando degli algoritmi, di risalire agli spessori degli strati del sottosuolo con caratteristiche elastiche differenti e crescenti con l'aumentare della profondità.

Le procedure di inversione rientranti nella famiglia delle tomografie sono volte a fornire un'immagine dettagliata della distribuzione all'interno della terra di un parametro fisico riconducibile alle misure effettuate. Nel caso della tomografia sismica si otterrà un'immagine relativa alla velocità delle onde sismiche.

L'esecuzione della prova sismica è simile alla metodologia impiegata per la sismica a rifrazione. La differenza è nel numero di battute necessarie; infatti per risolvere i complicati calcoli iterativi che sono

nascosti dietro il metodo tomografico è necessario compiere almeno una battuta ogni 6 geofoni, a differenza della sismica a rifrazione che al limite consente addirittura l'interpretazione con una sola battuta.

È comunque un'indagine indiretta non invasiva e veloce da eseguire, per cui è adatta per le prime fasi di progettazione per definire le caratteristiche del problema geotecnico.

La tomografia sismica consente di ottenere un immagine dettagliata del sottosuolo superando in parte i limiti della sismica a rifrazione tradizionale. Quest'ultima tecnica, infatti, non consente di individuare forti variazioni laterali di velocità, risente in modo catastrofico delle inversioni di velocità, la presenza di gradini viene male interpretata. La tomografia sismica consente di superare questi problemi.

Si presta a individuare i sistemi di fratture nel substrato, a individuare la presenza di oggetti sepolti (cunicoli, fondazioni, vasche), a delimitare il volume dei corpi di frana o di discariche.

Ovviamente è necessario che esista una differenza di velocità tra l'oggetto della ricerca e ciò che lo circonda.

2.1 Confronto shot break primi arrivi e dromocrone

Il software Rayfract è basato sul modello di calcolo WET (*Wavepath eikonal traveltime*) che consente di ottenere sezioni tomografiche ad alta risoluzione in terreni topograficamente irregolari e substrati con morfologia complessa caratterizzati da variazioni laterali di velocità.

Il WET Tomography inversion è un modello di calcolo che consente di ricostruire un modello di velocità del primo sottosuolo ad alta definizione. Il modello di calcolo consente un'ottimizzazione non lineare dei tempi di arrivo dei *travel-time* delle onde sismiche dirette e rifratte registrate.

Il processo di calcolo è basato sull'elaborazione e sviluppo delle seguenti fasi:

- Ricostruzione del gradiente di velocità (stratigrafie di velocità sismica) attraverso la tecnica di inversione Delta-t-V, con la quale si ottengono dei profili 1D "profondità-velocità" dai dati di travel-time. La tecnica di inversione Delta-t-V permette di ricostruire con cadenza pari alla metà della cadenza dei geofoni (CMP = Common Mid Point) le successioni di velocità compatibili con l'andamento di tutte le possibili dromocrone nei punti intermedi tra punto di tiro e geofono. Dal modello ricostruito come successione di stratigrafie di velocità viene elaborato un modello ad elementi finiti di piccolissime dimensioni che può già rappresentare un attendibile modello del sottosuolo. Tuttavia questo rappresenta una prima approssimazione alla soluzione.
- Elaborazione dell'inversione tomografica, in maniera iterativa, del modello Delta-t-V mediante la tecnica 2D WET (*Wavepath Eikonal Traveltime*). La teoria in proposito basa i modelli tomografici sulla modellizzazione del percorso di un fascio di raggi per ogni primo arrivo, contrariamente a quanto previsto con la tomografia convenzionale basata sulla modellizzazione del percorso di un raggio sismico per ogni primo arrivo. In pratica si effettua il calcolo delle differenze dei tempi di arrivo dai vari punti di tiro ai vari geofoni, tra i valori sperimentali

misurati nei sismogrammi ed i tempi calcolati sul modello di partenza. In base alle differenze riscontrate, per ciascun percorso delle onde sismiche, si apportano modifiche, in aumento o in diminuzione, delle velocità che caratterizzano i vari elementi che sono stati interessati dal passaggio del fronte d'onda considerato. Ad ogni iterazione, dopo avere apportato le modifiche alle velocità dei vari elementi, il nuovo modello viene sottoposto ad una operazione di *smoothing* che porta ad una migliore omogeneità dei valori di velocità entro aree di dimensioni maggiori. In genere sono sufficienti da 10 a 20 iterazioni per giungere ad un modello che porta a scarti medi tra i tempi (Traveltime) dei vari percorsi dell'ordine di qualche millisecondo (Schuster & Quintus-Bosz,1999).

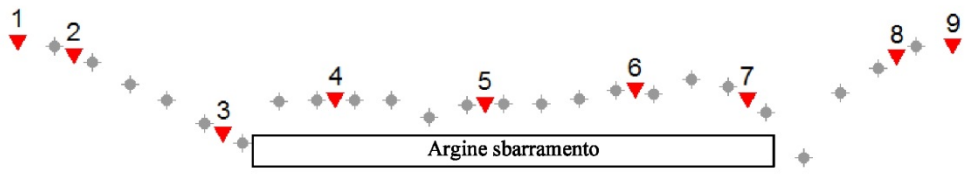
I risultati vengono graficamente rappresentati con una sezione in cui le diverse scale cromatiche indicano le diverse velocità delle onde Vp misurate, con una certa soluzione di continuità, differentemente dalla rappresentazione con il metodo GRM, dove gli stacchi tra un sismostrato e l'altro sono bruschi e repentini.

2.2 Descrizione stendimento

E' stata eseguita una prospezione tomografica sismica con stendimento diretto NNE-SSW. La finalità geognostica della prospezione è stata la definizione dello spessore di riporto arginale al di sopra del bedrock.

I geofoni, pari a 24, sono stati distanziati di 2,0 metri, i punti di energizzazione pari a 9, distribuiti simmetricamente rispetto al centro dello stendimento. Lo schema dello stendimento è di seguito illustrato.

Nello stendimento sismico i triangoli rossi indicano i punti di battuta, mentre i pallini color grigio indicano i punti di misura (24 geofoni).



Schema dello stendimento sismico

Gli scoppi sono stati realizzati attraverso massa battente con due battute esterne e 7 battute interne allo stendimento.

I dati ottenuti in campagna hanno permesso, attraverso l'elaborazione delle dromocrone e l'individuazione dei primi arrivi, la costruzione di un modello tomografico con velocità generalmente crescenti con l'aumentare della profondità.

La localizzazione dell'indagine sismica definisce la lunghezza dello stendimento e la posizione dei geofoni esterni (indicati come G1 per geofono 1 sul lato NNE dell'inizio dello stendimento e G24 sul lato opposto dello stendimento).

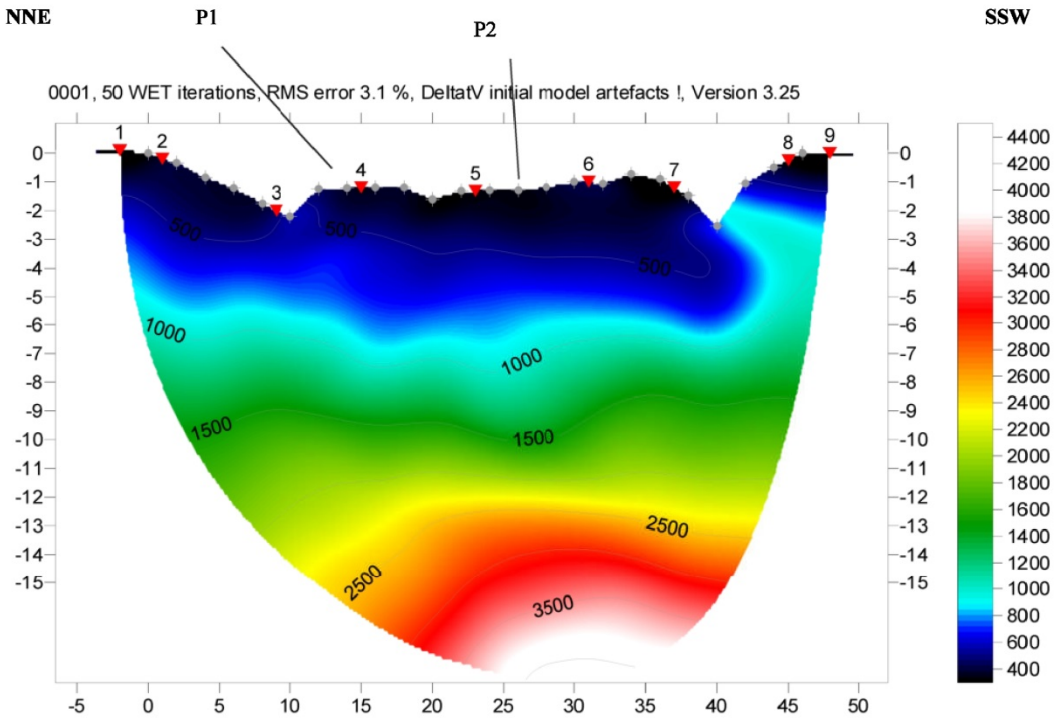
Lungo gli stendimenti sismici a rifrazione sono state acquisite le quote topografiche relative attraverso distanziometro laser della Leica (Disto D8) per le correzioni topografiche.

Vista stendimento sismico sul lato nord (foto a sinistra) e sul lato sud (foto a destra)

Tomografia sismica - In particolare si segnala la presenza di un primo sismostrato associabile al riporto arginale, dalle scarse caratteristiche elastiche viste le basse velocità inferiori a 500 m/sec. Spessore variabile intorno ai 2 m.

Al di sotto si registra un costante aumento delle velocità delle onde longitudinali associabili ad un basamento alterato, che diventa man mano sempre più compatto raggiungendo velocità attorno ai 1.000 m/sec a profondità di circa 5 m sulla quota dell'argine centrale dello sbarramento. Unica anomalia in un andamento pressoche' omogeneo delle velocità sono costituite dai valori attorno ai 900 m/s presenti sulla sponda destra del canale attraversato a sud dallo stendimento. In questo settore si registra verosimilmente la presenza di un basamento roccioso più superficiale, benchè alterato.

Evidente in profondità il netto aumento delle velocità delle Vp proporzionalmente al miglioramento delle caratteristiche meccaniche.



Evidenza della coltre superficiale più allentata color blu scuro dove le basse velocità si localizzano soprattutto nei primi due metri di spessore

pag. 9

3. PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE

Sono state eseguite quattro prove penetrometriche dinamiche denominate P1, P2, P3 e P4; realizzate progressivamente dalla n°1 alla n°4 din senso orario attorno all'invaso, si sono spinte sino alla profondità massima di 3 metri, andando a rifiuto per la compattezza del terreno intercettato.

Descrizione attrezzatura - L'indagine è stata eseguita attraverso l'utilizzo di un DL30IT SA, penetrometro dinamico medio (classificazione ISSMFE 1988), con massa battente di 30 Kg e con l'utilizzo di punte a perdere di tipo conico con angolo d'apertura di 60° e area di base di 10 cm^2. Il sistema d'infissione delle aste prevede una frequenza massima di battuta di 50/60 colpi al minuto; la colonna di guida in acciaio, ancorata al terreno con due puntoni in acciaio assicura la verticalità delle aste. Il maglio oleodinamico a carrello e l'estrattore idraulico sono azionati da un motore a 4 tempi di 5 Hp di potenza.

Durante l'esecuzione delle prove non sono stati utilizzati rivestimenti antiattrito laterale. La presenza di terreni ad elevata coesione è risultata abbastanza evidente dalla difficoltà di rotazione delle aste infisse.

Modalità di prova - Il penetrometro utilizzato misura la resistenza alla penetrazione nel terreno di una punta conica d'acciaio, collocata alla base di una serie d'aste infisse attraverso la caduta di un maglio di 30 Kg di peso. La prova permette di misurare il numero di colpi necessario per infiggere le aste di 10 cm di profondità (l'avanzamento è ben evidenziato da una serie di tacche lungo la colonna guida) e di poter successivamente risalire, grazie a dei coefficienti di correlazione, al numero corrispettivo di colpi eseguiti con la prova SPT.

Al termine dell'infissione di ogni singola asta è stata valutata empiricamente la presenza di attrito laterale attraverso lo sforzo opposto alla rotazione manuale. La stratigrafia è stata approssimativamente definita analizzando i residui terrosi presenti nelle aste. La prova P2 è stata ripetuta due volte, è stata interrotta attorno a mezzo metro per la deviazione dell'asta causa dalla presenza di ciottoli nel corpo arginale.

La prova P3 spintasi sino ai 3 metri ha evidenziato, confrontata con le restanti prove, la presenza di terreni meccanicamente scadenti sino a 2,7 m con valori della resistenza dinamica siano davvero bassi attorno a 30 kg/cm^2 e N_{SPT} pari a 6.

Solamente nella prova P3 è stata rinvenuta circolazione idrica alla profondità di 2,5 m.

Interpretazione - I dati raccolti sono stati elaborati attraverso il programma SCPT ver. 3,6 della ProgramGeo che permette di poter ottenere, una volta nota la stratigrafia della zona, alcuni parametri meccanici dei terreni per i quali esistono delle correlazioni con i colpi della prova SPT (N_{SPT}).

Le tabelle relative alle correlazioni dei parametri geotecnici con il N_{SPT} contengono i valori ottenibili dalla letteratura sia per i terreni di natura granulare che per quelli di natura coesiva; per le sabbie e le sabbie debolmente limose in genere si utilizzano i valori relativi alla natura granulare mentre per argille più o meno limose e sabbiose si fa riferimento alle correlazioni per terreni coesivi. Non si può a priori determinare la componente dell'angolo d'attrito e della coesione partendo dal numero di colpi N_{SPT}, onde per cui si deve far

riferimento esclusivamente o alla natura granulare o a quella coesiva del terreno. Nelle tabelle relative ai parametri geotecnici correlati sono forniti comunque entrambi i parametri ipotizzando un terreno a comportamento intermedio anche se di fatto con prevalente natura coesiva.

4. CONCLUSIONI

Su commissione del Dott. Geol. Dario CINUS, nell'ambito degli "*Interventi di adeguamento sbarramento e bacino di accumulo in località Sennisceddu. Approvazione tecnica in sanatoria e prosecuzione dell'esercizio ex art. 26 L.R. 12/2007*", il sottoscritto ha eseguito delle indagini geognostiche volte alla definizione delle caratteristiche meccniche con prove in situ e alla definizione della geometria dello sbarramento e della profondità del bedrock con prospezione geofisica di tipo sismico. Sono state eseguite n°4 prove penetrometriche dinamiche e n°1 prospezione sismica a rifrazione con metodo tomografico.

Le indagini penetrometriche hanno evidenziato nell'area delle sponde dello sbarramento la presenza di uno spessore di copertura massima di tre metri con circolazione idrica sul lato sud. La prospezione sismica ha evidenziato, nel passaggio sull'argine dello sbarramento, la presenza di una spessore di circa due metri dalle scarse caratteristiche elastiche, spessore confermato anche dalla prova penetrometrica P1. Le evidenze della tomografia sismica indicano come la profondità del bedrock sia di circa 5 m al di sotto del coronamento, con terreni che assumono caratteristiche meccaniche via via crescenti.

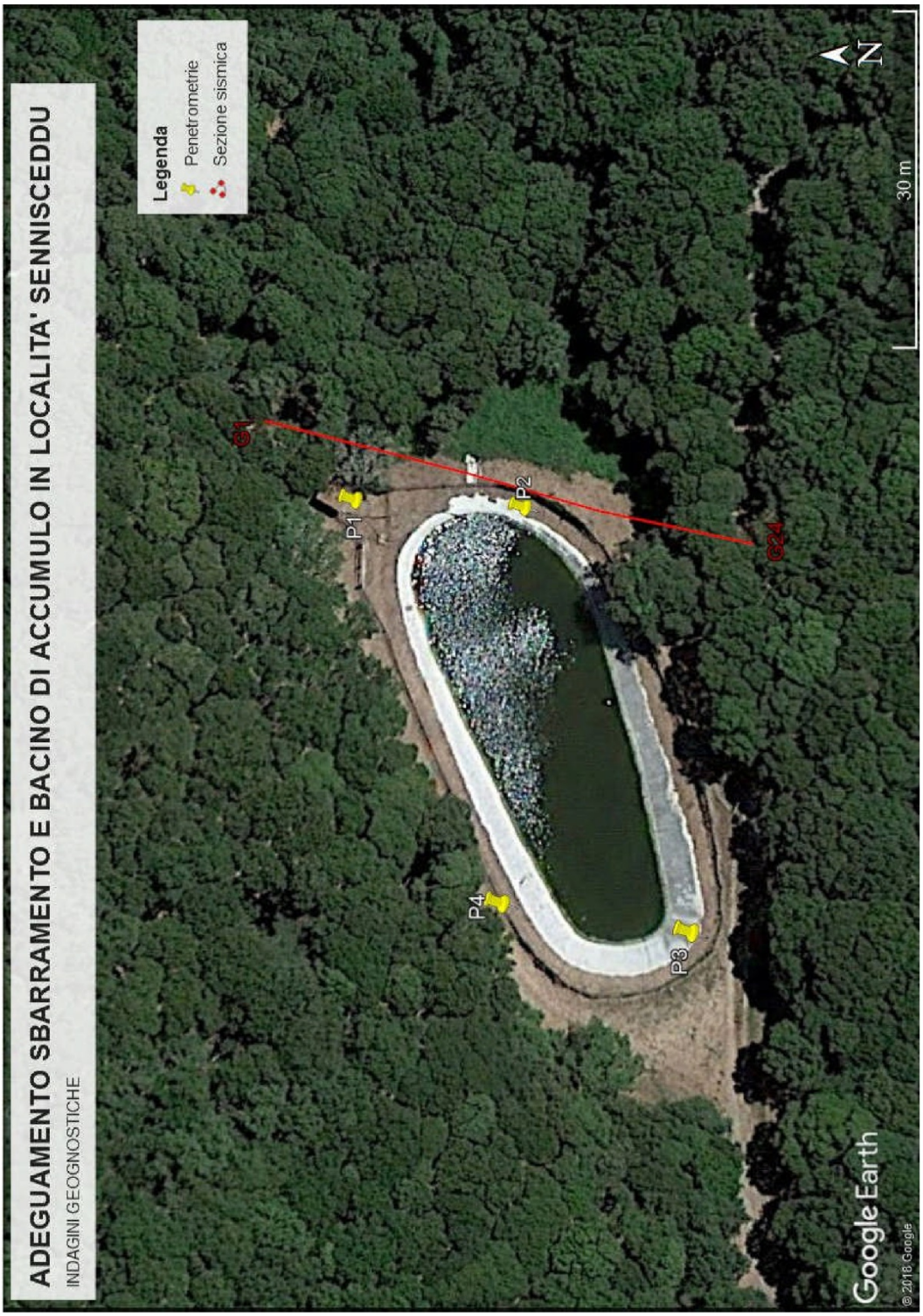
Novembre 2018

IL TECNICO

ORDINE DEI GEOLOGI
REGIONE SARDEGNA
SEZIONE A
N. 372 Dott. Geol. GIAMBATTISTA CADAU

Allegati
Localizzazione indagini geognostiche
Elaborati prove penetrometriche dinamiche

pag. 11


ADEGUAMENTO SBARRAMENTO E BACINO DI ACCUMULO IN LOCALITA' SENNISCEDDU
INDAGINI GEOGNOSTICHE
Legenda
Penetrometrie
Sezione sismica
G1
G24
P1
P2
P3
P4
N
30 m
Google Earth
© 2018 Google

STUDIO GEOLOGICO GIAMBATTISTA CADAU
Via Berlinguer 8
08023 FONNI (NU) 3475073521

Committente: DOTT. GEOL. DARIO CINUS
Località: PAU (OR)
Data: 19/10/2018 Attrezzatura: PENETROMETRO DM30ITSA
Note:
Quota(m): p.c. Sigla: \P1

Tabulato della prova

Profondità (m)	*N. colpi della punta misurato*	*N.colpi del rivestimento*	*N. colpi SPT equivalenti*	*N. colpi del rivestimento corretto*
0,1	1		1	
0,2	4		3	
0,3	3		2	
0,4	5		4	
0,5	7		5	
0,6	17		13	
0,7	26		20	
0,8	26		20	
0,9	20		15	
1	25		19	
1,1	34		26	
1,2	21		16	
1,3	22		17	
1,4	28		21	
1,5	21		16	
1,6	26		20	
1,7	70		54	

STUDIO GEOLOGICO GIAMBATTISTA CADAU
Via Berlinguer 8
08023 FONNI (NU) 3475073521

Committente: DOTT. GEOL. DARIO CINUS
Località: PAU (OR)
Data: 19/10/2018 Attrezzatura: PENETROMETRO DM30ITSA
Note:
Quota(m): p.c. Sigla: \P2

Tabulato della prova

Profondità (m)	*N. colpi della punta misurato*	*N.colpi del rivestimento*	*N. colpi SPT equivalenti*	*N. colpi del rivestimento corretto*
0,1	1		1	
0,2	2		2	
0,3	2		2	
0,4	4		3	
0,5	6		5	
0,6	14		11	

STUDIO GEOLOGICO GIAMBATTISTA CADAU
Via Berlinguer 8
08023 FONNI (NU) 3475073521

Committente: DOTT. GEOL. DARIO CINUS
Località: PAU (OR)
Data: 19/10/2018 Attrezzatura: PENETROMETRO DM30ITSA
Note:
Quota(m): p.c. Sigla: \P3

Tabulato della prova

Profondità (m)	*N. colpi della punta misurato*	*N.colpi del rivestimento*	*N. colpi SPT equivalenti*	*N. colpi del rivestimento corretto*
0,1	8		6	
0,2	3		2	
0,3	3		2	
0,4	31		24	
0,5	6		5	
0,6	3		2	
0,7	5		4	
0,8	6		5	
0,9	4		3	
1	2		2	
1,1	10		8	
1,2	23		18	
1,3	13		10	
1,4	8		6	
1,5	7		5	
1,6	12		9	
1,7	15		11	
1,8	15		11	
1,9	22		17	
2	20		15	
2,1	11		8	
2,2	9		7	
2,3	4		3	
2,4	6		5	
2,5	11		8	
2,6	15		11	
2,7	5		4	
2,8	26		20	
2,9	43		33	
3	100		77	

STUDIO GEOLOGICO GIAMBATTISTA CADAU
Via Berlinguer 8
08023 FONNI (NU) 3475073521

Committente: DOTT. GEOL. DARIO CINUS
Località: PAU (OR)
Data: 19/10/2018 Attrezzatura: PENETROMETRO DM30ITSA
Note:
Quota(m): p.c. Sigla: \P4

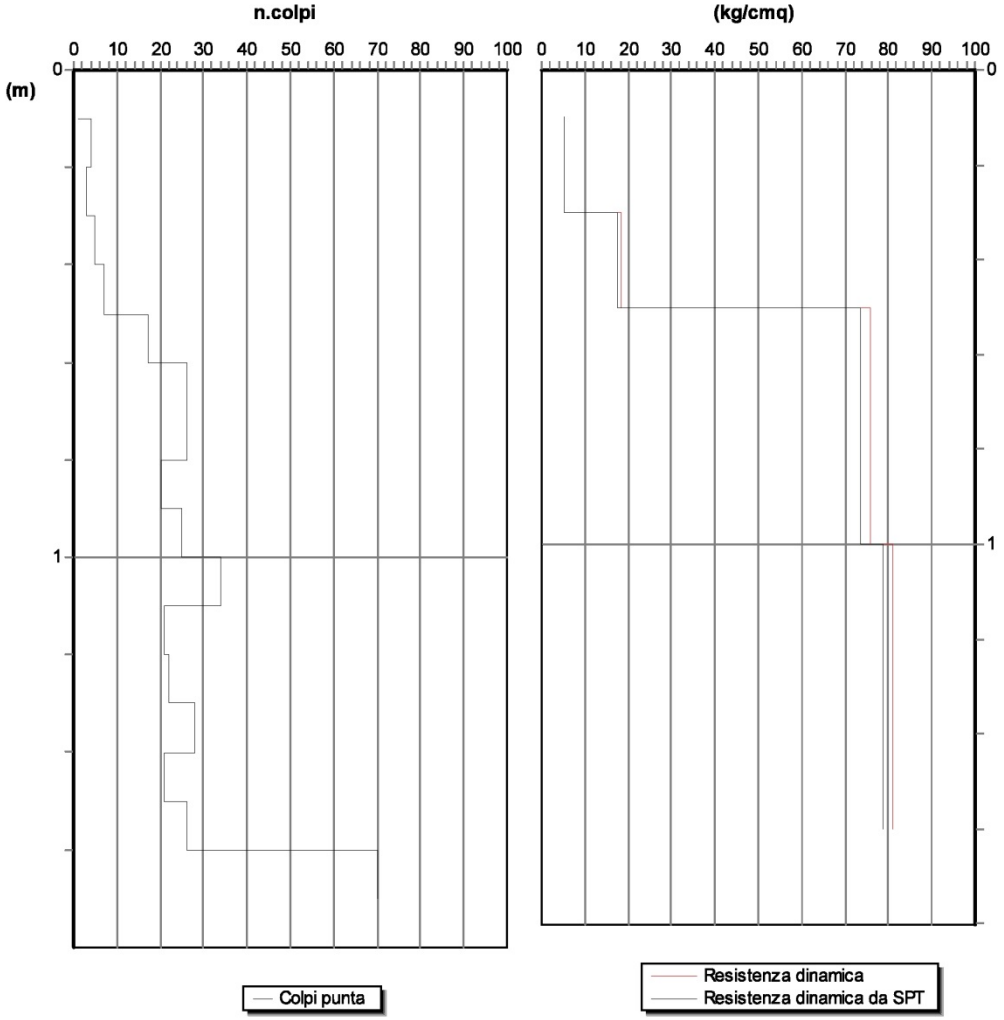
Tabulato della prova

Profondità (m)	*N. colpi della punta misurato*	*N.colpi del rivestimento*	*N. colpi SPT equivalenti*	*N. colpi del rivestimento corretto*
0,1	1		1	
0,2	2		2	
0,3	2		2	
0,4	1		1	
0,5	13		10	
0,6	21		16	
0,7	8		6	
0,8	9		7	
0,9	26		20	
1	31		24	
1,1	30		23	
1,2	40		31	
1,3	41		31	
1,4	36		28	
1,5	44		34	
1,6	37		28	
1,7	72		55	

STUDIO GEOLOGICO GIAMBATTISTA CADAU
Via Berlinguer 8
08023 FONNI (NU) 3475073521

Committente: DOTT. GEOL. DARIO CINUS
Località: PAU (OR)
Data: 19/10/2018 Attrezzatura: PENETROMETRO DM30ITSA
Note:
Quota(m): p.c. Sigla: \P1

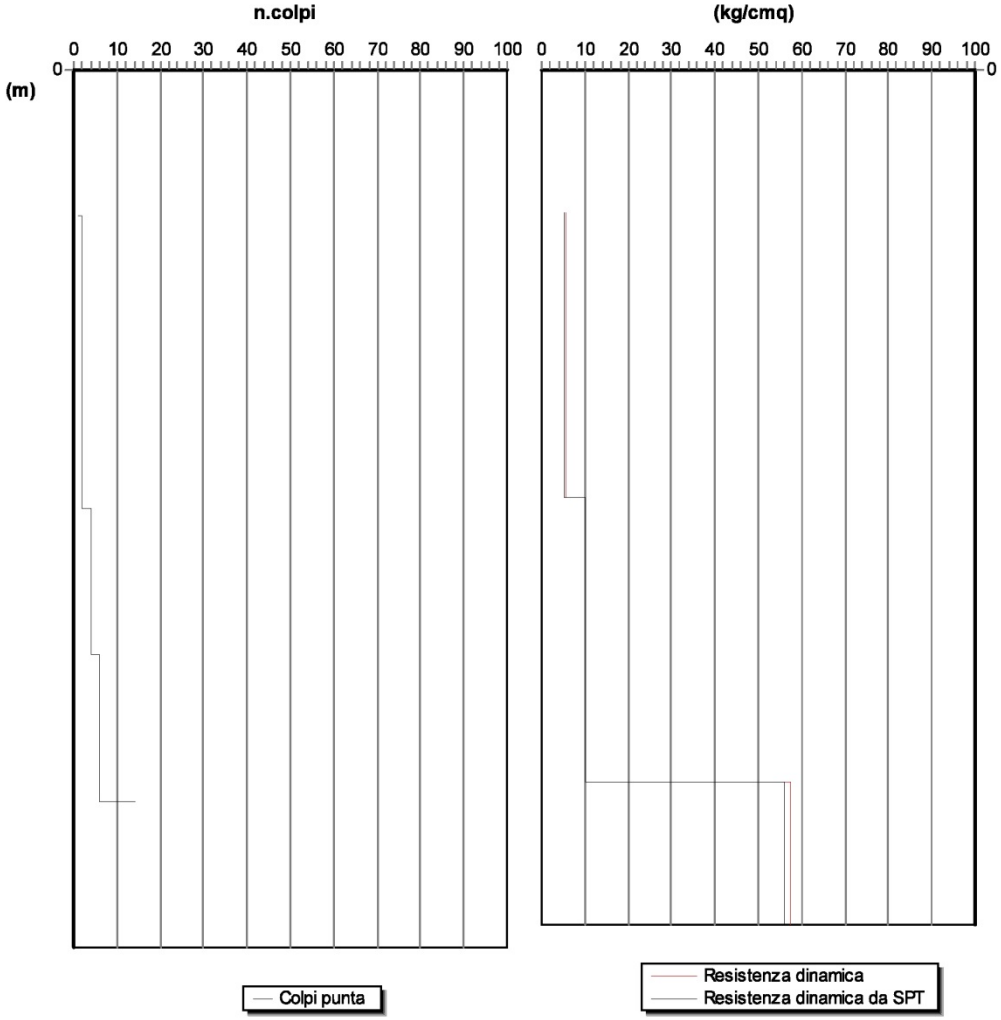
Grafico n.colpi - resistenza dinamica



STUDIO GEOLOGICO GIAMBATTISTA CADAU
Via Berlinguer 8
08023 FONNI (NU) 3475073521

Committente: DOTT. GEOL. DARIO CINUS
Località: PAU (OR)
Data: 19/10/2018 Attrezzatura: PENETROMETRO DM30ITSA
Note:
Quota(m): p.c. Sigla: \P2

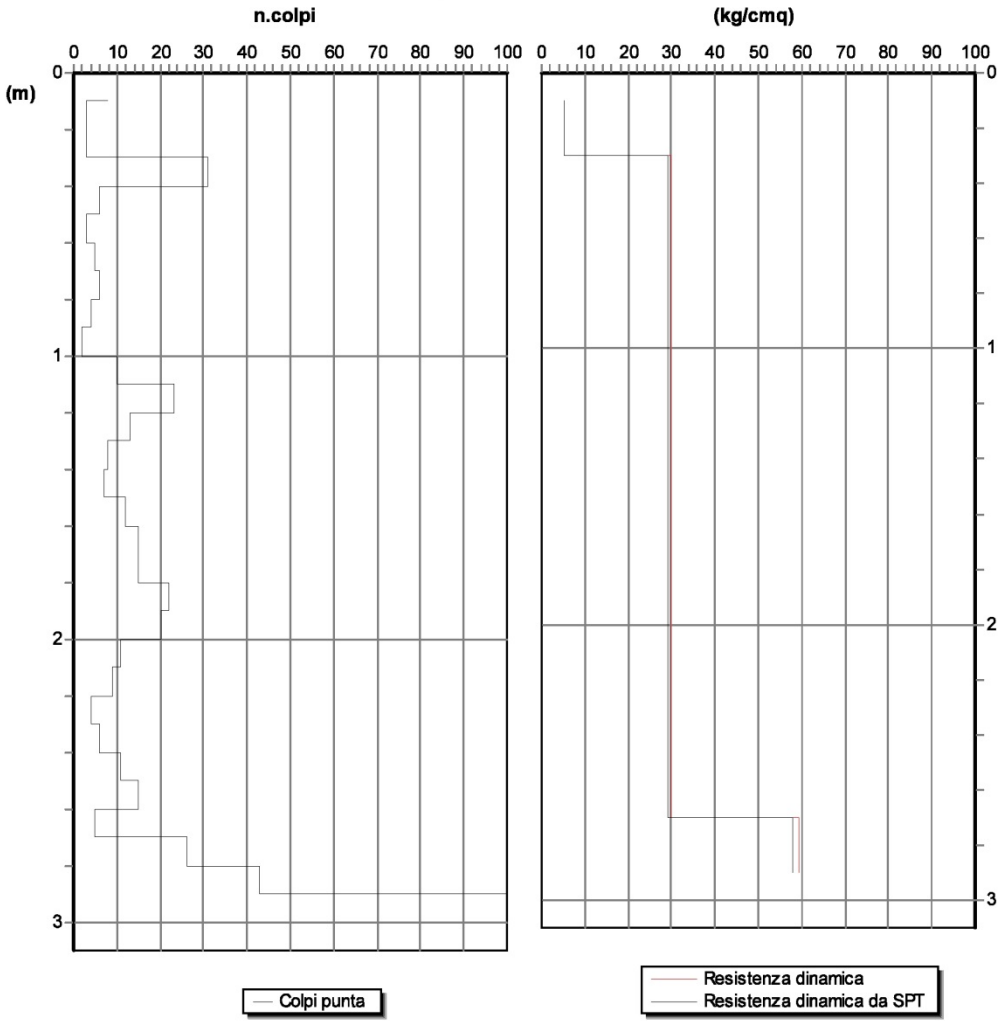
Grafico n.colpi - resistenza dinamica



STUDIO GEOLOGICO GIAMBATTISTA CADAU
Via Berlinguer 8
08023 FONNI (NU) 3475073521

Committente: DOTT. GEOL. DARIO CINUS
Località: PAU (OR)
Data: 19/10/2018 Attrezzatura: PENETROMETRO DM30ITSA
Note:
Quota(m): p.c. Sigla: \P3

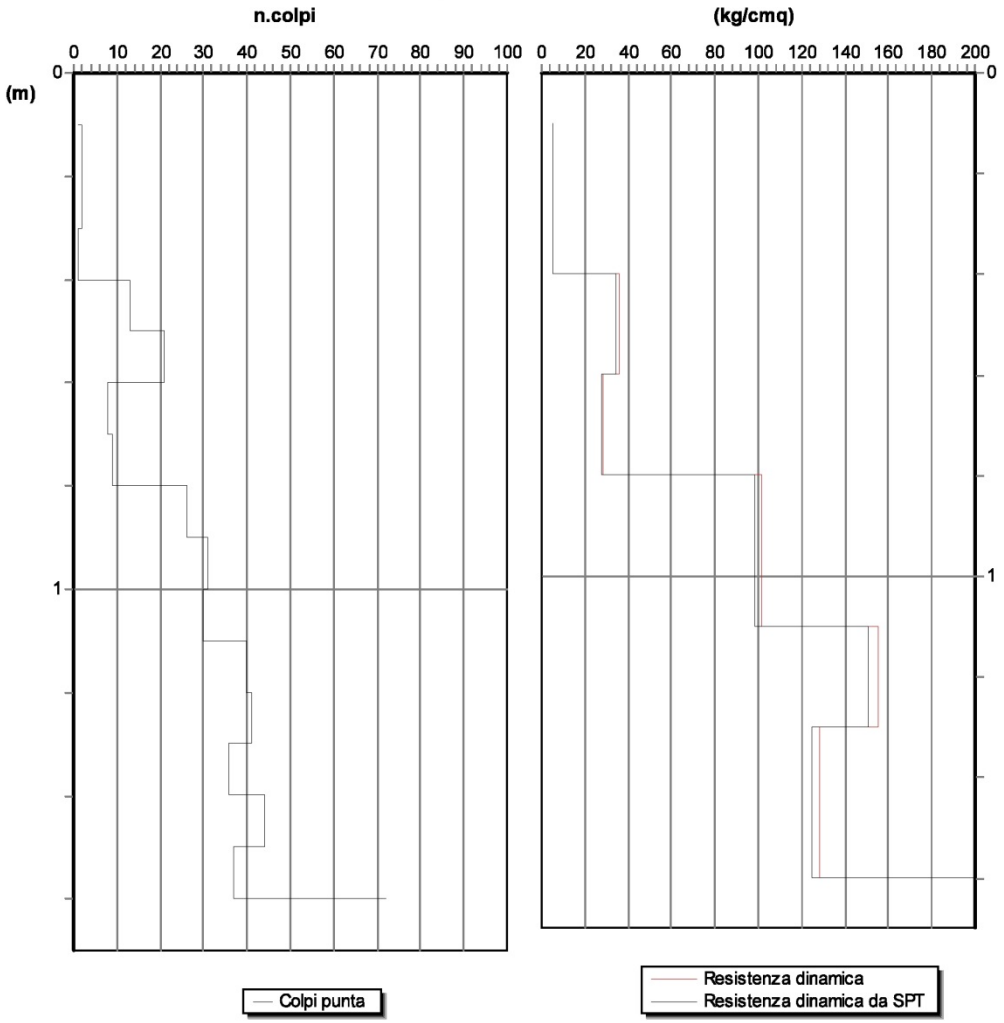
Grafico n.colpi - resistenza dinamica



STUDIO GEOLOGICO GIAMBATTISTA CADAU
Via Berlinguer 8
08023 FONNI (NU) 3475073521

Committente: DOTT. GEOL. DARIO CINUS
Località: PAU (OR)
Data: 19/10/2018 Attrezzatura: PENETROMETRO DM30ITSA
Note:
Quota(m): p.c. Sigla: \P4

Grafico n.colpi - resistenza dinamica



STUDIO GEOLOGICO GIAMBATTISTA CADAU
Via Berlinguer 8
08023 FONNI (NU) 3475073521

Committente: DOTT. GEOL. DARIO CINUS

Località: PAU (OR)

Data: 19/10/2018 Attrezzatura: PENETROMETRO DM30ITSA

Note:

Quota(m): p.c. Sigla: \P1

Stratigrafia della prova

Profondità (m)	*Nspt medio equiv.*	*Resist.dinam. (kg/cmq)*	*Resist.dinam.SPT (kg/cmq)*	*Descrizione litologica*	*Comport. meccanico*	*Correzione litologica*
0,3	1	5,35	5,18	Argilla molle	2	2
0,5	3	18,29	17,72	Argilla mediamente compatta	2	2
1	15	75,6	73,35	Argilla molto consistente	2	2
1,6	17	81,15	78,87	Argilla molto consistente	2	2
1,7	54	263,55	256,23	Rifiuto	2	2

Comportamento meccanico dello strato: 0 = incoerente - 1 = coesivo - 2 = intermedio *Profondità della falda (m): non rilevata*

Peso del maglio (kg): 30 *Passo di lettura (cm): 10* *Volata del maglio (cm): 20* *Profondità di partenza (m): 0,1*

Peso delle aste (kg): 3 *Lunghezza della prova (m): 1,7* *Diametro della punta (cm): 3,57* *Fattore di correzione strumentale: 0,77*

STUDIO GEOLOGICO GIAMBATTISTA CADAU
Via Berlinguer 8
08023 FONNI (NU) 3475073521

Committente: DOTT. GEOL. DARIO CINUS

Località: PAU (OR)

Data: 19/10/2018 Attrezzatura: PENETROMETRO DM30ITSA

Note:

Quota(m): p.c. Sigla: \P2

Stratigrafia della prova

Profondità (m)	*Nspt medio equiv.*	*Resist.dinam. (kg/cmq)*	*Resist.dinam.SPT (kg/cmq)*	*Descrizione litologica*	*Comport. meccanico*	*Correzione litologica*
0,3	1	5,49	5,31	Argilla molto molle	2	2
0,5	2	10,21	9,89	Argilla mediamente compatta	2	2
0,6	11	57,64	55,86	Argilla consistente	2	2

Comportamento meccanico dello strato: 0 = incoerente - 1 = coesivo - 2 = intermedio *Profondità della falda (m): non rilevata*

Peso del maglio (kg): 30 *Passo di lettura (cm): 10* *Volata del maglio (cm): 20* *Profondità di partenza (m): 0,1*

Peso delle aste (kg): 3 *Lunghezza della prova (m): 0,6* *Diametro della punta (cm): 3,57* *Fattore di correzione strumentale: 0,77*

STUDIO GEOLOGICO GIAMBATTISTA CADAU
Via Berlinguer 8
08023 FONNI (NU) 3475073521

Committente: DOTT. GEOL. DARIO CINUS

Località: PAU (OR)

Data: 19/10/2018 Attrezzatura: PENETROMETRO DM30ITSA

Note:

Quota(m): p.c. Sigla: \P3

Stratigrafia della prova

Profondità (m)	*Nspt medio equiv.*	*Resist.dinam. (kg/cmq)*	*Resist.dinam.SPT (kg/cmq)*	*Descrizione litologica*	*Comport. meccanico*	*Correzione litologica*
0,3	1	5,35	5,18	Argilla molle	2	2
2,7	6	29,75	29	Argilla consistente	2	2
2,9	13	59,39	57,92	Argilla molto consistente	2	2
3	77	347,62	339,09	Rifiuto	2	2

Comportamento meccanico dello strato: 0 = incoerente - 1 = coesivo - 2 = intermedio *Profondità della falda (m): 2,5*

Peso del maglio (kg): 30 *Passo di lettura (cm): 10* *Volata del maglio (cm): 20* *Profondità di partenza (m): 0,1*

Peso delle aste (kg): 3 *Lunghezza della prova (m): 3* *Diametro della punta (cm): 3,57* *Fattore di correzione strumentale: 0,77*

STUDIO GEOLOGICO GIAMBATTISTA CADAU
Via Berlinguer 8
08023 FONNI (NU) 3475073521

Committente: DOTT. GEOL. DARIO CINUS

Località: PAU (OR)

Data: 19/10/2018 Attrezzatura: PENETROMETRO DM30ITSA

Note:

Quota(m): p.c. Sigla: \P4

Stratigrafia della prova

Profondità (m)	*Nspt medio equiv.*	*Resist.dinam. (kg/cmq)*	*Resist.dinam.SPT (kg/cmq)*	*Descrizione litologica*	*Comport. meccanico*	*Correzione litologica*
0,4	1	5,31	5,14	Argilla molle	2	2
0,6	7	35,66	34,56	Argilla consistente	2	2
0,8	5	28,27	27,41	Argilla mediamente compatta	2	2
1,1	20	101,53	98,54	Argilla molto consistente	2	2
1,3	31	155,17	150,69	Argilla dura	2	2
1,6	26	128,47	124,86	Argilla dura	2	2
1,7	55	268,43	260,97	Rifiuto	2	2

Comportamento meccanico dello strato: 0 = incoerente - 1 = coesivo - 2 = intermedio *Profondità della falda (m): non rilevata*

Peso del maglio (kg): 30 *Passo di lettura (cm): 10* *Volata del maglio (cm): 20* *Profondità di partenza (m): 0,1*

Peso delle aste (kg): 3 *Lunghezza della prova (m): 1,7* *Diametro della punta (cm): 3,57* *Fattore di correzione strumentale: 0,77*

STUDIO GEOLOGICO GIAMBATTISTA CADAU
Via Berlinguer 8
08023 FONNI (NU) 3475073521

Committente: DOTT. GEOL. DARIO CINUS

Località: PAU (OR)

Data: 19/10/2018 Attrezzatura: PENETROMETRO DM30ITSA

Note:

Quota(m): p.c. Sigla: \P1

Parametri geotecnici

Profondità base strato(m)	Nspt medio equivalente	Descrizione litologica dello strato	Velocità onde S (m/s)	Rapporto Tau/Sigma	Angolo d'attrito(°)	Peso di volume naturale (t/mc)	Densità relativa %	Modulo di Young (kg/cmq)	Modulo edom. incoerenti (kg/cmq)	Coesione non drenata (kg/cmq)	Mod.edom. coesivi (kg/cmq)	O. C. R.	Mod. dinamico di taglio (kg/cmq)	Pres.eff. a metà strato (kg/cmq)
0,3	1	Argilla molle	46	0,03	19	1,41	34	16	7	0,07	5	0,1	140	0,02
0,5	3	Argilla mediamente compatta	68	0,08	22	1,64	45	56	21	0,2	14	0,3	330	0,06
1	15	Argilla molto consistente	101	0,35	30	2	84	486	107	1,01	68	1,0	1157	0,13
1,6	17	Argilla molto consistente	115	0,34	31	2,03	76	584	121	1,14	77	0,9	1276	0,24
1,7	54	Rifiuto	147	0,98	43	2,29	85	3033	383	3,62	243	5,9	3143	0,31

Profondità della falda (m): non rilevata

STUDIO GEOLOGICO GIAMBATTISTA CADAU
Via Berlinguer 8
08023 FONNI (NU) 3475073521

Committente: DOTT. GEOL. DARIO CINUS

Località: PAU (OR)

Data: 19/10/2018 Attrezzatura: PENETROMETRO DM30ITSA

Note:

Quota(m): p.c. Sigla: \P2

Parametri geotecnici

Profondità base strato(m)	Nspt medio equivalente	Descrizione litologica dello strato	Velocità onde S (m/s)	Rapporto Tau/Sigma	Angolo d'attrito(°)	Peso di volume naturale (t/mc)	Densità relativa %	Modulo di Young (kg/cmq)	Modulo edom. incoerenti (kg/cmq)	Coesione non drenata (kg/cmq)	Mod.edom. coesivi (kg/cmq)	O. C. R.	Mod. dinamico di taglio (kg/cmq)	Pres.eff. a metà strato (kg/cmq)
0,3	1	Argilla molto molle	46	0,03	19	1,41	34	16	7	0,07	5	0,1	140	0,02
0,5	2	Argilla mediamente compatta	63	0,06	20	1,54	37	35	14	0,13	9	0,2	240	0,06
0,6	11	Argilla consistente	90	0,29	28	1,93	80	310	78	0,74	50	1,4	909	0,08

Profondità della falda (m): non rilevata

STUDIO GEOLOGICO GIAMBATTISTA CADAU
Via Berlinguer 8
08023 FONNI (NU) 3475073521

Committente: DOTT. GEOL. DARIO CINUS

Località: PAU (OR)

Data: 19/10/2018 Attrezzatura: PENETROMETRO DM30ITSA

Note:

Quota(m): p.c. Sigla: \P3

Parametri geotecnici

Profondità base strato(m)	Nspt medio equivalente	Descrizione litologica dello strato	Velocità onde S (m/s)	Rapporto Tau/Sigma	Angolo d'attrito(°)	Peso di volume naturale (t/mc)	Densità relativa %	Modulo di Young (kg/cmq)	Modulo edom. incoerenti (kg/cmq)	Coesione non drenata (kg/cmq)	Mod.edom. coesivi (kg/cmq)	O. C. R.	Mod. dinamico di taglio (kg/cmq)	Pres.eff. a metà strato (kg/cmq)
0,3	1	Argilla molle	46	0,03	19	1,81	32	16	7	0,07	5	0,1	140	0,03
2,7	6	Argilla consistente	99	0,11	24	1,87	44	134	43	0,4	27	0,1	566	0,28
2,9	13	Argilla molto consistente	128	0,2	29	1,94	55	394	92	0,87	59	10,	1035	0,52
3	77	Rifiuto	175	1,13	45	2,16	85	4252	547	5,16	347	90,	4146	0,55

Profondità della falda (m): 2,5

STUDIO GEOLOGICO GIAMBATTISTA CADAU
Via Berlinguer 8
08023 FONNI (NU) 3475073521

Committente: DOTT. GEOL. DARIO CINUS

Località: PAU (OR)

Data: 19/10/2018 Attrezzatura: PENETROMETRO DM30ITSA

Note:

Quota(m): p.c. Sigla: \P4

Parametri geotecnici

Profondità base strato(m)	Nspt medio equivalente	Descrizione litologica dello strato	Velocità onde S (m/s)	Rapporto Tau/Sigma	Angolo d'attrito(°)	Peso di volume naturale (t/mc)	Densità relativa %	Modulo di Young (kg/cmq)	Modulo edom. incoerenti (kg/cmq)	Coesione non drenata (kg/cmq)	Mod.edom. coesivi (kg/cmq)	O. C. R.	Mod. dinamico di taglio (kg/cmq)	Pres.eff. a metà strato (kg/cmq)
0,4	1	Argilla molle	49	0,03	19	1,8	30	16	7	0,07	5	0,0	140	0,04
0,6	7	Argilla consistente	82	0,18	25	1,99	62	165	50	0,47	32	0,6	639	0,09
0,8	5	Argilla mediamente compatta	83	0,12	24	1,9	48	106	36	0,34	23	0,3	491	0,13
1,1	20	Argilla molto consistente	111	0,43	32	2,16	85	744	142	1,34	90	1,2	1449	0,18
1,3	31	Argilla dura	126	0,61	37	2,16	85	1426	220	2,08	140	2,2	2039	0,24
1,6	26	Argilla dura	126	0,48	35	2,16	85	1100	185	1,74	117	1,7	1777	0,29
1,7	55	Rifiuto	148	0,98	44	2,16	85	3099	391	3,69	248	5,5	3189	0,33

Profondità della falda (m): non rilevata

STUDIO GEOLOGICO GIAMBATTISTA CADAU
Via Berlinguer 8
08023 FONNI (NU) 3475073521

Committente: DOTT. GEOL. DARIO CINUS
Località: PAU (OR)
Data: 19/10/2018 Attrezzatura: PENETROMETRO DM30ITSA
Note:
Quota(m): p.c. Sigla: P1-P2-P3-P4

Metodi di calcolo dei parametri geotecnici

Angolo di resistenza al taglio (°)	*Mod. edom. incoerenti*	*Coesione non drenata (kg/cmq)*	*Mod.edom. coesivi (kg/cmq)*	*Densità relativa (%)*	*Modulo di Young (kg/cmq)*	*Mod.dinamico di taglio incoerenti (kg/cmq)*	*Mod.dinamico di taglio coesivi (kg/cmq)*	*Rapporto di sovra consolidazione*
Road Bridge Specification	Farrent	Terzaghi & Peck	Stroud e Butler 20<IP<40	Skempton 1986	Stroud	Ohsaki & Iwasaki	Ohsaki & Iwasaki	Ladd & Foot
Road Bridge Specification	Farrent	Terzaghi & Peck	Stroud e Butler 20<IP<40	Skempton 1986	Stroud	Ohsaki & Iwasaki	Ohsaki & Iwasaki	Ladd & Foot
Road Bridge Specification	Farrent	Terzaghi & Peck	Stroud e Butler 20<IP<40	Skempton 1986	Stroud	Ohsaki & Iwasaki	Ohsaki & Iwasaki	Ladd & Foot