

FACOLTÀ DI INGEGNERIA
CIVILE E INDUSTRIALE



SAPIENZA
UNIVERSITÀ DI ROMA



Ordine degli Ingegneri
della Provincia
di Roma



Convegno:

Ricerca e Innovazione per lo sviluppo di opere di ingegneria in sotterraneo

Roma, 29 febbraio 2024 - Aula del Chiostro - San Pietro in Vincoli - Via Eudossiana 18, Roma



Dott.ssa G. Ippoliti

Laureata DISG A.A 2022-2023

*Caratteristiche geotecniche delle terre e rocce da scavo provenienti
dalla realizzazione di pali di fondazione per una loro gestione
sostenibile*

www.ing.uniroma1.it - www.geeg.it

DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA
STRUTTURALE E GEOTECNICA



SAPIENZA
UNIVERSITÀ DI ROMA

Introduzione

FONDAZIONI: «*elementi strutturali che trasmettono carichi da una struttura in elevazione al terreno*»

- Fondazioni superficiali
- Fondazioni profonde

La fondazione profonda più utilizzata è...

PALO DI FONDAZIONE: «*elemento strutturale che permette di trasferire il carico al terreno mediante delle tensioni normali alla punta e delle tensioni tangenziali parallele al fusto*»

Modalità esecutiva

- Infissi
- Trivellati
- Ad elica

Dimensioni

- Grande diametro, D: 700÷2000 mm, L: 20÷40 m
- Medio diametro, D: 300÷700 mm, L: 5÷25 m
- Piccolo diametro, D: 80÷300 mm, L: 5÷20 m

Materiale

- Legno
- Metallo
- Calcestruzzo



Introduzione

PALI IN CALCESTRUZZO

- Pali costruiti fuori opera (prefabbricati)
- Pali gettati in opera: Infissi per battitura e TRIVELLATI

Pali trivellati

Previa asportazione del terreno

→ decompressione del terreno

→ fanghi bentonitici (miscela di acqua e BENTONITE)

BENTONITE: «*prodotto a base di fillosilicati, ossia dei minerali argillosi della famiglia delle smectiti, prevalentemente costituito da montmorilloniti*»

Principale caratteristica (tixotropia)

Capacità dei fluidi di diminuire di viscosità al diminuire della velocità di agitazione e di aumentare di viscosità quando si trovano in uno stato di riposo

→ proprietà cruciale nella formazione del **cake**

→ stabilità delle pareti dello scavo

Processo ciclico del fluido bentonitico

- Impianti specifici per la miscelazione acqua-bentonite
- Vasche metalliche per la maturazione
- Pompe per la mandata del fango dalle vasche al palo
- Pompe per il recupero dei fanghi
- Desander
- Pompe per il rinvio del fango al foro



Introduzione

Sequenza operativa

- Perforazione del terreno con riempimento di fango bentonitico
- Inserimento, per mezzo di una gru di servizio, dell'armatura
- Getto di calcestruzzo mediante una colonna di tubi getto
- Estrazione graduale dei tubi di getto
- Esecuzione di prove di carico e di integrità del palo

La realizzazione di pali di fondazione comporta la generazione di...

TERRE E ROCCE DA SCAVO: «terreno e rocce che vengono estratti durante lavori di scavo»



Gestione delle TRS

- Riutilizzo sullo stesso cantiere
- Riutilizzo su un cantiere vicino
- Uso in opere pubbliche, progetti di riqualificazione ambientale o di costruzione
- Smaltimento controllato
- Recupero e riciclo



Dott.ssa G. Ippoliti- *Caratteristiche geotecniche delle terre e rocce da scavo provenienti dalla realizzazione di pali di fondazione per una loro gestione sostenibile*



Obiettivo

Quale è l'approccio che si dovrebbe adottare?

Necessità di adottare il più possibile un approccio al riutilizzo → favorire una gestione più responsabile e sostenibile delle TRS

I vantaggi

- Riduzione del rifiuto in discarica
- Risparmi nelle risorse naturali
- Riduzione dei costi di smaltimento e dell'acquisto di nuovi materiali
- Promozione dell'idea di un'economia circolare



Perché è importante valutare la presenza di bentonite?



Le TRS sono delle risorse naturali non rinnovabili
→ necessaria valutazione accurata della presenza di bentonite per il loro riutilizzo

OBIETTIVO

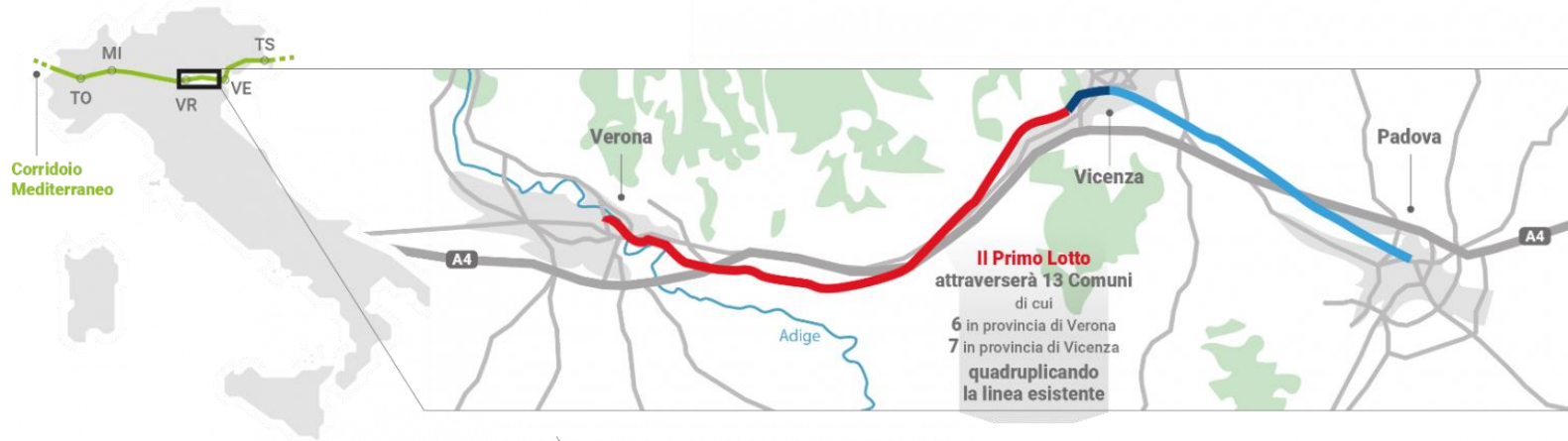
Determinare, attraverso delle prove di laboratorio geotecniche, la **quantità di bentonite** presente nelle TRS provenienti dalla costruzione di pali trivellati per la linea ferroviaria AV/AC Verona-Padova



Obiettivo

Progetto AV/AC Verona-Padova

- Fa parte della linea ferroviaria che collega Torino, Milano e Venezia
- Attraverserà 22 comuni ed ha un tracciato di 76,5 Km
- Ha origine dalla stazione di Verona Porta Vescovo e termina nella stazione di Padova
- Tre Lotti Funzionali



Il primo si estende Verona a Vicenza,
il secondo riguarda l'attraversamento di Vicenza,
il terzo si estende da Vicenza a Padova.



Attività sperimentale

Operazioni condotte

- Pesatura ed etichettatura dei campioni
- Test sul fluido bentonitico per determinarne la viscosità e la densità
- Determinazione dei limiti di liquidità e di plasticità per i campioni di bentonite in polvere
- Caratterizzazione granulometrica e creazione delle varie curve granulometriche

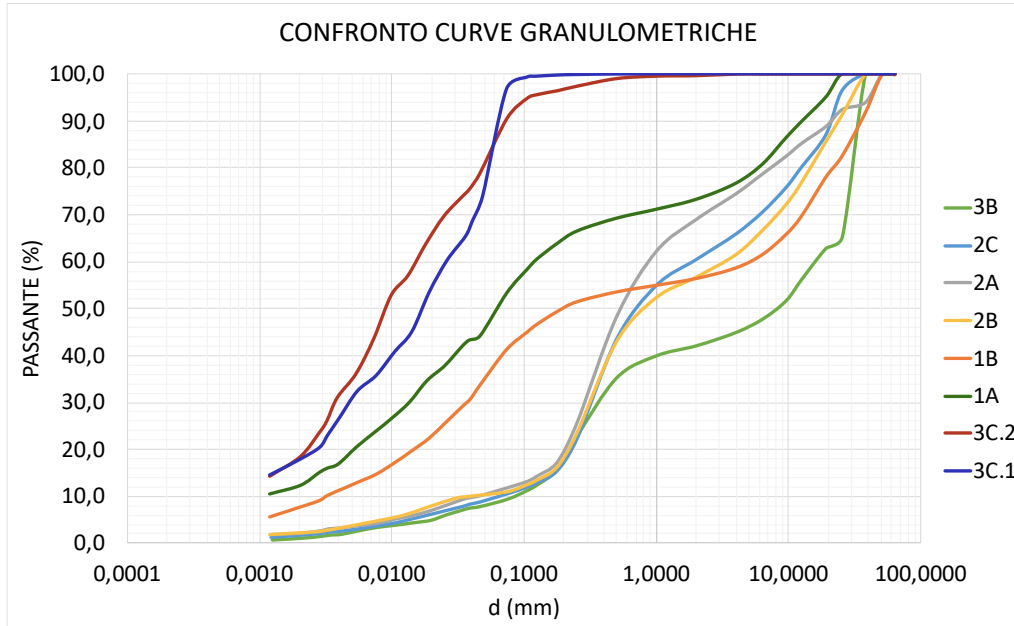
Analisi granulometrica

- Ha come scopo quello di identificare le diverse componenti del terreno, ovvero le percentuali di argilla, limo, sabbia e materiali granulari di dimensioni maggiori
- È stata effettuata per tutti i campioni tramite i metodi di:
 - vagliatura e setacciatura, $D > 0,074$ mm
 - sedimentazione, $D < 0,074$ mm
- Per esaminare la granulometria, si è optato per l'utilizzo del D50 e del D20
- Tale procedura, ha consentito l'elaborazione di due grafici dai quali è emersa una forte correlazione tra la granulometria dei campioni, espressa attraverso il **D50** e il **D20**, e il **P_0,012**, ossia la percentuale di materiale avente dimensioni inferiori a 0,012 mm



Risultati

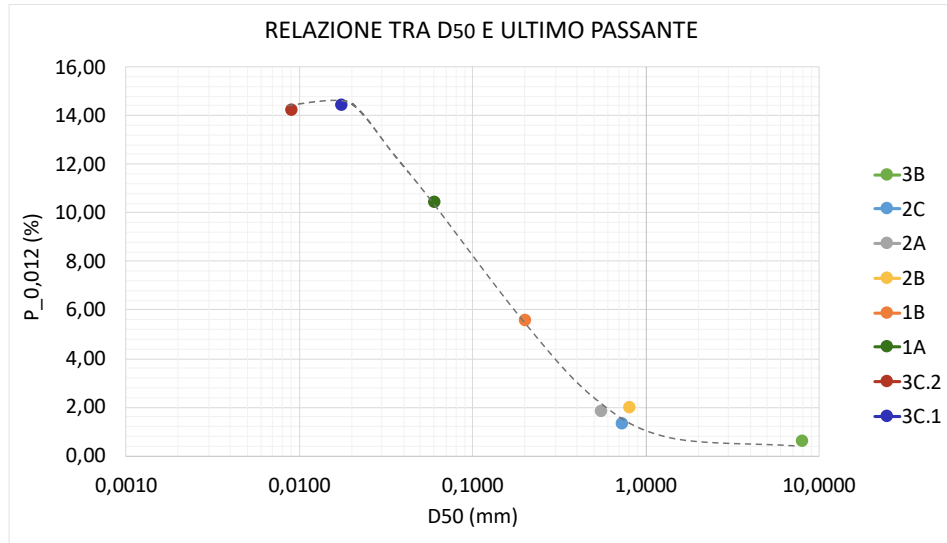
CURVE GRANULOMETRICHE



	GHIAIA (%)	SABBIA (%)	LIMO (%)	ARGILLA (%)
3B	57,976	32,733	3,294	5,997
	GHIAIA CON SABBIA DEBOLMENTE ARGILLOSA			
2C	39,512	49,911	3,538	7,039
	SABBIA CON GHIAIA DEBOLMENTE ARGILLOSA			
2A	30,958	57,278	3,719	8,044
	SABBIA CON GHIAIA DEBOLMENTE ARGILLOSA			
2B	43,201	45,746	2,273	8,781
	SABBIA CON GHIAIA DEBOLMENTE ARGILLOSA			
1B	43,500	15,172	15,453	25,874
	GHIAIA CON ARGILLA LIMOSA SABBIOSA			
1A	26,765	19,885	15,580	37,771
	ARGILLA CON GHIAIA SABBIOSA LIMOSA			
3C.2	0,336	9,071	20,949	69,644
	ARGILLA CON LIMO DEBOLMENTE SABBIOSA			
3C.1	0,000	3,228	36,479	60,294
	ARGILLA CON LIMO			



Interpretazione dei risultati



	3B	2C	2A	2B	1B	1A	3C.2	3C.1
D20 (mm)	0,2250	0,2330	0,2000	0,2200	0,0150	0,0050	0,0023	0,0028
D50 (mm)	8,0000	0,7330	0,5500	0,8000	0,2000	0,0600	0,0090	0,0175
P _{0,012} (%)	0,6312	1,3536	1,8099	1,9827	5,5945	10,4666	14,2645	14,4365

- Tendenza decrescente nei valori di P_{0,012} dal campione 3C.1 al 3B (da un'argilla ad una ghiaia)
- Tendenza crescente nei valori di D50 e D20 dal campione 3C.2 al 3B
- Il grafico mostra una correlazione tra granulometria e P_{0,012}
- Al diminuire delle dimensioni delle particelle la percentuale di materiale avente dimensioni inferiori a 0,012 mm aumenta
- Aumenta la quantità di **bentonite**

Aumento spiegato inoltre dal fatto che:

< D20 e D50 → > superficie specifica
 > Superficie specifica → > quantità di bentonite



Conclusioni

UTILIZZO PRATICO DEI GRAFICI

Grafici come risorsa

I grafici forniscono una correlazione utile per predire la percentuale di bentonite in campioni provenienti da siti simili a quello oggetto di tale studio

Potenziale vantaggioso

- Estensione a cantieri simili dove vengono utilizzati tipi o dosaggi diversi di bentonite
- Si possono evitare le analisi sui campioni contenenti tracce di bentonite
- Analisi granulometrica classica su campioni prelevati prima della perforazione
- Utilizzo dei dati D50 e D20
- Consultazione del grafico
- Stima diretta del quantitativo di bentonite rimanente nelle TRS

Predizione quantità bentonite + Caratterizzazione della bentonite = Valutazione del profilo ambientale delle TRS

→ **Massimizzazione del riutilizzo di una risorsa naturale non rinnovabile**



Roma, 29 febbraio 2024 – Facoltà di Ingegneria S. Pietro in Vincoli

Grazie per l'attenzione!

Relatore: Prof. Ing. Salvatore Miliziano
Correlatore: Dott. Ing. Diego Sebastiani

Dott.ssa G. Ippoliti - *Caratteristiche geotecniche delle terre e rocce da scavo provenienti dalla realizzazione di pali di fondazione per una loro gestione sostenibile*

