



COMUNE DI ORISTANO

PROCEDURA NEGOZIATA PER L'APPALTO DEI SERVIZI DI PROGETTAZIONE DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA, DEFINITIVA-ESECUTIVA, STUDI SPECIALISTICI, DIREZIONE DEI LAVORI, MISURA E CONTABILITÀ, COORDINAMENTO DELLA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE ED ESECUZIONE, STUDI GEOLOGI INERENTI I LAVORI PER LA "**COMPLETAMENTO CIRCONVALLAZIONE OVEST - LOTTO 2 - COLLEGAMENTO NORD**".

Codici Appalto: CUP: H17H19000210002 - CIG: 82599137D5

PROGETTO DEFINITIVO

RELAZIONE SULLE INDAGINI
GEOGNOSTICHE E GEOTECNICHE

Allegato:

1.R04

Scala:

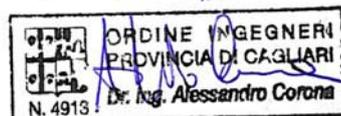
Affidatario del servizio:

RTP

Ing. Serafino Rubiu, "mandatario";
Ing. Luciano Biggio, "mandante";
Ing. Alessandro Corona, "mandante";
Ing. Michele Rubiu, "mandante";
Geol. Mauro Pompei, "mandante";
Archeol. Daniela Deriu, "mandante".

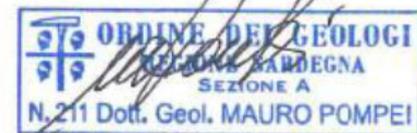
Coordinatori del progetto:

Ing. Luciano Biggio;
Ing. Alessandro Corona.



**Il Dirigente del Settore Lavori Pubblici
e Responsabile del Procedimento:**

Ing. Alberto Soddu



Rev.0	Settembre 2022
Rev.1	
Rev. 2	
Rev. 3	
Rev. 4	

SOMMARIO

1.	GENERALITÀ	1
1.1.	Premessa.....	1
1.2.	Inquadramento topografico e territoriale	1
1.3.	Descrizione sommaria dell'intervento.....	5
1.4.	Richiami normativi	6
2.	INDAGINI IN SITU	7
2.1.	Premessa.....	7
2.2.	Pozzetti stratigrafici	8
2.3.	Sondaggi a carotaggio continuo	12
2.4.	Campionamento dei terreni ai fini geotecnici	14
2.5.	Prove penetrometriche SPT.....	16
2.6.	Prove geotecniche speditive.....	17
2.7.	Prove penetrometriche DPSH.....	17
3.	PROVE GEOTECNICHE DI LABORATORIO	19
3.1.	Elenco dei campioni di terreno.....	19
3.2.	Classificazione delle Terre	19
3.3.	Prova di taglio	22
3.4.	Prova C.B.R. (California Bearing Ratio)	23
4.	RISULTATI DELLA CAMPAGNA DI INDAGINI	24
4.1.	Premessa.....	24
4.2.	Pozzetti stratigrafici	24
4.3.	Sondaggi a carotaggio continuo	24
4.4.	Prove geotecniche speditive.....	24
4.5.	Prove penetrometriche SPT.....	24
4.6.	Prove penetrometriche dinamiche DPSH	25
4.7.	Prove geotecniche di laboratorio	26

APPENDICI

1. Elaborati stratigrafici
2. Rapporti di prova penetrometriche
3. Rapporti di laboratorio geotecnico

 ORISTANO	 R.A.S		AFFIDAMENTO SERVIZI DI PROGETTAZIONE DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA, DEFINITIVA, ESECUTIVA, DIREZIONE DEI LAVORI, COORDINAMENTO DELLA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE ED ESECUZIONE, RELAZIONE GEOLOGICA, GEOTECNICA, STUDIO DI COMPATIBILITÀ IDRAULICA INERENTI ALLA REALIZZAZIONE DEI LAVORI DI COMPLETAMENTO CIRCONVALLAZIONE OVEST- LOTTO2 – COLLEGAMENTO NORD” CUP H17H19000210002 CIG 82599137D51
---	--	---	---

1. GENERALITÀ

1.1. Premessa

Nell’ambito delle attività a supporto della progettazione definitiva/eseccutiva degli «**Interventi di completamento della circonvallazione ovest mediante realizzazione di una rotatoria**» in Comune di Oristano, lo scrivente geologo Dott. MAURO POMPEI⁽¹⁾ – in qualità di mandante del R.T.P. costituito con Ing. SERAFINO RUBIU (mandatario), Ing. MICHELE RUBIU, Ing. ALESSANDRO CORONA e Ing. LUCIANO BIGGIO, aggiudicatario della gara d’appalto espedita dall’amministrazione comunale – ha svolto, per specifica competenza professionale, gli studi riguardanti gli aspetti geologici e geotecnici del settore su cui verrà realizzata l’opera in argomento.

Per ricostruire l’assetto geologico e geotecnico in corrispondenza del sedime che le opere previste con l’approfondimento adeguato alla fase in essere e verificare l’idoneità dei terreni ai fini stradali per la posa della sovrastruttura della viabilità piuttosto che come piano di fondazione per le opere di contenimento (muri e gabbionate), nel marzo 2022 è stata condotta (compatibilmente alle incertezze sui numerosi sottoservizi presenti) una campagna investigativa esplicata in pozzetti stratigrafici, prove penetrometriche dinamiche continue e prove geotecniche di laboratorio. Alla luce delle evidenze poco confortanti ed esaustive in ordine alle caratteristiche dei terreni nelle sezioni di imposta delle opere di contenimento, nel mese di aprile si è proceduto con un’indagine integrativa mediante sondaggi a carotaggio continuo e prove di taglio in laboratorio su un congruo numero di campioni rappresentativi.

Nel seguito vengono illustrati gli aspetti tecnici e metodologici delle suddette campagne di indagine.

Si rimanda alla **relazione geologica** a firma del medesimo scrivente per quanto attiene gli aspetti litologici, morfologici, geologici ed idrogeologici effettivamente interagenti con l’opera in progetto e da cui è stato ricostruito il modello geologico del sottosuolo di riferimento ai fini progettuali che interessano.

Costituiscono l’oggetto della **relazione geotecnica** il modello geotecnico di riferimento e le verifiche geotecniche.

1.2. Inquadramento topografico e territoriale

L’areale ove si prevede la realizzazione della rotatoria in progetto ricade nella periferia settentrionale di Oristano (Sardegna centro-occidentale), in prossimità del Centro commerciale Porta Nuova, poco a nord all’innesto tra la S.P. 54 e la S.P. 93.

I riferimenti cartografici sono rappresentati da:

- Foglio n. 528 “ORISTANO” dell’I.G.M.I. [scala 1:50.000]
- Sezione 528- I “CABRAS” dell’I.G.M.I. [scala 1:25.000]
- Sezione 528-080 “ORISTANO” della C.T.R. [scala 1:10.000]

⁽¹⁾ Albo Geologi della Regione Sardegna N. 211 – Sezione A.

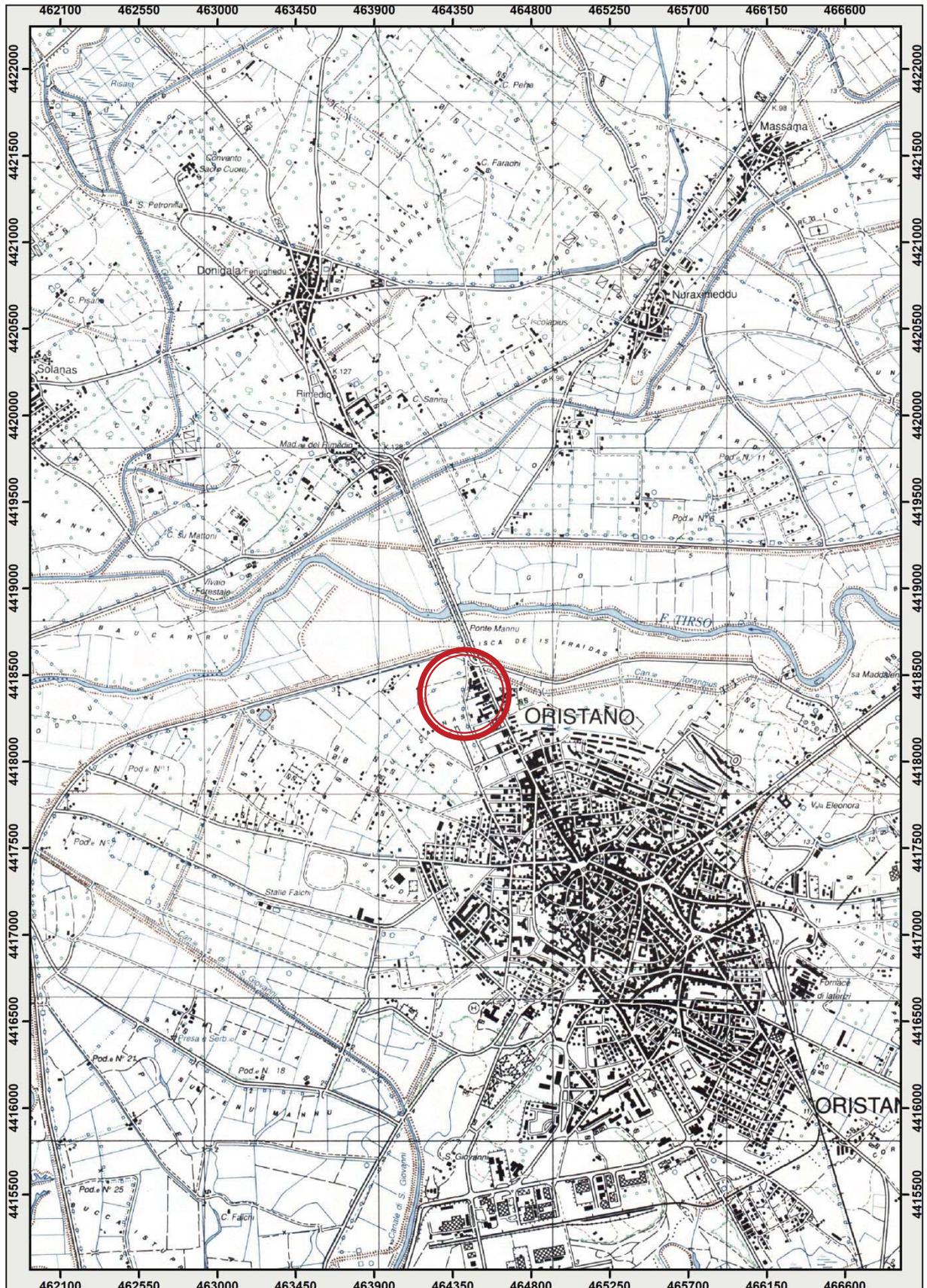


FIGURA 1.1 - Ubicazione dell'opera in progetto su cartografia I.G.M.I. in scala 1:25.000.



FIGURA 1.2 - Ubicazione dell'opera in progetto su cartografia C.T.R. in scala 1:10.000.

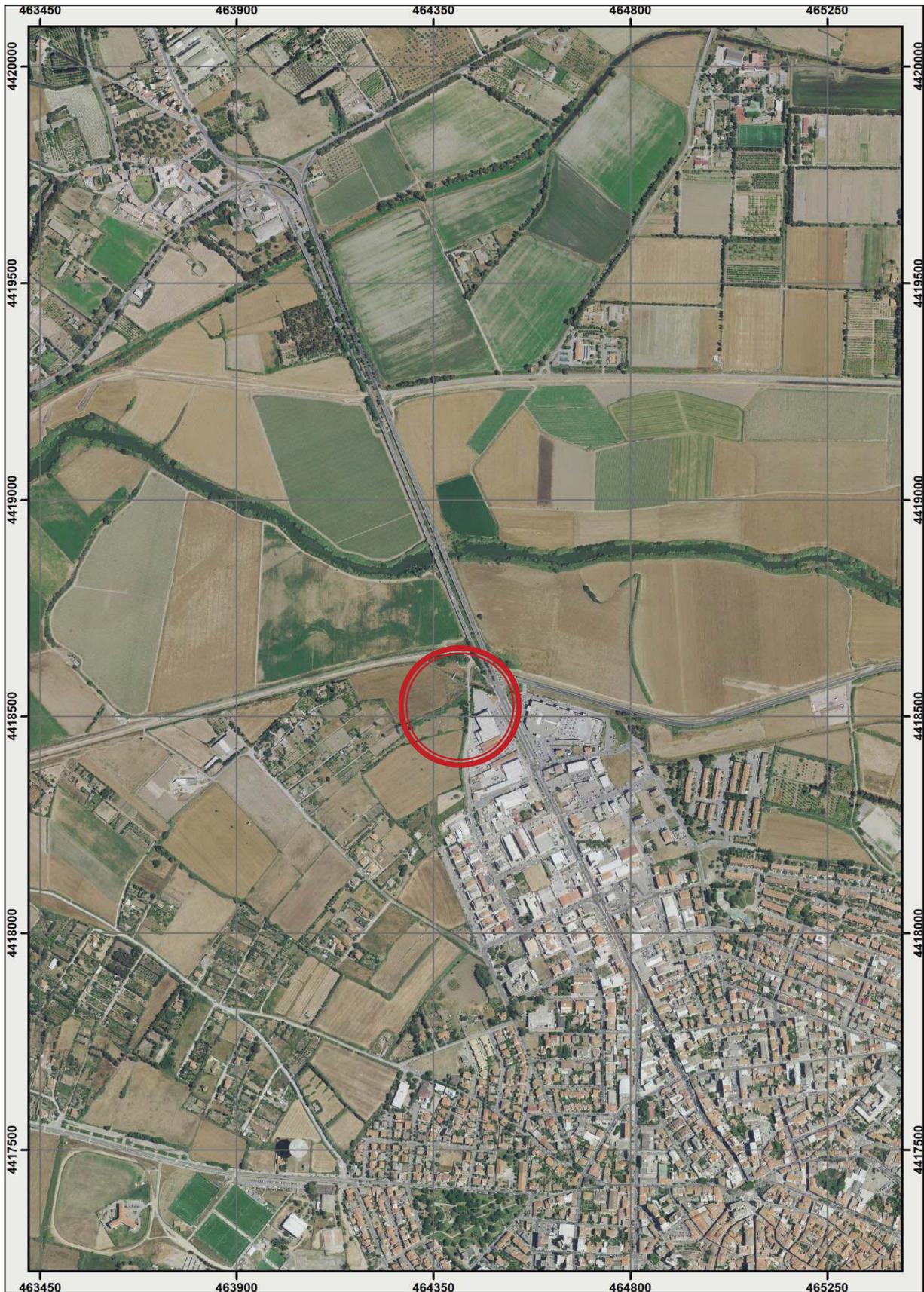


FIGURA 1.3 - Ubicazione dell'opera in progetto su ortofotogramma in scala 1:10.000.

1.3. Descrizione sommaria dell'intervento

La prevista rotatoria avrà diametro esterno 55 m e sarà posizionata in maniera baricentrica rispetto alla viabilità esistente in grado di garantire anche l'uscita verso Sili. Detto posizionamento comporterà l'utilizzo delle aree golenali con nuovi rilevati e la definizione di nuove rampe di accesso all'alveo secondo le direttive del Genio Civile di Oristano. Queste opere arginali saranno protette al piede con gabbionate aventi altezza di circa 2,50 m mentre l'esecuzione delle rampe di accesso comporta la realizzazione di muri in C.A. i quali saranno opportunamente rivestiti in pietra.

Anche nella porzione di rotatoria rivolta verso il canale Torangius, al fine di contenere il rilevato stradale, sarà realizzato un muro in C.A. con pista ciclabile a sbalzo.

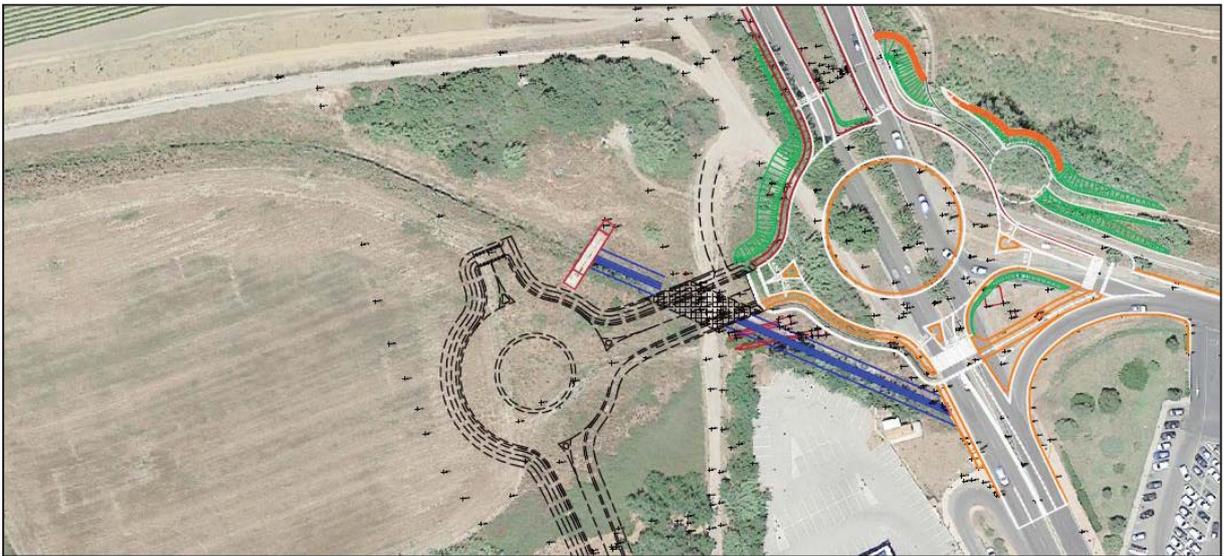


FIGURA 1.4 - Inquadramento territoriale dell'intervento.

 ORISTANO	 R.A.S	 FSC Fondo per lo Sviluppo e la Coesione	AFFIDAMENTO SERVIZI DI PROGETTAZIONE DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA, DEFINITIVA, ESECUTIVA, DIREZIONE DEI LAVORI, COORDINAMENTO DELLA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE ED ESECUZIONE, RELAZIONE GEOLOGICA, GEOTECNICA, STUDIO DI COMPATIBILITÀ IDRAULICA INERENTI ALLA REALIZZAZIONE DEI LAVORI DI COMPLETAMENTO CIRCONVALLAZIONE OVEST- LOTTO2 – COLLEGAMENTO NORD” CUP H17H19000210002 CIG 82599137D51
--	---	---	---

1.4. Richiami normativi

La normativa vigente in materia a cui si è fatto riferimento per lo svolgimento degli studi e la compilazione del presente documento tecnico è la seguente:

- **Circolare C.S. LL.PP. n. 617 del 02.02.2009** «Istruzioni per l'applicazione delle nuove "Norme tecniche per le costruzioni di cui al D.M. 14.01.2008»;
- **D.M. Infrastrutture 06.05.2008** «Integrazioni al D.M. 14.01.2008 di approvazione delle Nuove Norme tecniche per le costruzioni emesse ai sensi delle leggi n. 1086 del 05.11.1971 e n. 64 del 02.02.1974, così come riunite nel Testo Unico per l'Edilizia di cui al D.P.R. n. 380 del 06.06.2001 e dell'art. 5 del D.L. n. 136 del 28.05.2004, convertito in legge, con modificazioni, dall'art. 1 della Legge n. 186 del 27.07.2004 e ss.mm.ii.»;
- **D.M. 14.01.2008** «Norme Tecniche per le Costruzioni» e ss.mm.ii.;
- **Circ. Min. LL.PP. n. 30483 del 24.09.1988** che prevede l'obbligo di sottoporre tutte le opere civili pubbliche e private da realizzare nel territorio della Repubblica, alle verifiche per garantire la sicurezza e la funzionalità del complesso opere-terreni ed assicurare la stabilità complessiva del territorio nel quale si inseriscono;
- **D.M. LL.PP. 11.03.1988** «Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione»;
- **A.G.I. 1977** «Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche».

2. INDAGINI IN SITU

2.1. Premessa

Fermi restando gli obiettivi dello studio precedentemente illustrati, la campagna investigativa che ha supportato l'analisi geologica e geotecnica di specifico intervento edilizio, si è esplicata nell'esecuzione di:

- | | |
|--|------|
| ⇒ pozzetti stratigrafici approfonditi max 1,50 m da p.c. | n. 3 |
| ⇒ sondaggi a carotaggio continuo | n. 2 |
| ⇒ prove penetrometriche S.P.T. | n. 3 |
| ⇒ prove penetrometriche dinamiche continue spinte max 8,00 m da p.c. | n. 3 |
| ⇒ prelievo di campioni di terreno | n. 6 |
| ⇒ prove geotecniche di laboratorio | n. 6 |

disposte come rappresentato nell'immagine satellitare di **FIGURA 2.1**.

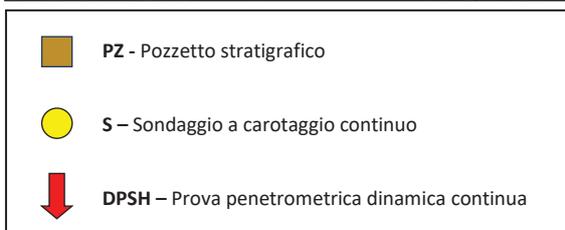
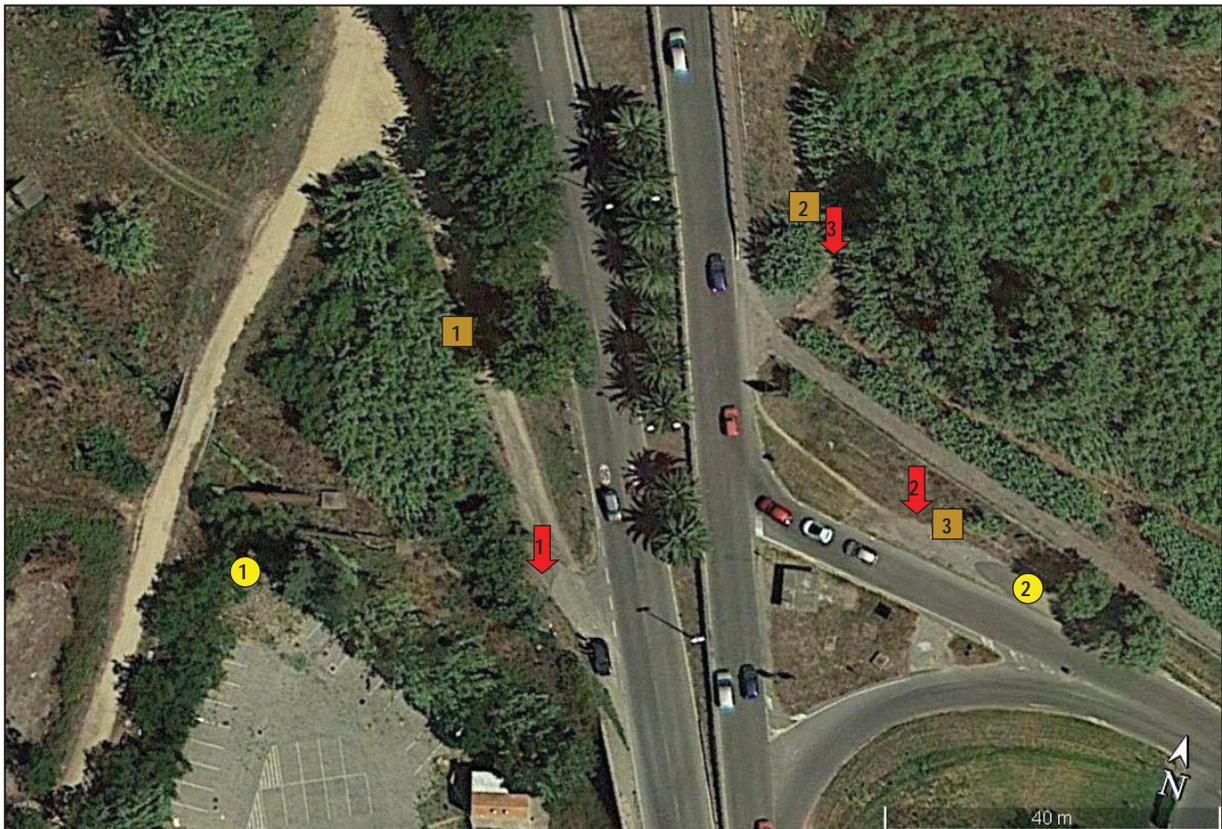


FIGURA 2.1

Ubicazione delle indagini geognostiche e geotecniche.

VERTICALE	QUOTA (m) DAL P.C.	PROFONDITÀ (m) DAL P.C.	COORDINATE	
			NORD	EST
Pozzetto PZ1	7,00	1,50	4.418.601	1.464.456
Pozzetto PZ2	7,00	1,10	4.418.626	1.464.490
Pozzetto PZ3	8,00	1,20	4.418.594	1.464.517

TABELLA 2.1 – Identificativi dei pozzetti stratigrafici, profondità raggiunta, corrispettiva quota e coordinate.

VERTICALE	QUOTA (m) DAL P.C.	PROFONDITÀ (m) DAL P.C.	COORDINATE	
			NORD	EST
Prova DPSH1	7,00	2,40	4.418.575	1.464.478
Prova DPSH2	7,00	2,60	4.418.595	1.464.523
Prova DPSH3	7,00	8,00	4.418.623	1.464.495

TABELLA 2.2 – Identificativi delle prove DPSH, profondità raggiunta, corrispettiva quota e coordinate.

VERTICALE	QUOTA (m) DAL P.C.	PROFONDITÀ (m) DAL P.C.	COORDINATE	
			NORD	EST
Sondaggio S1	5,00	7,50	4.418.566	1.464.443
Sondaggio S2	8,00	7,00	4.418.590	1.464.531

TABELLA 2.3 – Identificativi dei sondaggi a carotaggio continuo, corrispettiva quota e coordinate.

2.2. Pozzetti stratigrafici

I pozzetti stratigrafici (indicati con le sigle **PZ1÷PZ3**) sono stati realizzati con l’ausilio di escavatore meccanico dotato di retrobraccio e benna da 0,60 m (**FOTO 2.2**).

I terreni estratti sono stati adagiati lateralmente allo scavo e successivamente utilizzati per riempire il medesimo e ripristinare lo stato dei luoghi una volta ultimati i rilievi stratigrafici, il prelievo dei campioni ed acquisita la documentazione fotografica.



FOTO 2.1 – Mezzo escavatore impiegato per i pozzetti stratigrafici.



FOTO 2.2 e 2.3 – Dotazioni tecniche del mezzo escavatore impiegato per i pozzetti stratigrafici.



FOTO 2.4 e 2.5 – Realizzazione dei pozzetti con acquisizione della stratigrafia dei terreni.



FIGURA 2.2 – Posizionamento dei pozzetti stratigrafici.

2.3. Sondaggi a carotaggio continuo

I sondaggi, indicati con le sigle **S1** e **S2** sono stati spinti sino a profondità comprese tra 7,00÷7,50 m dal p.c..

Per le operazioni di trivellazione è stata impiegata una sonda idraulica MK mod. 900D1 CMV cingolata specifica per indagini geognostiche, con le seguenti dotazioni:

– antenna con tiro e spinta	78,5 - 50 daKN
– aste di perforazione	Ø 76 mm e lunghezza 3,00 m
– testa di rotazione coppia	max 9-71 rpm kNm, velocità max 0-192 Rpm
– pompa a coclea	Bellin NG800L
– corsa massima testa di rotazione	4.000 mm
– velocità di avanzamento antenna	52 m/min
– motore ausiliario potenza	max kw/Hp 90-122
– morsa idraulica doppia forza di chiusura	226 KN
– argano forza sollevamento	max 20 KN

L'avanzamento è avvenuto a carotaggio continuo senza perdite di oli, lubrificanti e altre sostanze dai macchinari e da tutte le strumentazioni utilizzate durante le diverse fasi di lavoro.

Le operazioni sono state condotte osservando rigorosamente le seguenti procedure:

- avanzamento “a secco”,
- estrusione delle carote per battitura a secco,
- recupero 100% dei materiali carotati.

Progressivamente all'avanzamento dei sondaggi, è stata acquisita la documentazione fotografica e si è proceduto, nell'immediato, all'esame dei terreni estratti per valutare il grado di umidità, gli odori, etc..



FOTO 2.6 – Sonda idraulica impiegata.



FOTO 2.7 e 2.8 – Dotazioni tecniche dei sondaggi a carotaggio continuo.



FIGURA 2.3 – Posizionamento dei sondaggi a carotaggio continuo.



FOTO 2.9 – Cassetta catalogatrice dei campioni estratti.

Le carote estratte sono state riposte in apposite cassette catalogatrici, contrassegnate con la sigla del sondaggio, la denominazione del cantiere e la data di esecuzione.

Una volta concluse le osservazioni macroscopiche, la compilazione della stratigrafia, l'acquisizione della documentazione fotografica ed il prelievo dei campioni, le medesime sono state momentaneamente custodite presso i depositi della ditta dei sondaggi dove dopo 30 gg verranno poi smaltite a termini dei legge.

2.4. Campionamento dei terreni ai fini geotecnici

Nel corso dell'esecuzione dei pozzetti sono stati prelevati n. 6 campioni "rimaneggiati" di terreno i quali, dopo essere stati adeguatamente protetti e sigillati in modo tale da conservare integra l'umidità naturale, sono stati conferiti presso il laboratorio della Geotechna S.r.l. di Cagliari per essere sottoposti alle seguenti analisi e prove, come specificato in **TABELLA 2.4**:

- Classificazione delle Terre n. 3
- C.B.R. (California Bearing Ratio) n. 3
- Taglio diretto C.D. n. 3

CAMPIONE		PROFONDITÀ (m) DA P.C.	PROVA DI LABORATORIO
PZ1-C1	Rimaneggiato	0,80÷1,50 m	Classificazione delle Terre + C.B.R.
PZ2-C1	Rimaneggiato	0,50÷0,70 m	Classificazione delle Terre + C.B.R.
PZ3-C1	Rimaneggiato	1,00÷1,20 m	Classificazione delle Terre + C.B.R.
S2-C1	Semidisturbato	1,25÷1,40 m	Taglio diretto C.D.
S2-C2	Semidisturbato	2,60÷2,80 m	Taglio diretto C.D.
S2-C3	Semidisturbato	4,60÷4,80 m	Taglio diretto C.D.

TABELLA 2.4 – Campioni di terreno prelevati e relative prove geotecniche di laboratorio eseguite.



FOTO 2.10 – Operazione di campionamento dei terreni da pozzetto stratigrafico.



FOTO 2.11 e 2.12 – Campioni prelevati da sondaggio (a sinistra) e da pozzetto (a destra).

2.5. Prove penetrometriche SPT

Nel corso di avanzamento delle perforazioni, al fine di caratterizzare meccanicamente le varie litofacies, sono state eseguite complessivamente, n. 3 prove SPT a varie profondità, a partire dal fondo del sondaggio, dopo aver avuto cura di pulire accuratamente il foro.

Il test è consistito nell’infissione nel terreno di una punta conica chiusa di diametro esterno pari a 51 mm e apertura di 60°, sotto i colpi di un maglio del peso di 63,5 kg lasciato in caduta libera da un'altezza di 76,20 cm. La misura dei colpi N necessari per un dato avanzamento della punta, permette di valutare la resistenza meccanica del terreno e ricavare, attraverso abachi e formule della letteratura tecnica, i principali parametri di resistenza al taglio e di comprimibilità.

Il primo tratto di infissione, detto “di avviamento” o N1, corrisponde ad un avanzamento di 15 cm mentre quello successivo rappresenta il valore significativo del test, espresso in numero di colpi N_{SPT} , formato dalla somma dei colpi necessari all’infissione di due tratti da 15 cm ($N2+N3$).

Quando il test supera i 50 colpi/15_{cm} viene considerato “a rifiuto”.



FOTO 2.13, 2.14 e 2.15 - Fasi di esecuzione dello Standard Penetration Test.

2.6. Prove geotecniche speditive

In corrispondenza dei tratti di carota coesivi, recuperati nel corso dei sondaggi, sono state operate delle prove a carattere speditivo mediante POCKET PENETROMETER.

Il POCKET PENETROMETER è costituito da una punta cilindrica che viene infissa a pressione normale sino all'affondamento di una tacca marcata sulla punta consente, utilizzando un dinamometro, la lettura della pressione esercitata su una scala opportunamente graduata e di valutare in prima battuta la consistenza del terreno. La prova è riconducibile alle misure di espansione laterale libera (σ_{ELL}) eseguite in laboratorio per ricavare il parametro di resistenza al taglio per coesione (c_u).

È possibile determinare il valore della coesione non drenata (c_u) attraverso la relazione:

$$c_u = \frac{\sigma_{ELL}}{2}$$



FOTO 2.16 – Fori residui delle prove eseguite con pocket penetrometer.

2.7. Prove penetrometriche DPSH

Le n.3 prove penetrometriche dinamiche continue (denominate **DPSH1÷DPSH3**), sono state realizzate impiegando un **PENETROMETRO “SUPERPESANTE” PAGANI TG63/150** (anno di costruzione dicembre 2005), con le seguenti dotazioni riconosciute nella procedura ISSMFE (1988) dall'ASSOCIAZIONE GEOTECNICA INTERNAZIONALE:

- | | |
|--|--------------------|
| – Altezza di caduta | 75 cm |
| – Peso massa battente | 63,5 kg |
| – Peso sistema di caduta | 8,0 kg |
| – Diametro della punta conica | 50,46 mm |
| – Angolo al vertice della punta conica | 90° |
| – Area della punta conica | 20 cm ² |
| – Lunghezza delle aste | 1 m |
| – Peso batteria di aste concentriche | 6,30 kg/m cad |
| – Profondità giunzione prima asta | 0,80 m |
| – Avanzamento punta | 0,20 m |
| – Rivestimento / fanghi | no |

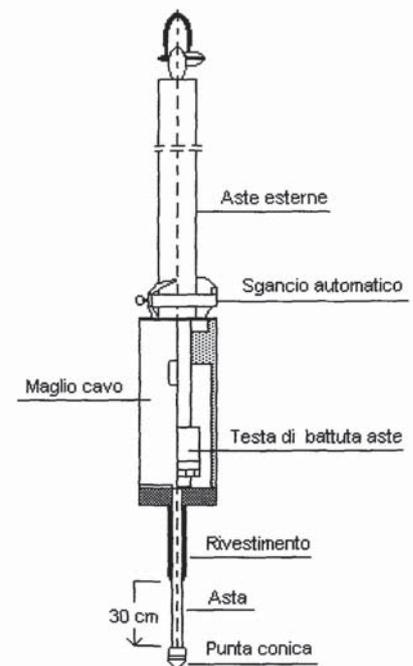


FIGURA 2.4
Schema del penetrometro DPSH,

Il test consiste nell’infissione, mediante una massa battente, una batteria di aste munita all’estremità di una punta conica e nella registrazione del numero di colpi necessari all’approfondimento di tratti consecutivi di **20 cm (N₂₀)**.

e prove sono state spinte sino ad un massimo di 9,00 m (come da programma delle indagini) o al raggiungimento delle condizioni di rifiuto strumentali, verificatesi profondità variabile tra 2,40÷8,00 m da p.c. come specificato in **TABELLA 2.2**.



FIGURA 2.5 – Posizionamento delle prove penetrometriche DPSH1 e DPSH2.

3. PROVE GEOTECNICHE DI LABORATORIO

3.1. Elenco dei campioni di terreno

Dei campioni prelevati nel corso dell'esecuzione dei pozzetti ne sono stati selezionati n. 6 ed è stato confezionato uno "composito", i quali sono stati sottoposti a specifiche prove di laboratorio geotecnico, alle seguenti analisi e prove, come specificato in **TABELLA 3.1**:

- Classificazione delle Terre n. 3
- C.B.R. (California Bearing Ratio) n. 3
- Taglio diretto C.D. n. 3

CAMPIONE		PROFONDITÀ (m) DA P.C.	PROVA DI LABORATORIO
PZ1-C1	Rimaneggiato	0,80÷1,50 m	Classificazione delle Terre + C.B.R.
PZ2-C1	Rimaneggiato	0,50÷0,70 m	Classificazione delle Terre + C.B.R.
PZ3-C1	Rimaneggiato	1,00÷1,20 m	Classificazione delle Terre + C.B.R.
S2-C1	Semidisturbato	1,20÷1,40 m	Taglio diretto C.D.
S2-C2	Semidisturbato	2,60÷2,80 m	Taglio diretto C.D.
S2-C3	Semidisturbato	4,60÷4,80 m	Taglio diretto C.D.

TABELLA 3.1 – Campioni di terreno prelevati e relative prove geotecniche di laboratorio eseguite.

3.2. Classificazione delle Terre

Allo stato attuale il riferimento normativo per la cosiddetta "*Classificazione delle Terre*" è rappresentata dalla "**Nuova UNI 10006 per le terre**" (**FIGURA 3.1** **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**) che non si discosta sostanzialmente dalla precedente in ordine al valore dei principali parametri (passanti ai setacci, limiti di Atterberg) ma omette le caratteristiche e gli impieghi. Il metodo tiene conto della composizione granulometrica, del Limite liquido (LL), del Limite plastico (LP), dell'Indice di Plasticità (IP), dell'Indice di Gruppo (IG). L'Indice di plasticità (IP) si ottiene dalla differenza tra il Limite liquido (LL) e il Limite plastico (LP).

Per l'analisi granulometrica, il campione di terra essiccata e disgregata viene fatta passare attraverso una serie unificata di setacci pesando le percentuali trattenute da ciascun setaccio, oppure le percentuali passanti da un setaccio e trattenute da quello successivo.

Il LIMITE LIQUIDO rappresenta la percentuale di umidità in corrispondenza della quale la terra passa dallo stato "plastico" a quello "liquido". Si determina sul passante al setaccio n. 40: un campione di terra viene impastato a differenti percentuali di acqua e posto in una capsula, poi diviso diametralmente in due parti mediante un solco ottenuto con uno speciale regolo. A mezzo di una tavola normalizzata, s'imprimono alla capsula 25 scosse sussultorie in ragione di due al secondo. La percentuale d'acqua che permette la chiusura del solco esattamente al termine delle 25 scosse, dà il LIMITE LIQUIDO (LL).

Il LIMITE PLASTICO (LP) è la percentuale di umidità in corrispondenza della quale la terra passa dallo stato solido a quello plastico; si determina sulla frazione che passa al setaccio n. 40. La terra viene impastata con l'acqua e ridotta ad una palla; poi la si colloca su una lastra di vetro e col palmo della mano trasformata in un bastoncino. La più piccola percentuale d'acqua che permette di ottenere un bastoncino di 3 mm di diametro, senza che il bastoncino si sbricioli o si spezzi durante la manipolazione, fornisce il LIMITE PLASTICO (LP).

Classificazione generale	Terre ghiaio-sabbiose Frazione passante allo staccio 0.063 mm ≤ 35%							Terre limo-argillose Frazione passante allo staccio 0.063 mm > 35%					Torbe e terre organiche palustri	
	A1		A3	A2				A4	A5	A6	A7			A8
Gruppo	A1-a		A1-b											
Sottogruppo	A1-a		A1-b	A2-4	A2-5	A2-6	A2-7			A7-5		A7-6		
Frazione passante allo staccio 2 mm 0.4 mm 0.063 mm	≤ 50 ≤ 30 ≤ 15	- ≤ 50 ≤ 25	- > 50 ≤ 10	- ≤ 35	- ≤ 35	- ≤ 35	- ≤ 35	- > 35	- > 35	- > 35	- > 35	- > 35		
Caratteristiche della frazione passante allo staccio 0.4 mm LL (Limite liquido) IP (Indice di plasticità)	- ≤ 6	- ≤ 6	- N.P.	≤ 40 ≤ 10	> 40 ≤ 10	≤ 40 > 10	> 40 > 10	≤ 40 ≤ 10	> 40 ≤ 10	≤ 40 > 10	> 40 > 10 IP ≤ LL-30	> 40 > 10 IP > LL-30		
Indice di gruppo	0		0	0				≤ 4		≤ 8	≤ 12	≤ 16	≤ 20	
Tipi usuali dei materiali caratteristici costituenti il gruppo	Ghiaia o breccia, ghiaia o breccia sabbiosa, sabbia grossa, pomice, scorie vulcaniche, pozzolane		Sabbia fina	Ghiaia o sabbia limosa o argillosa				Limi poco compressibili	Limi molto compressibili	Argille poco compressibili	Argille molto compressibili e mediamente plastiche	Argille molto compressibili e molto plastiche	Torbe di recente o remota formazione e, detriti organici	
Qualità portanti quale terreno di sottofondo in assenza di gelo	da eccellente a buono				Da mediocre a scadente							Da scartare		
Azione del gelo sulle qualità portanti	Nessuna o lieve			Media				Moito elevata	Media	Elevata	Media			
Ritiro e rigonfiamento	Nullo			Nullo o lieve				Lieve o medio	Elevato	Elevato	Moito elevato			
Permeabilità	Elevata			Media o scarsa				Scarsa o nulla						

FIGURA 3.1 – Nuova classificazione UNI-CNR 10006 per le terre.

La differenza tra il limite liquido WL e il limite plastico WP fornisce l'indice di plasticità IP. Detto valore, correlato al contenuto naturale d'acqua WN consentire di stimare approssimativamente il grado di sovraconsolidazione del terreno: per valori di WN che si discostano da WP e tendono verso WL, il materiale tende a perdere il suo grado di consistenza.

Fornisce altresì una stima qualitativa delle caratteristiche del materiale fine, poiché al crescere di LL (per IP = cost)

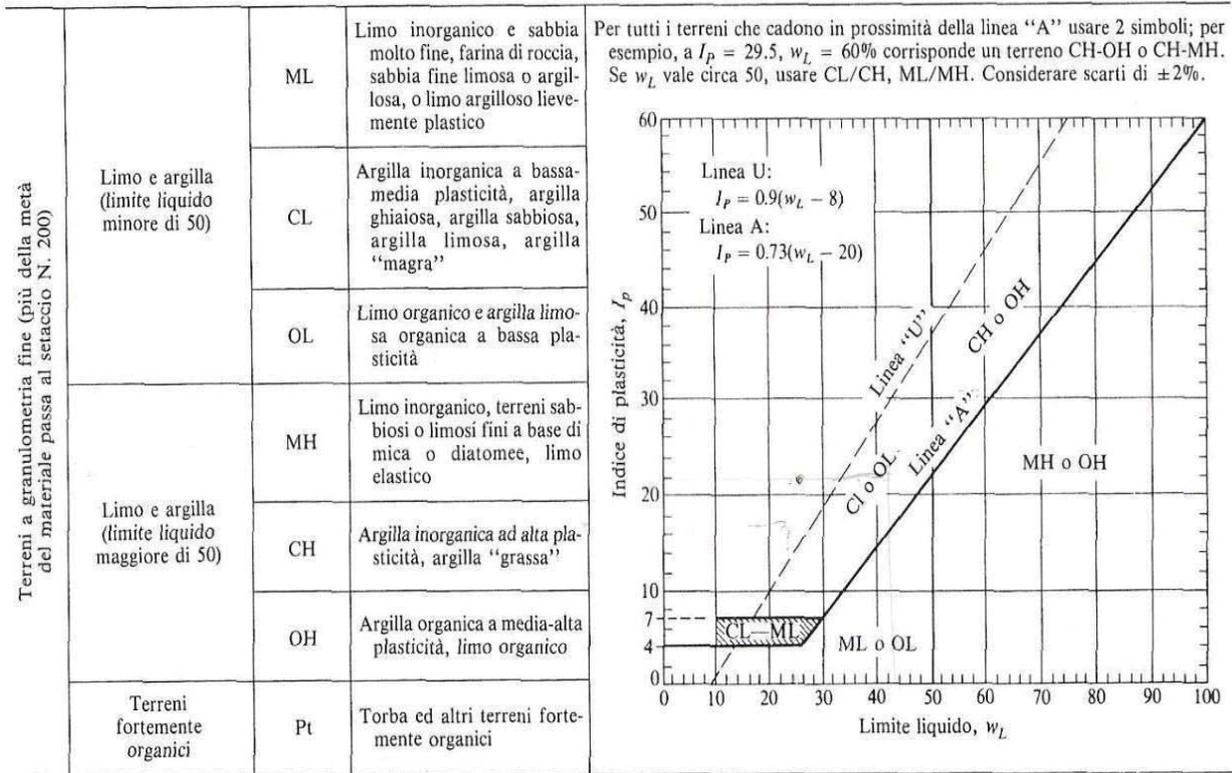
- aumenta la permeabilità,
- aumenta la compressibilità,
- diminuisce la resistenza del materiale secco,

mentre al crescere di IP (per LL = cost):

- diminuisce la permeabilità,
- la compressibilità non varia significativamente,
- aumenta la resistenza del materiale secco.

INDICE DI PLASTICITÀ	TERRENO
0÷5	Non plastico
5÷15	Poco plastico
15÷40	Plastico
> 40	Moito plastico

TABELLA 3.2 – Classificazione dei terreni in base all'indice di plasticità.



(1) La suddivisione dei terreni GM e SM nei sottogruppi d e u si applica unicamente nel caso di strade ed aeroporti. La suddivisione è fatta in base ai limiti di Atterberg; si usa il suffisso "d" quando w_L è minore o uguale a 28 e I_p è minore o uguale a 6; il suffisso "u" si usa quando w_L è maggiore di 28.
 (2) I terreni intermedi, che possiedono le caratteristiche comuni a due gruppi, vengono indicati unendo i simboli dei gruppi. Per esempio, GW-GC indica una miscela di sabbia e ghiaia ben graduata, con legante argilloso.

FIGURA 3.2 – Classificazione unificata dei terreni, stralcio (CASAGRANDE, 1981).

Un'altra modalità di classificazione dei terreni è quella di CASAGRANDE (1948 –**FIGURA 3.2**) che tiene conto dei LIMITE LIQUIDO (**LL**), INDICE PLASTICO (**IP**) e del grado di umidità (**LN**) che ha un più vasto campo di applicabilità.

Riportando i valori del limite di liquidità LL e del limite di plasticità LP sulla Carta di plasticità di Casagrande è possibile caratterizzare il materiale dal punto di vista della compressibilità e della plasticità e distinguere tra terreni organici ed inorganici. È stato inoltre calcolato l'indice di consistenza IC che fornisce il grado di consistenza del terreno ed è direttamente proporzionale alla sua resistenza al taglio ed inversamente con la comprimibilità:

$$IC = LL - LN / LL - LP \times 100$$

	INDICE DI CONSISTENZA	TERRENO
WN > WL	≤ 0	Fluida
	$0 < IC \leq 25$	Fluida - Plastica
	$25 < IC \leq 50$	Molle - Plastica
	$50 < IC \leq 75$	Plastica
	$75 < IC \leq 100$	Solido- Plastica

TABELLA 3.3 – Indice di consistenza dei terreni.

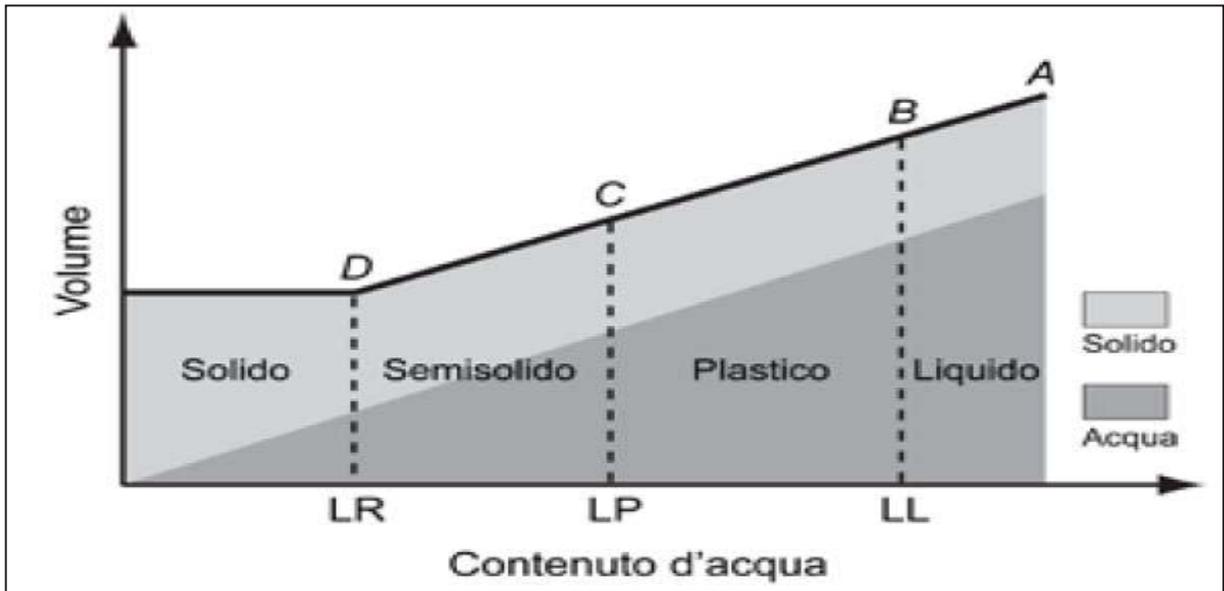


FIGURA 3.3 – Cambiamento di stato del terreno in relazione al contenuto d'acqua.

3.3. Prova di taglio

Per l'esecuzione della prova, lo strumento impiegato è la "Scatola di Casagrande", costituita da due bassi parallelepipedi a sezione quadrata sovrapposti che possono traslare relativamente tra loro in direzione perpendicolare all'asse (FIGURA 3.4).

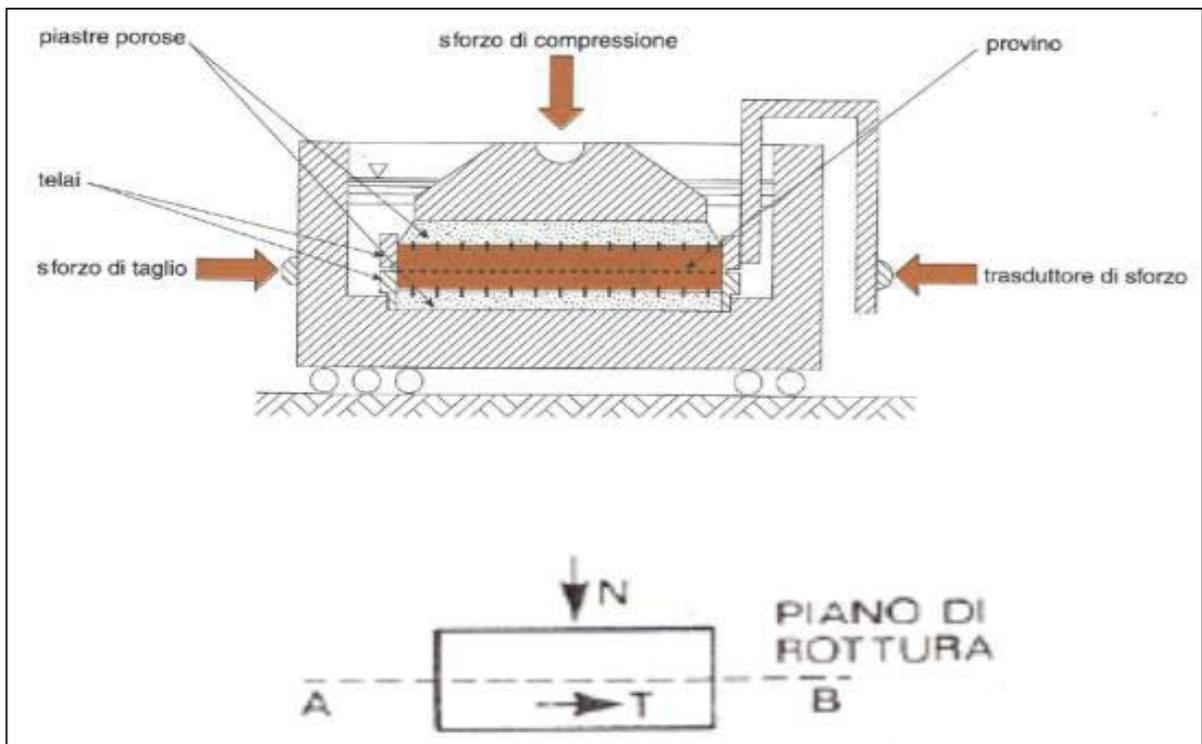


FIGURA 3.4 – Schema di funzionamento della scatola di Casagrande.

Il campione, secondo la procedura ASTM D3080, è opportunamente preparato per consentire il test su almeno 3 provini di sezione pari a 59,7 cm² che vengono preventivamente sottoposti a consolidazione per circa 24 ore sotto carico verticale costante ma crescente per ciascuno dei provini, in maniera tale da riprodurre le verosimili condizioni di carico del terreno in sito e successivamente allo sforzo di taglio sino a rottura (carico orizzontale sul piano di separazione delle due semiscatole).

Gli spostamenti relativi delle due parti, conseguenti all'applicazione della forza tangenziale sono misurati, così come quelli in direzione assiale, con un comparatore od un trasduttore. Le misurazioni vengono riportate in un diagramma σ_a/τ e da questo ricavati il valore dell'angolo di attrito interno (ϕ) e della coesione (c). Nel corso della stessa prova viene anche determinato il peso di volume (γ) e il contenuto d'acqua (W) iniziale e finale.

3.4. Prova C.B.R. (California Bearing Ratio)

La prova C.B.R. viene eseguita per valutare l'idoneità dei terreni come sottofondi stradali. Consiste nel sottoporre un campione di terreno, opportunamente preparato entro una fustella cilindrica (FIGURA 3.5), ad una prova di penetrazione effettuata a mezzo di apposito pistone o ago di dimensioni prestabilite, con una velocità di 1,27 mm/min, ricavando il carico corrispondente a valori di affondamento di 2,5 mm e 5,0 mm. Il rapporto percentuale tra tali carichi con analoghi ottenuti su un terreno prestabilito, ovvero 70 kg/cm² per un affondamento di 2,5 mm e 105 kg/cm² per 5 mm, fornisce l'Indice C.B.R..

La prova viene eseguita in condizioni di saturazione ottenute immergendo in acqua il campione – già preparato e caricato con un certo numero di pesi – per 4 giorni. Dei due valori ottenuti si sceglie il maggiore, nonostante risultino molto simili se la prova è stata condotta in maniera scrupolosa.

Questa procedura richiede la determinazione dell'Indice di rigonfiamento del campione, che si rileva per differenza tra lo stato iniziale e finale della prova.

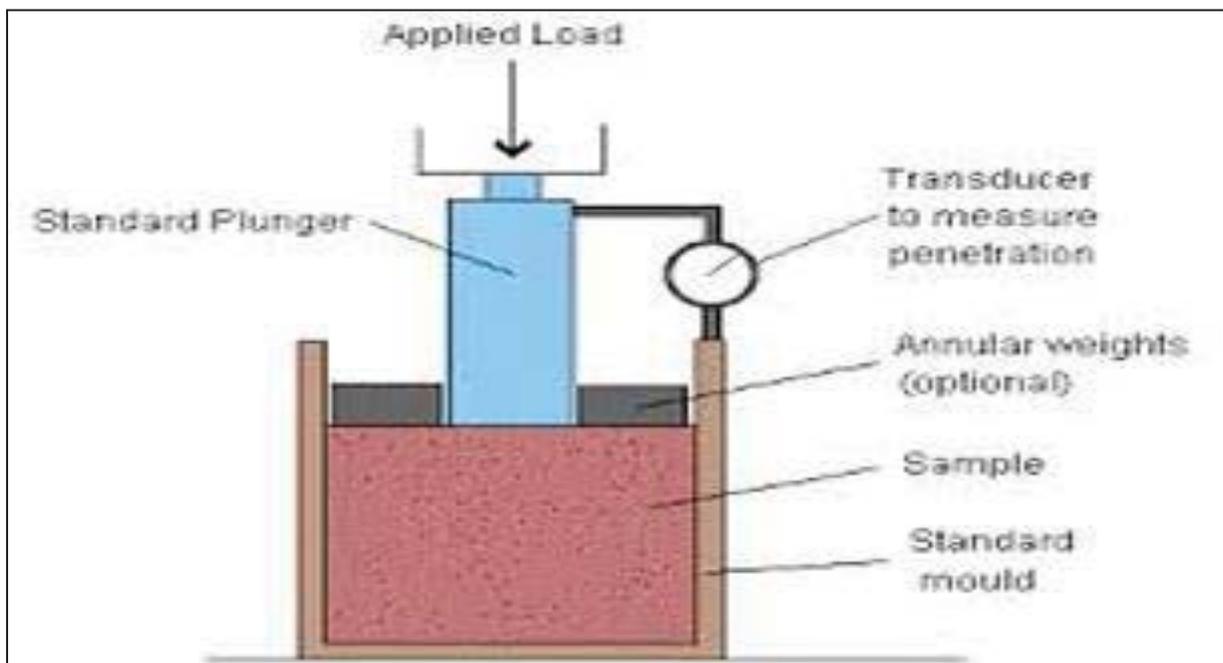


FIGURA 3.5 – Schema del macchinario utilizzato per la prova California Bearing Ratio.

4. RISULTATI DELLA CAMPAGNA DI INDAGINI

4.1. Premessa

La campagna di indagini e prove geologiche e geotecniche hanno consentito, direttamente o indirettamente, di estrapolare le caratteristiche del sedime di intervento, compresi i parametri fisico-meccanici dei terreni necessari ai fini progettuali e per le verifiche di stabilità opere/terreno.

4.2. Pozzetti stratigrafici

Nei punti indagati è stata verificata la diffusa presenza di terre sabbiose con variabile percentuale di limo ed argilla, rimaneggiate, inglobanti clasti subarrotondati di dimensioni pluricentriche subarrotondati, blocchi, trovanti e qualche frammento antropico. In PZ3 queste terre sono risultate sormontate dalla massicciata di sottofondo stradale

Si rimanda all'**APPENDICE 1** per gli elaborati stratigrafici ed il repertorio fotografico.

4.3. Sondaggi a carotaggio continuo

I sondaggi hanno consentito di investigare direttamente il sottosuolo oltre le profondità raggiunte dai pozzetti, evidenziando la presenza, sotto uno spessore variabile 1,00÷2,00 m di terre rimaneggiate (suoli e massicciata stradale), il substrato naturale “autoctono”, nel caso costituita da una eterogenea successione di sabbie da medie a fini limo-argillose, argille ± limose ± sabbiose, limi argillosi e subordinate sabbie microghiaiose, da molto umide a sature ed in genere con ridotto grado di addensamento.

4.4. Prove geotecniche speditive

I test eseguiti con Pocket Penetrometer sugli spezzoni di carota a carattere “coesivo” hanno fornito i dati richiamati in **TABELLA 4.1**, che denotano proprietà geotecniche variabili da mediocri a scarse.

SONDAGGIO	INTERVALLO DI PROFONDITÀ (m)	LETTURE (σ_{ELL})	COESIONE (C_u) IN daN/cm ³
S2	4,40 ÷ 5,00	1 – 1,2 – 1 – 0,7	0,50
	5,00 ÷ 7,00	0,2 – 0,3 – 0,4	0,15

TABELLA 4.1 – Risultati dei test con Pocket Penetrometer.

4.5. Prove penetrometriche SPT

Le letture di campagna ed i relativi valori di N_{30} sono restituiti in **TABELLA 4.2**.

Sulla base dei dati di N_{30} , ricavati è stato possibile valutare, in prima analisi, il grado di *addensamento* dei terreni attritivi e di *consistenza* per i coesivi.

SONDAGGIO	PROFONDITÀ DA P.C. (m)	LETTURA	N_{30}
S1	1,50 ÷ 1,95	4 – 3 – 6	9
S2	1,50 ÷ 1,95	7 – 10 – 9	19
	5,00 ÷ 5,45	4 – 5 – 6	11

TABELLA 4.2 – Riepilogo delle prove S.P.T..

Definizione della consistenza	Numero dei colpi N (S.P.T.)	Indice di consistenza I_c	Coesione non drenata c_u (bar)
<i>Terreno coerente</i>			
Molto soffice	< 2	~ 0	$< 0,1$
Soffice	$2 \div 4$	$0 \div 0,25$	$0,1 \div 0,25$
Plastico	$4 \div 8$	$0,25 \div 0,5$	$0,25 \div 0,5$
Duro	$8 \div 15$	$0,5 \div 0,75$	$0,5 \div 1,0$
Molto duro	$15 \div 30$	$0,75 \div 1,0$	$1,0 \div 2,0$
Durissimo	> 30	$> 1,0$	$> 2,0$
<i>Terreno incoerente (sabbie e ghiaie)</i>			
		Densità relativa D_r	Angolo di attrito φ'
Molto sciolto	< 4	$< 0,2$	$< 30^\circ$
Sciolto	$4 \div 10$	$0,2 \div 0,4$	$30^\circ \div 35^\circ$
Medio	$10 \div 30$	$0,4 \div 0,6$	$35^\circ \div 40^\circ$
Denso	$30 \div 50$	$0,6 \div 0,8$	$40^\circ \div 45^\circ$
Molto denso	> 50	$> 0,8$	$> 45^\circ$

FIGURA 4.1

Valutazione dei parametri di resistenza dai dati dello S.P.T. (da CESTELLI GUIDI C., *Geotecnica e Tecnica delle fondazioni*, Vol. I, Ed. Hoepli, 1987)

Riferendosi alla tabella in **FIGURA 4.1**), poiché riconducibili a terre incoerenti (limi argilloso-sabbiosi), sono definibili da sciolti a poco addensati.

4.6. Prove penetrometriche dinamiche DPSH

Le letture di campagna sono state restituite sotto forma di grafici aventi in ordinata la profondità ed in ascissa il numero dei colpi N_{20} (“logs penetrometrici”) che hanno consentito di evidenziare le variazioni delle caratteristiche “meccaniche” dei terreni testati ed al contempo una prima macrodistinzione tra terreni “granulari” o “incoerenti” e terreni “coesivi” (**FIGURA 4.2**).

Per consentire l’impiego delle formule ed abachi esistenti in letteratura per la prova SPT, le letture $N_{DPSH(20)}$ sono state trasformate in $N_{SPT(30)}$ standard, attraverso l’introduzione di un coefficiente di conversione, previa correzione del relativo attrito sulle aste.

CORRELAZIONE				TIPO LITOLOGICO	
N_{SPT}	=	1	x	N_{DPSH}	Ghiaie e ghiaie sabbiose
N_{SPT}	=	1,25	x	N_{DPSH}	Sabbie e ghiaie con fine plastico
N_{SPT}	=	1,5	x	N_{DPSH}	Sabbie con molto fine
N_{SPT}	=	2	x	N_{DPSH}	Limi
N_{SPT}	=	2,5	x	N_{DPSH}	Argille limose/sabbiose
N_{SPT}	=	3	x	N_{DPSH}	Argille

TABELLA 4.3 – Correlazioni N_{SPT}/N_{DPSH} in funzione della litologia.

Le letture di campagna sono state restituite sotto forma di grafici aventi in ordinata la profondità ed in ascissa il numero dei colpi N_{20} (“logs penetrometrici”) che hanno consentito di evidenziare le variazioni delle caratteristiche “meccaniche” dei terreni testati ed al contempo, attraverso l’andamento del valore di N_{20} lungo la verticale una prima macrodistinzione tra terreni “granulari” o “incoerenti” (sabbie e ghiaie) e terreni “coesivi” (argille).

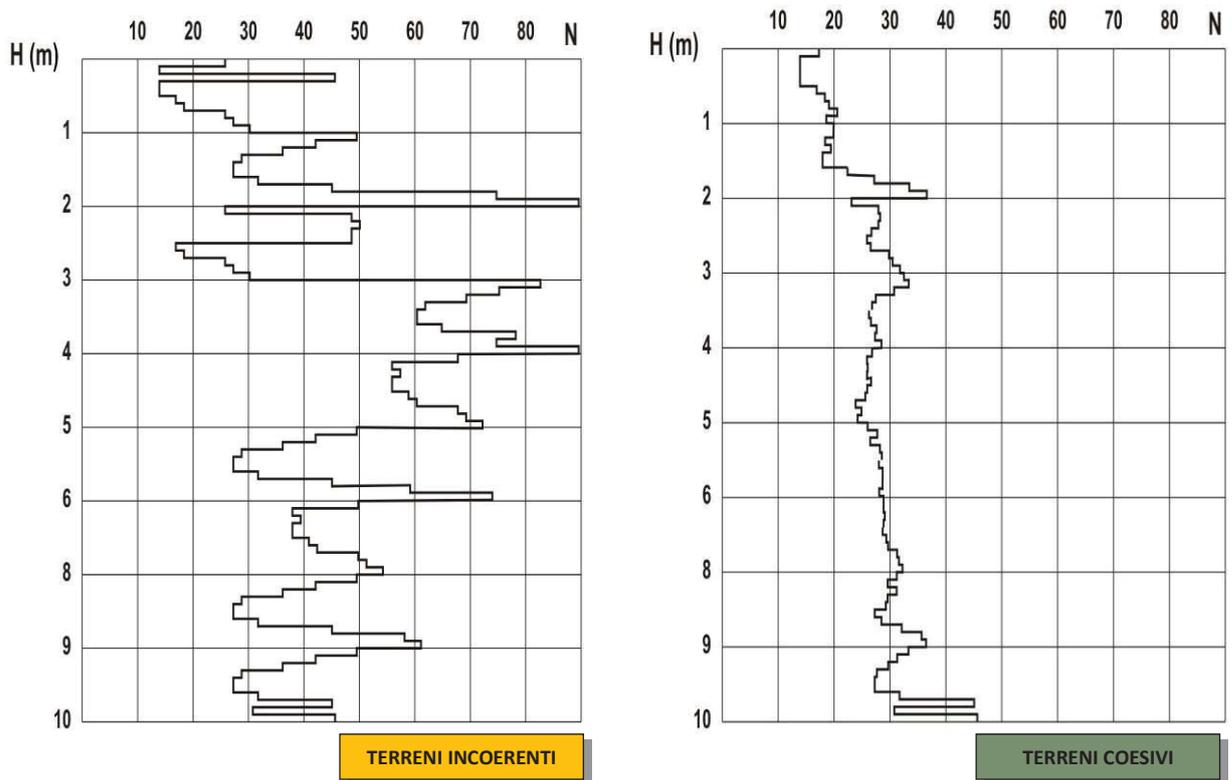


FIGURA 4.2 – Istogrammi pemetrometrici “tipo”.

Alcuni autori propongono un valore costante di **1,50** pari al rapporto tra energia specifica per colpo DPSH (**Q**) e quella riferita alla prova SPT mentre altri consigliano dei coefficienti compresi tra **1÷3** a seconda del tipo litologico (**TABELLA 4.3**).

I logs penetrometrici sono risultati avere, nel complesso, un andamento molto simile tra loro e riconducibile a terre perlopiù “attritive”. Dopo un primo strato moderatamente addensato [**Strato LT_A**], i terreni testati hanno mostrato un comportamento nei confronti della resistenza all’infissione penetrometrica associabile a limi più o meno sabbiosi, da sciolti a poco addensati [**Strato LT_B**], con intercalati livelli pressochè inconsistenti [**Strato LT_C**]

Ad esclusione di DPSH_2, tutte le verticali si sono arrestate a causa del raggiungimento delle condizioni di rifiuto strumentale (**N₂₀ > 50** colpi) .

I diagrammi penetrometrici sono rappresentati in all'**APPENDICE 2**.

4.7. Prove geotecniche di laboratorio

Nel corso dei pozzetti e dei sondaggi a carotaggio continuo sono stati prelevati n. 6 campioni rappresentativi di terreno, i quali sono stati sottoposti a specifiche prove di laboratorio geotecnico, alle seguenti analisi e prove:

- Classificazione delle Terre n. 3
- C.B.R. (California Bearing Ratio) n. 3
- Taglio diretto C.D. n. 3

I dati riportati nelle tabelle che seguono sono state estrapolate direttamente dai rapporti di prova del laboratorio geotecnico, per i quali si rimanda all'**APPENDICE 3**.

CAMPIONE	PROF. (m) DA P.C.	SETACCIO (mm)	PASSANTE (%)	LIMITI DI ATTERBERG
PZ1-C1	0,80 ÷ 1,50	40	100,00	Limite Liquido = 24
		25	100,00	Limite Plastico = N.P.
		10	100,00	Indice Plastico = 0
		2	98,16	Indice di Gruppo = 0
		0,42	86,39	UNI-CNR 10006 = A4
		0,075	41,39	USCS = SM
PZ2-C1	0,50 ÷ 0,70	63	100,00	Limite Liquido = 36
		40	89,81	Limite Plastico = 18
		10	52,72	Indice Plastico = 18
		2	36,35	Indice di Gruppo = 0
		0,42	15,81	UNI-CNR 10006 = A2-6
		0,075	8,09	USCS = GW-GC
PZ3-C1	1,00 ÷ 1,20	75	100,00	Limite Liquido = 24
		63	100,00	Limite Plastico = N.P.
		10	98,85	Indice Plastico = 0
		2	92,11	Indice di Gruppo = 0
		0,42	78,87	UNI-CNR 10006 = A2-4
		0,075	34,74	USCS = SM

TABELLA 4.4 – Risultati della Classificazione delle Terre.

	Classi	Terre ghiaio-sabbiose (passante allo staccio mm 0,075: < 35%)						Terre limo-argillose (passante allo staccio mm 0,075: > 35%)				Torbe e terre organiche palustri		
		Gruppo		A 3	A 2			A 4	A 5	A 6	A 7		A 8	
		A la	A lb		A 2-4	A 2-5	A 2-6				A 2-7			A 7-5
Caratteristiche per la identificaz. del gruppo	Granulometria % pass. al mm 2	≤ 50	≤ 50	> 50										
	pass. al mm 0,4	≤ 30	≤ 50	> 50										
	pass. al mm 0,075	≤ 15	≤ 25	≤ 10										
	Caratt. dei pass. al 0,4 mm													
Osservazioni	Limite liquido				≤ 40	> 40	≤ 40	> 40	≤ 40	> 40	≤ 40	> 40		
	Limite plastico	≤ 6	≤ 6	NP	≤ 10	> 10	≤ 10	> 10	≤ 10	> 10	≤ 10	> 10		
	Indice di gruppo	0	0	0	0	≤ 4	≤ 8	≤ 12	≤ 16	≤ 20				
	Materiali più comuni	ghiaia o breccia event. con sabbia scorie vulcaniche (pomici, pozzolane)	sabbia fine	sabbia (event. con ghiaia o breccia) limosa o argillosa	limi compressibili	argille poco compressibili	arg. fortemente compressibili	media-fortemente plastiche						
Qualità portanti (in assenza di gelo)	da eccellenti a buone						da mediocri a scadenti				da scartare			
Azione del gelo	nessuna o lieve			media			molto elevata		media elevata		media			
Ritiro o rigonfiamento	nullo			nullo o lieve			lieve o medio		elevato		molto elevato			
Permeabilità	elevata			media o scarsa			scarsa o nulla							
Caratteri più evidenti	palesi	-Aspri al tatto - Allo stato secco: incoerenti	- Aspri al tatto - La maggior parte dei granuli sono visibili a occhio nudo - Tenacità media o elevata allo stato secco è indice di presenza di argilla	* Prova di scuotimento: positiva - Allo stato secco: incoerenti o poco tenaci - Allo stato umido: non facilmente modellabili.	* Prova di scuotimento: negativa - Allo stato secco: tenaci - Allo stato umido: facilmente modellabili	- Color bruno o nero - Aspetto e spesso odore caratteristici - Talvolta fibrosi								

FIGURA 4.3 – Classificazione UNI-CNR 10006 dei materiali ai fini stradali. In evidenza i riscontri sulle terre esaminate.

tipo di terra	sigla	NOOME	Comportamento come fondazione	Comportamento come strato di base	Azione del gelo	Compressibilità ed espansione	Caratteristiche del drenaggio	Macchine per il costipamento	Peso per unite' di volume (N / m ³)	C B R	K (MPa/m)
terre a grana grossa (terre ghiaiose-sabbiose) CR	GV	Ghiaie o ghiaie sabbiose ben graduate	eccellente	buono	nessuna o lieve	pressocche' nulla	eccellente	Rullo statico Rullo gommatto trattore cingolato	20.000 - 22.500	60 - 80	≥ 80
	GP	Ghiaie o ghiaie sabbiose poco graduate	da eccellente a buono	da scadente a discreto	nessuna o lieve	pressocche' nulla	eccellente	Rullo statico Rullo gommatto trattore cingolato	19.000 - 21.000	35 - 60	≥ 60
	GU	Ghiaie o ghiaie sabbiose uniformi	buono	scadente	nessuna o lieve	pressocche' nulla	eccellente	Rullo gommatto trattore cingolato	18.500 - 20.000	25 - 60	≥ 80
	GK	Ghiaia limosa o ghiaia sabbia limosa	da eccellente a buono	da discreto a buono	da lieve a media	molto lieve	da discreto a scadente	Rullo gommatto Rullo costip. a piede di montone	21.000 - 23.000	40 - 60	≥ 80
	GC	Ghiaia argillosa o ghiaia sabbia argillosa	buono	scadente	da lieve a media	lieve	da scadente a praticamente impermeabile	Rullo gommatto Rullo costip. a piede di montone	19.000 - 22.500	20 - 40	≥ 60
	SV	Sabbia o sabbia ghiaiosa ben graduate	buono	scadente	nessuna o lieve	pressocche' nulla	eccellente	Rullo gommatto trattore cingolato	17.500 - 21.000	20 - 40	60 - 80
	SP	Sabbia o sabbia ghiaiosa poco graduate	da discreto a buono	scadente o inadatto	nessuna o lieve	pressocche' nulla	eccellente	Rullo gommatto trattore cingolato	17.000 - 19.000	15 - 25	60 - 80
	SV	Sabbia o sabbia ghiaiosa uniforme	da discreto a buono	non adatto	nessuna o lieve	pressocche' nulla	eccellente	Rullo gommatto trattore cingolato	16.000 - 18.500	10 - 20	60 - 80
	SH	Sabbia limosa o sabbia limo-ghiaiosa	buono	scadente	da lieve a bassa	molto lieve	da discreta a scadente	Rullo gommatto Rullo costip. a piede di montone	19.000 - 21.500	20 - 40	60 - 80
	SC	Sabbia argillosa o sabbia argillosa-ghiaiosa	da discreto a buono	non adatto	da lieve a bassa	da lieve a media	da scadente a praticamente impermeabile	Rullo gommatto Rullo costip. a piede di montone	17.000 - 21.000	10 - 20	60 - 80
terre a grana fine (terre limo-argillose) CR	HL	Limo, sabbia limosa, limo ghiaioso	da discreto a scadente	non adatto	da media a molto bassa	da lieve a media	da discreta a scadente	Rullo gommatto Rullo costip. a piede di montone	16.000 - 20.000	5 - 15	30 - 60
	CL	Argille magre argille sabbiose o ghiaiose	da discreto a scadente	non adatto	da media a bassa	media	praticamente impermeabile	Rullo gommatto Rullo costip. a piede di montone	16.000 - 20.000	5 - 15	30 - 60
	OL	Limi organici o argille organiche magre	scadente	non adatto	da media a bassa	da media a bassa	scadente	Rullo gommatto Rullo costip. a piede di montone	14.500 - 17.500	4 - 8	30 - 60
	HL	Argille micacee	scadente	non adatto	da media a molto bassa	bassa	da discreta a scadente	Rullo gommatto Rullo costip. a piede di montone	13.000 - 16.000	4 - 8	30 - 60
	CH	Argille grasse	scadente o molto scadente	non adatto	media	bassa	praticamente impermeabile	Rullo gommatto Rullo costip. a piede di montone	14.500 - 17.500	3 - 5	15 - 30
	OH	Argille organiche grasse	scadente o molto scadente	non adatto	media	bassa	praticamente impermeabile	Rullo gommatto Rullo costip. a piede di montone	13.000 - 17.000	3 - 5	15 - 30
Turbe o altre terre organ. di sibr	PT	Turbe, humus ed altro	non adatto	non adatto	lieve	molto bassa	da discreta a scadente	non eseguibile il costipamento	—	—	—

FIGURA 4.4 – Classificazione di CASAGRANDE delle terre a fini stradali. In evidenza i riscontri sulle terre esaminate.

CAMPIONE	PROF. (m) DA P.C.	INDICE DI PORTANZA C.B.R. (%)	
		a 2,5 mm	a 5,0 mm
PZ1-C1	0,80 ÷ 1,50	1	0
PZ2-C1	0,50 ÷ 0,70	14	0
PZ3-C1	1,00 ÷ 1,20	18	0

TABELLA 4.5 – Risultati delle prove C.B.R..

CAMPIONE	PROF. (m) DA P.C.	ANGOLO D'ATTRITO (°)	COESIONE (KPA)	PESO DI VOLUME (g/cm ³)
S2-C1	1,20 ÷ 1,40	32	33,5	2,13
S2-C2	2,60 ÷ 2,80	23	36,1	2,01
S2-C3	4,60 ÷ 4,80	15	28,4	2,05

TABELLA 4.6 – Risultati delle prove di taglio diretto.

In estrema sintesi quindi le terre testate in laboratorio, riconducibili alla tipologia delle “terre sabbioso-ghiaiose”, hanno fornito i seguenti valori fisico-meccanici:

- Peso di volume naturale $\gamma = 20,00 \div 21,30 \text{ kN/m}^3$
- Angolo di resistenza al taglio $\varphi' = 15 \div 32^\circ$
- Coesione $c' = 0,28 \div 0,36 \text{ daN/cm}^2$
- Classificazione CNR-UNI 10006 = A2-4, A2-6, A6
- Classificazione di Casagrande = GC, GW, SM
- C.B.R. (a 2,5 mm) = 1 ÷ 14%

Una modestissima plasticità è stata riscontrata nei campioni PZ2-C1 ricadenti nel sottogruppo A2-6 della Classificazione CNR-UNI 10006. MP

DATA: giugno 2022

IL GEOLOGO:

Dott. Mauro Pompei



 ORISTANO	 R.A.S		AFFIDAMENTO SERVIZI DI PROGETTAZIONE DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA, DEFINITIVA, ESECUTIVA, DIREZIONE DEI LAVORI, COORDINAMENTO DELLA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE ED ESECUZIONE, RELAZIONE GEOLOGICA, GEOTECNICA, STUDIO DI COMPATIBILITÀ IDRAULICA INERENTI ALLA REALIZZAZIONE DEI LAVORI DI COMPLETAMENTO CIRCONVALLAZIONE OVEST- LOTTO2 – COLLEGAMENTO NORD” CUP H17H19000210002 CIG 82599137D51
---	--	---	---

APPENDICE 1

ELABORATI STRATIGRAFICI

 ORISTANO	 R.A.S	 FSC Fondo per lo Sviluppo e la Coesione	AFFIDAMENTO SERVIZI DI PROGETTAZIONE DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA, DEFINITIVA, ESECUTIVA, DIREZIONE DEI LAVORI, COORDINAMENTO DELLA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE ED ESECUZIONE, RELAZIONE GEOLOGICA, GEOTECNICA, STUDIO DI COMPATIBILITÀ IDRAULICA INERENTI ALLA REALIZZAZIONE DEI LAVORI DI COMPLETAMENTO CIRCONVALLAZIONE OVEST- LOTTO2 – COLLEGAMENTO NORD” CUP H17H19000210002 CIG 82599137D51
---	--	--	---

APPENDICE 2

RAPPORTI DI PROVA PENETROMETRICHE

 ORISTANO	 R.A.S	 FSC Fondo per lo Sviluppo e la Coesione	AFFIDAMENTO SERVIZI DI PROGETTAZIONE DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA, DEFINITIVA, ESECUTIVA, DIREZIONE DEI LAVORI, COORDINAMENTO DELLA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE ED ESECUZIONE, RELAZIONE GEOLOGICA, GEOTECNICA, STUDIO DI COMPATIBILITÀ IDRAULICA INERENTI ALLA REALIZZAZIONE DEI LAVORI DI COMPLETAMENTO CIRCONVALLAZIONE OVEST- LOTTO2 – COLLEGAMENTO NORD” CUP H17H19000210002 CIG 82599137D51
---	--	--	---

APPENDICE 3

RAPPORTI DI LABORATORIO GEOTECNICO