

*Geol. Damiano Betti
Via Sabbioni 11 - 38123 Povo
Tel: +39 333-3377707
E-mail: damiano_betti@hotmail.it*

COMMITTENTE: Mak Enterprise Srl

TITOLO DEL PROGETTO:

**PIANO ATTUATIVO VIA PASSIRONE, LOCALITA' S. GIORGIO C.C. DI ARCO
pp.ff. 4681, 4682/1, 4682, 4684, 4685, 4686, 1536/1, 1538/1 - pp.edd. 862, 1427,
2271, 2351, 2352.**

**RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA
PROGETTO DEFINITIVO**



GEOLOGO:

Dott. Geol. Damiano Betti



Trento, marzo 2024

SOMMARIO

RELAZIONE GEOLOGICA.....	2
1 PREMESSA E DESCRIZIONE DEL PROGETTO.....	3
2 INDAGINI GEOGNOSTICHE.....	5
3 UBICAZIONE E INQUADRAMENTO RISPETTO AGLI STRUMENTI URBANISTICI DI CARATTERE GEOLOGICO.....	6
3.1 Carta della Pericolosità e Carta di Sintesi della Pericolosità (P.U.P.)	7
3.2 Carta delle Risorse idriche (P.U.P.).....	9
4 MODELLAZIONE GEOLOGICA E RISULTATI DELLE INDAGINI.....	10
4.1 Geologia generale e geomorfologia	10
4.2 Risultati sondaggi S1 e S2	11
4.3 Risultati trincee esplorative.....	16
4.4 Modello geologico	17
4.5 Idrogeologia e Idrografia	18
5 INCERTEZZE SUL MODELLO GEOLOGICO.....	20
6 MODELLO SISMICO	20
6.1 Azione sismica	20
6.2 Determinazione dei parametri sismici.	21
6.3 Determinazione della categoria di suolo di fondazione e dei coefficienti di amplificazione stratigrafica e topografica.....	21
7 SMALTIMENTO ACQUE METEORICHE.....	22
8 TERRE E ROCCE DA SCAVO.....	22
9 CONCLUSIONI	25
RELAZIONE GEOTECNICA.....	26
10 PREMESSA.....	27
11 INDAGINI GEOGNOSTICHE E MODELLO GEOTECNICO DEI TERRENI	28
11.1 Prove DPSH e Prove SPT.....	28
11.2 Prove di laboratorio	31
11.3 Modello geotecnico	32
12 STABILITA' DEI FRONTI SCAVO PROVVISORI.....	32
12.1 Spinta idrostatica e impermeabilizzazione.....	33
13 RACCOMANDAZIONI GEO-ESECUTIVE	34
14 CONCLUSIONI	35

ALLEGATI:

- Relazione sulle indagini
- Certificato prove di laboratorio

RELAZIONE GEOLOGICA

PROGETTO DEFINITIVO

Sulle indagini, caratterizzazione e modellazione geologica del sito (§ 6.2.1 delle NTC2018) e sulla pericolosità sismica di base del sito di costruzione (§ 3.2 delle NTC2018).

Contiene la relazione sulla modellazione sismica.

1 PREMESSA E DESCRIZIONE DEL PROGETTO

Su incarico e per conto di *MAK Enterprise S.r.l.* è stato effettuato uno studio geologico a supporto del *Piano Attuativo Via Passirone, Località San Giorgio C.C. Arco pp.ff. 4681, 4682/1, 4682, 4684, 4685, 4686, 1536/1, 1538/1- pp.edd, 862, 1427, 2271, 2351, 2352*, allo scopo di verificare le caratteristiche geologiche e stratigrafiche dell'area.

Il progetto, redatto dallo studio di progettazione KREJ, prevede la demolizione dei manufatti attualmente presenti e la realizzazione di un nuovo complesso residenziale costituito da 4 edifici composti da 4 piani fuori terra e ampio piano interrato.

L'intervento comporta la realizzazione di circa 2500m² di nuove superfici impermeabili e l'apertura di fronti scavo di altezza variabile da 4,0m a 5,0m.



Fig. 1: area di intervento



Fig. 2a: planimetria di progetto.

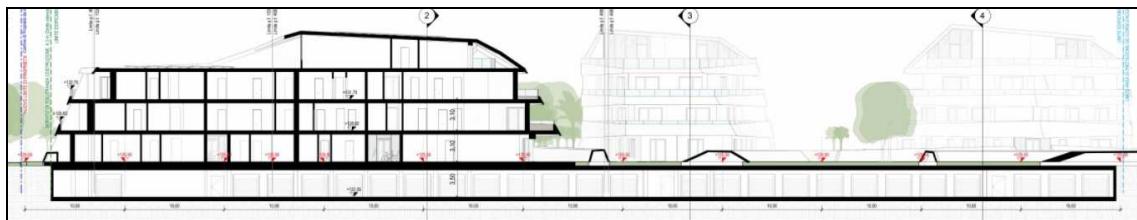


Fig. 2b: sezione di progetto

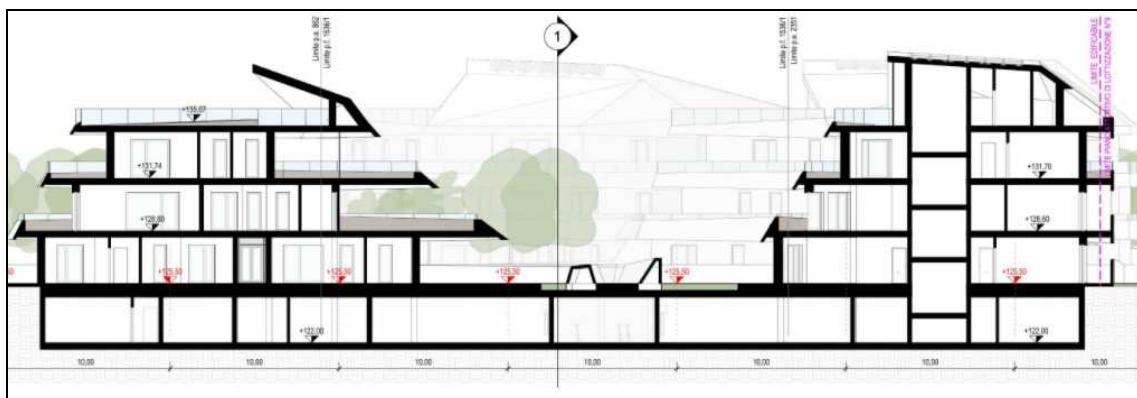


Fig. 2c: sezione di progetto

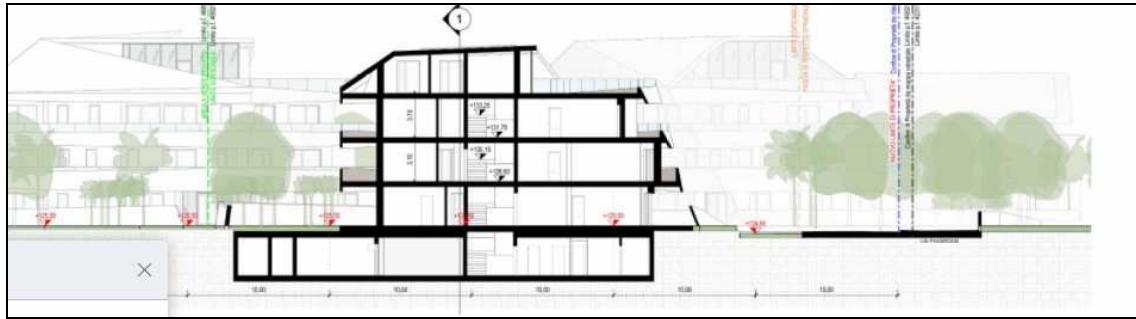


Fig. 2d: sezione di progetto.

2 INDAGINI GEOGNOSTICHE

Al fine di ricostruire il modello geologico-stratigrafico e idrogeologico del sito è stata eseguita una campagna di indagini geognostiche.

Queste in sintesi le attività di indagine condotte nell'area:

- n° 2 sondaggi a carotaggio continuo spinti fino alla profondità di 15,0m dal p.c.;
- n° 3 prove penetrometriche DPSH spinte fino a rifiuto strumentale;
- installazione di n° 1 piezometro semplice;
- Realizzazione di n° 3 scavi esplorativi;
- N° 2 prove di taglio diretto su campioni rimaneggiati;
- Analisi chimiche delle matrici ambientali.

L'ubicazione delle prove, riportata in fig. 3, è stata condizionata dall'urbanizzazione dell'area.

Le indagini, oltre ad aver fornito indicazioni di tipo stratigrafico e idrogeologico, hanno permesso di determinare i parametri geotecnici necessari a definire il modello geotecnico del sottosuolo descritto al cap.11.

La seguente figura mostra l'ubicazione delle indagini svolte:

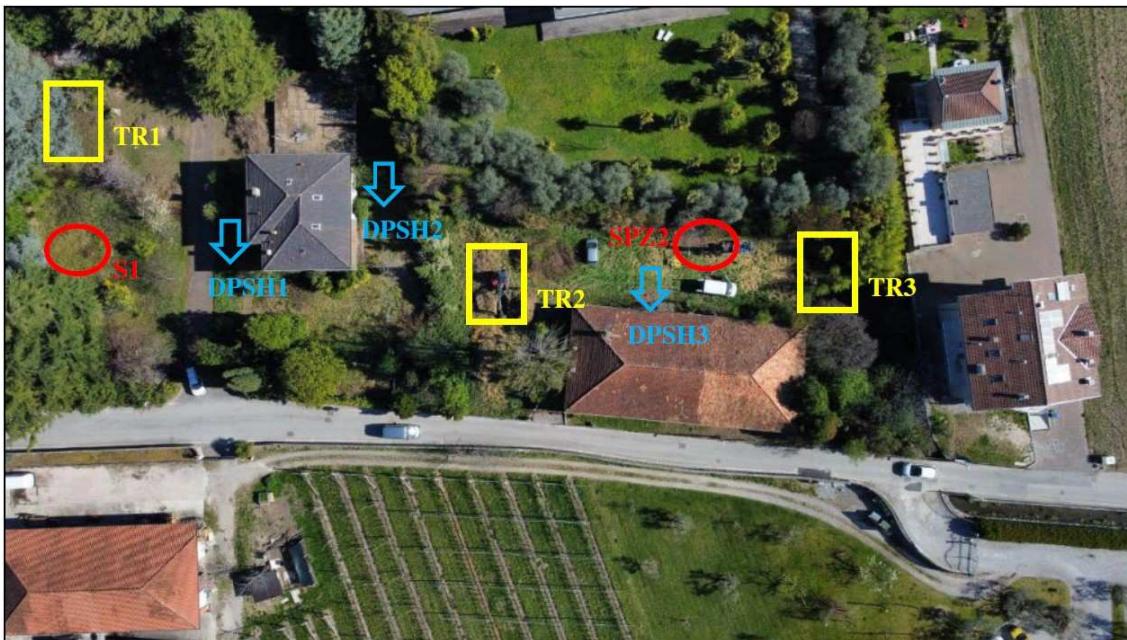


Fig. 3: ubicazioni indagini (S=sondaggio, SPZ=sondaggio attrezzato con piezometro, TR= trincea, DPSH= prova penetrometrica dinamica.)

3 UBICAZIONE E INQUADRAMENTO RISPETTO AGLI STRUMENTI URBANISTICI DI CARATTERE GEOLOGICO

La particella oggetto di intervento si colloca ad una quota di circa 75m s.l.m. in località San Giorgio, a sud dell'abitato di Arco.

L'area non è inclusa nell'anagrafe dei siti da bonificare della PAT; storicamente una porzione del sito ha ospitato i capannoni industriali della società Azzolini Costruzioni mentre la rimanente parte del lotto è stata destinata ad uso residenziale.



Fig. 4: ubicazione dell'area di indagine su ortofoto satellitare.

3.1 Carta della Pericolosità e Carta di Sintesi della Pericolosità (P.U.P.)

La Giunta Provinciale di Trento con delibera 1629/2018 e successive modifiche ha approvato lo stralcio della Carta della Pericolosità utilizzata per la redazione dello stralcio della Carta di Sintesi della Pericolosità quali strumenti che, dal 21/09/2018, sostituiscono la carta di Sintesi Geologica del P.U.P. e la carta del Rischio del P.G.U.A.P.

La Carta della Pericolosità (CaP) prende in considerazione i pericoli connessi a fenomeni idrogeologici, valanghivi, alluvionali, sismici, a incendi boschivi, a determinate sostanze pericolose, a cavi sospesi o ad altri ostacoli alla navigazione aerea e ad ordigni bellici inesplosi, dividendo il territorio in 4 classi di pericolosità ordinaria e 4 classi di pericolosità straordinaria:

Classi di pericolosità ordinaria:

- *H4 elevata*
- *H3 media*
- *H2 bassa*
- *H1 trascurabile o assente*

Classi di pericolosità straordinaria:

- *HP potenziale*
- *HR4 residua elevata*
- *HR3 residua media*
- *HR2 residua bassa*

Secondo la Carta della Pericolosità (fig. 5) il sito in esame ricade prevalentemente in **area H1** per caratteristiche lito-morfologiche; solamente il margine orientale della particella rientra per un breve tratto in area a penalità APP da approfondire per fenomeni torrentizi.

La penalità APP è ascrivibile alla presenza del Rio Galanzana il cui alveo scorre lungo il confine est della particella di intervento.

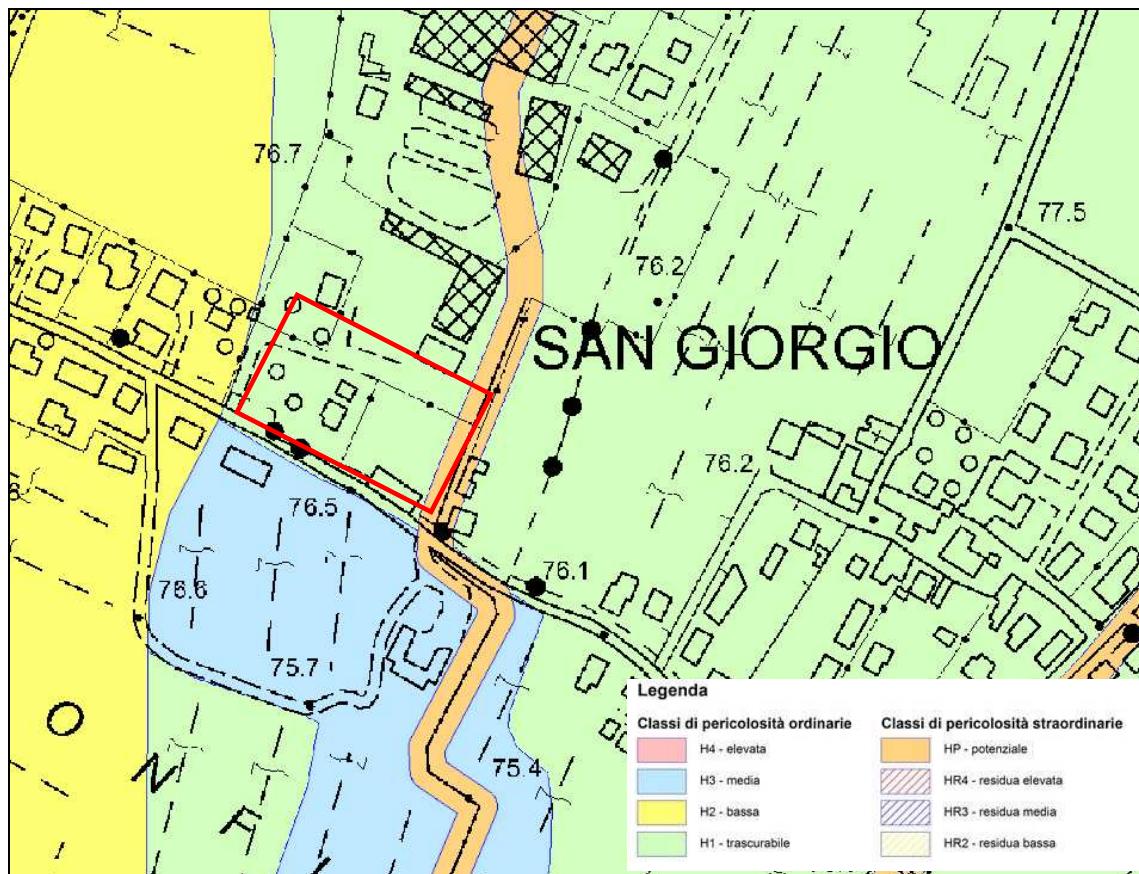


Fig. 5: Carta della Pericolosità.

La nuova Carta di Sintesi della Pericolosità individua le zone da sottoporre a vincoli particolari per la difesa del territorio secondo la seguente classificazione:

- *P4 elevata;*
- *P3 media;*
- *P2 bassa;*
- *P1 trascurabile o assente;*
- *APP Aree da approfondire*
- *PRV Residua da Valanga*

Secondo la Carta di Sintesi della Pericolosità (fig. 6) il sito in esame ricade prevalentemente in **area a penalità trascurabile o assente P1**; solamente il margine orientale della particella rientra per un breve tratto in area a penalità APP da approfondire per fenomeni torrentizi.

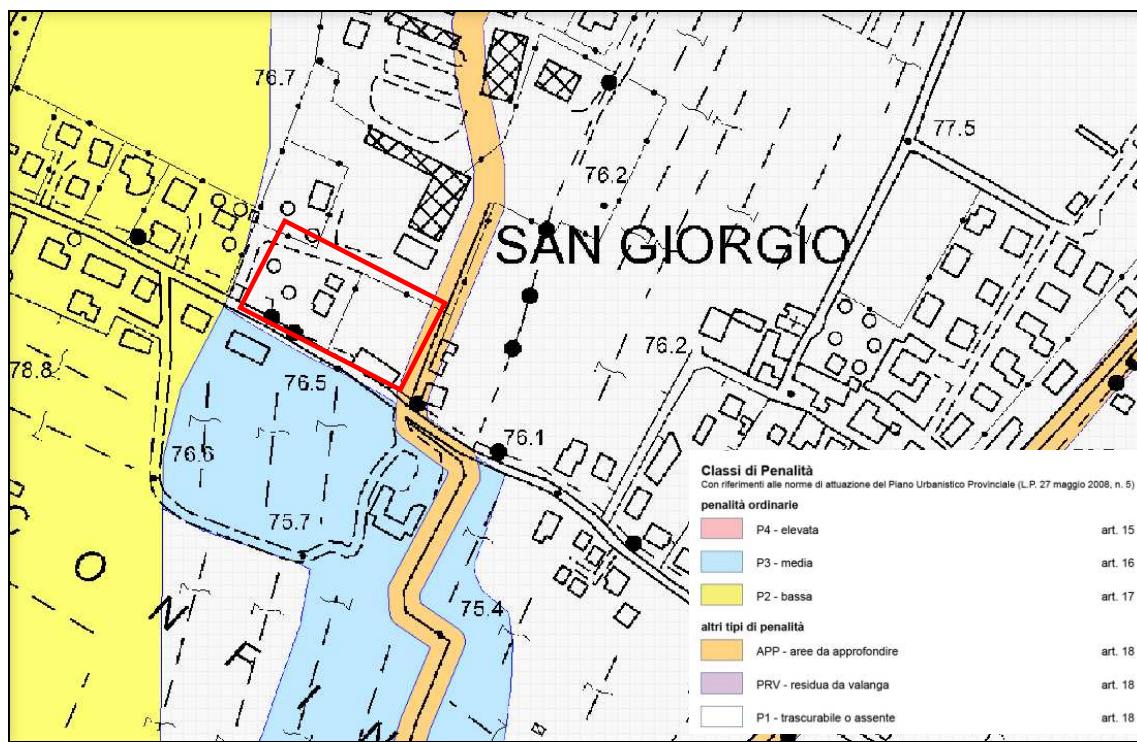


Fig. 6: Carta di Sintesi della Pericolosità.

3.2 Carta delle Risorse idriche (P.U.P.)

La *Carta delle Risorse idriche* del P.U.P. (di seguito C.R.I.) individua le sorgenti, i pozzi e le acque superficiali utilizzate per gli acquedotti pubblici e per l'imbottigliamento (acque minerali), definendone le rispettive “aree di tutela” e le relative disposizioni normative.

Come riportato nel seguente estratto della C.R.I., la zona in esame non rientra in nessuna “area di salvaguardia di sorgenti idropotabili”.

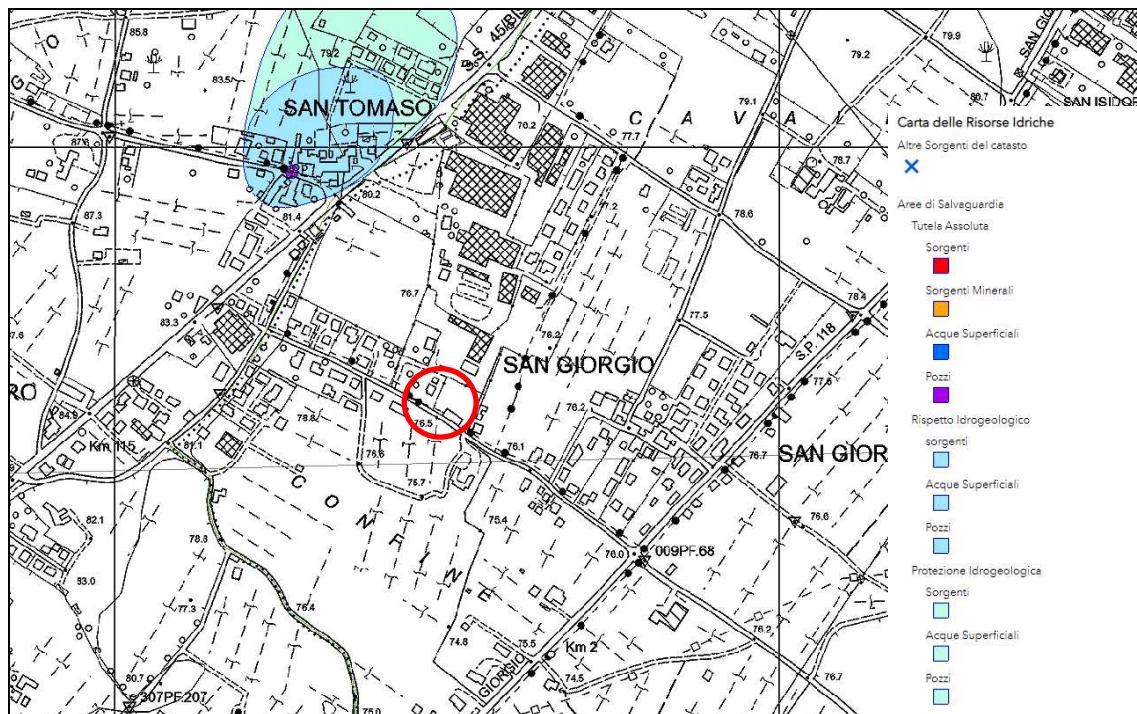


Fig. 7: ubicazione dell'area di indagine sulla Carta delle Risorse Idriche.

4 MODELLAZIONE GEOLOGICA E RISULTATI DELLE INDAGINI

4.1 Geologia generale e geomorfologia

Come evidenziato dalla Carta Geologica elaborata dalla P.A.T. e riportata in fig.8, il sito si colloca sul fondovalle arcense ed occupa la porzione centrale della piana alluvionale del Fiume Sarca.

Questo tratto di fondovalle si presenta come un solco vallivo sovralluvionato a sezione concava riempito dai depositi alluvionali del Fiume Sarca: si tratta di alluvionali recenti deposte secondo una sequenza *“braided”*, in cui si alternano orizzonti limoso sabbiosi e sabbioso limosi caratteristici di ambienti a bassa energia deposizionale passanti verso il basso a sabbie ghiaiose e ghiaie sabbiose deposte in ambiente a maggiore energia deposizionale.

Dal punto di vista geomorfologico l’elemento di maggior rilevo è rappresentato dal conoide alluvionale del Torrente Varone: si tratta di un conoide alluvionale di medie dimensioni formatosi in seguito ai fenomeni di trasporto solido associati all’attività torrentizia del Torrente Varone

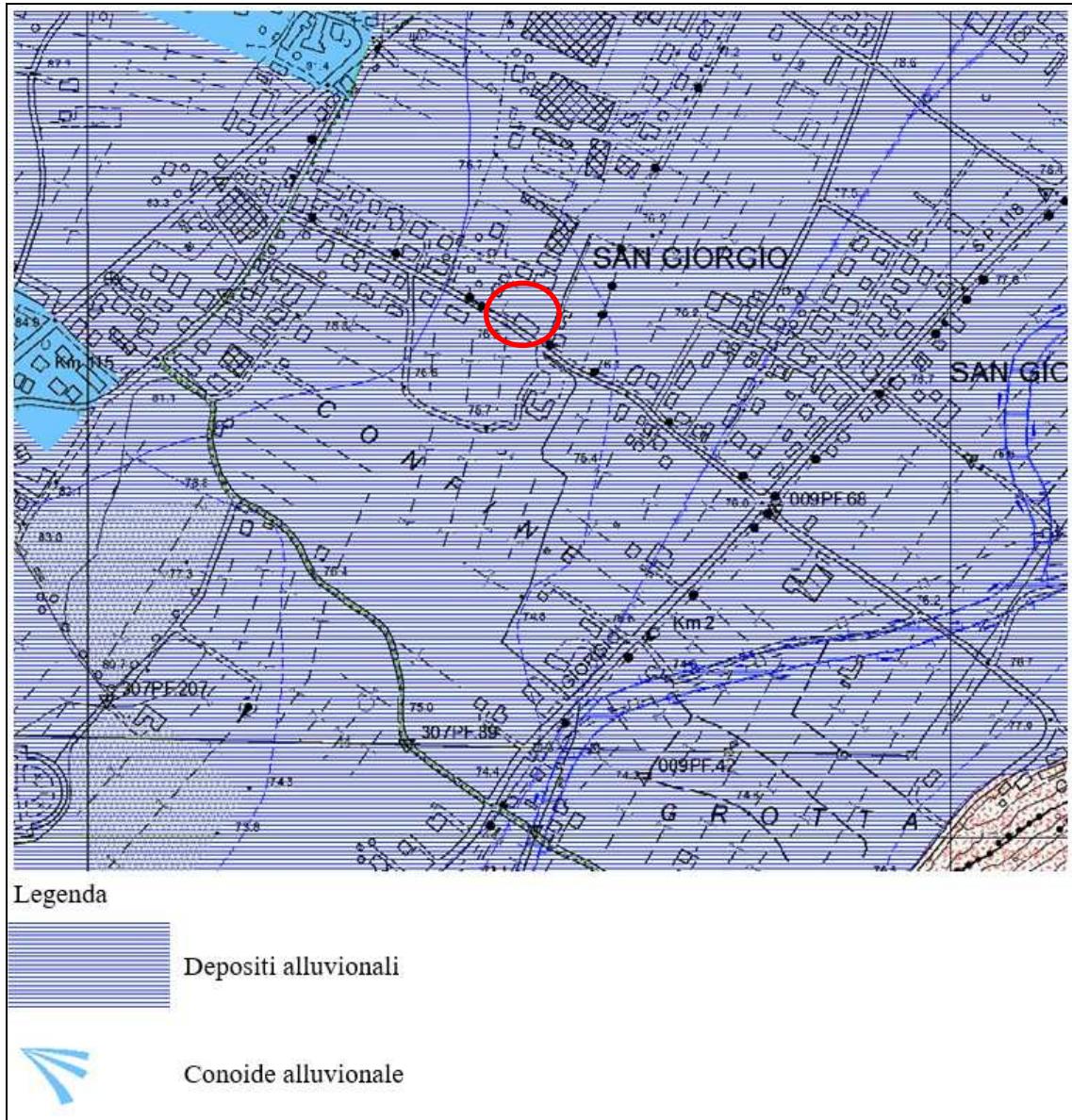


Fig. 8: Ubicazione dell'area sulla Carta Geologica redatta da P.A.T.

4.2 Risultati sondaggi S1 e S2

Al fine di ricostruire la stratigrafia del sito di intervento la ditta *Tecnoverifiche S.r.l.* ha eseguito 2 sondaggi geognostici a carotaggio continuo spinti fino alla profondità di 15,0m dal p.c. ed ubicati come riportato in figura 3.

Nei fori di sondaggio sono state eseguite un totale di 20 prove SPT (Standard Penetration Test); inoltre sono stati prelevati n°2 campioni rimaneggiati per analisi geotecniche di laboratorio.

Il sondaggio S1, ha individuato la presenza di alternanze costituite da limi sabbiosi e sabbie limose debolmente ghiaiose da p.c. fino a -5,0m da p.c. seguite da una successione di ghiaie in matrice sabbioso limosa:

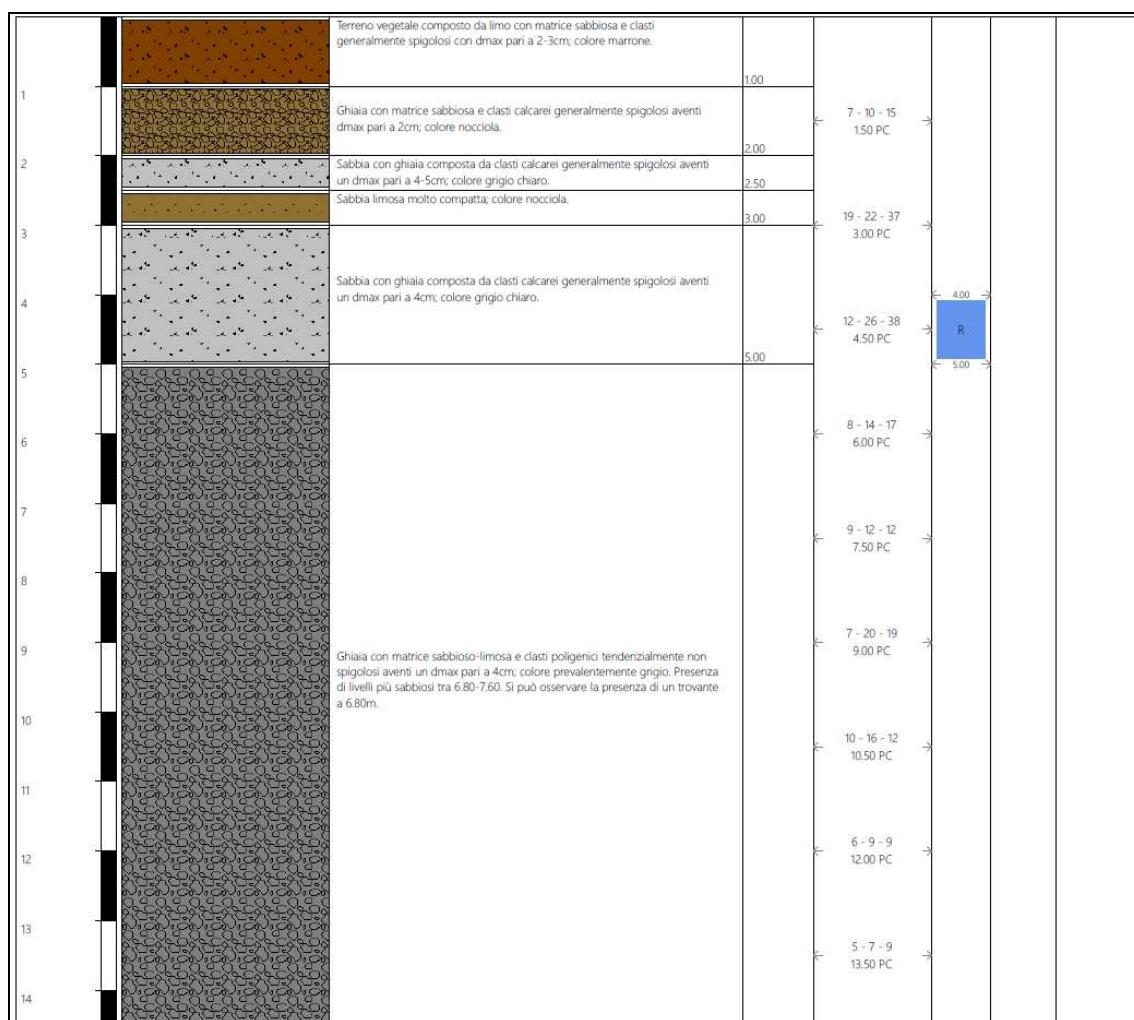


Fig. 9: stratigrafia sondaggio S1



Fig. 10: risultati sondaggio S1

Il sondaggio S2, ha individuato la presenza di limo sabbioso debolmente ghiaioso da p.c. fino a -2,6m da p.c. seguito da una successione di ghiaie in matrice sabbioso limosa:

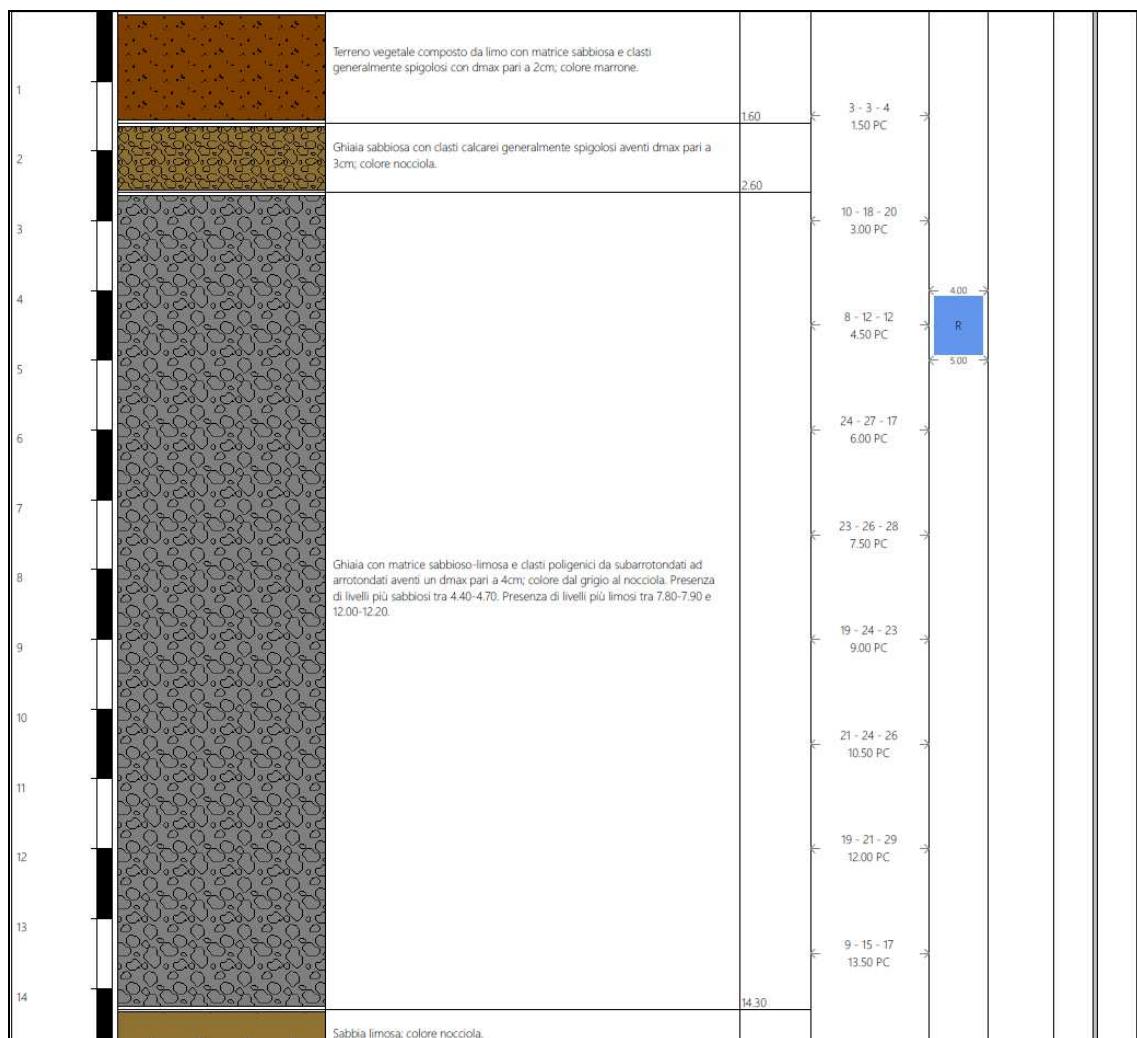


Fig. 11: stratigrafia sondaggio S2

Il sondaggio S2, attrezzato con piezometro, ha intercettato la falda acquifera ad una profondità pari a -6,75m dal p.c. (30-3-2023); si tratta di un valore eccezionalmente basso e legato al prolungato periodo di siccità che ha caratterizzato il 2022 ed il 2023.



Fig. 12: risultati sondaggio S2



Fig. 13: carotiere sul punto di sondaggio S2

4.3 Risultati trincee esplorative

Sono state realizzate n°3 trincee esplorative superficiali spinte fino alla profondità di 4,0m dal p.c. ed ubicate come riportato in fig. 3.

Nel dettaglio le trincee tr1 e tr3 hanno intercettato nel tratto superiore blocchi di cls ascrivibili alla presenza di fondazioni di manufatti; la rimozione di tale “orizzonte” richiede l’utilizzo di martellone demolitore.

La seguente figura riporta la stratigrafia individuata nelle trincee superficiali:

	TR1	0,00-0,40 m	Riporto costituito da limo sabbioso e blocco di calcestruzzo
		0,40-2,20 m	Ghiaia in abbondante matrice limoso sabbiosa
		2,20-4,00 m	Sabbia limosa molto compatta
	TR2	0,00-0,20 m	Terreno Vegetale
		0,20-0,50 m	Limo sabbioso
		0,50 – 0,80	Ghiaia con matrice limoso sabbiosa
		0,80 – 2,20	Limo sabbioso
		2,20 – 4,00	Ghiaie sabbiose con ciottoli e a tratti con matrice limoso-sabbiosa
	TR3	0,00-0,70 m	Riporto costituito da limo sabbioso e frammenti di laterizi
		0,70-1,20 m	Demolizioni varie frammate a limo sabbioso
		1,20 – 2,50	Limo sabbioso
		2,50 – 3,00	Ghiaia in abbondante matrice limoso sabbiosa
		3,00 – 4,00	Ghiaie sabbiose con ciottoli

4.4 Modello geologico

Sulla base dei risultati delle indagini è possibile affermare che i terreni presenti nel sottosuolo dell'area sono perlopiù costituiti da riporti superficiali discontinui e di spessore variabile (0,4m/1,2m), contenenti frammenti di laterizi e porzioni di preesistenti fondazioni in c.a. seguiti da alternanze di limi sabbiosi e sabbie limose debolmente ghiaiose che ricoprono fino a profondità variabile da 2,6m a 5,0m un'estesa successione di ghiaie in matrice sabbiosa-limosa.

In base a quanto precedentemente esposto è stato possibile ricostruire il seguente modello geologico:

- **RIPORTI:** presenti con spessore variabile da 0,4m a 1,2m e costituiti da limo sabbioso e frammenti di laterizi/blocchi di calcestruzzo.
- **UNITA' GEOLOGICA 1:** presente con continuità fino ad una profondità compresa tra -2,6m e -5,0m dal p.c.; tale unità è costituita da alternanze di limi sabbiosi e sabbie limose debolmente ghiaiose.
- **UNITA' GEOLOGICA 2:** ghiaie in matrice limoso sabbiosa presenti con continuità alla base dell'unità geologica 1.

4.5 Idrogeologia e Idrografia

Dal punto di vista idrogeologico il sottosuolo dell'area è sede di un sistema multifalda caratterizzato da una prima falda acquifera il cui livello piezometrico risulta direttamente influenzato dai seguenti fattori:

- regime del *Fiume Sarca* e degli elementi costituenti il reticolo idrografico presente nella piana di San Giorgio, ovvero: *Rio Galanzana*, *Rio Fitta S. Giorgio*, *Fossa Grotta e Rio Varonecello*;
- Regime delle precipitazioni meteoriche e dello scioglimento nivale;
- Altezza idrometrica del Lago di Garda.

Il regime delle precipitazioni, l'altezza idrometrica del reticolo idrografico ed i restanti fattori sopraelencati sono imprevedibili di conseguenza non risulta possibile prevedere con certezza l'andamento stagionale del livello della falda.

In linea generale la quota piezometrica oscilla nell'intervallo medio di profondità che va da -4,5m a -2,0m dal p.c. con valori minimi nei mesi di gennaio-febbraio e valori massimi raggiunti nel periodo di morbida che generalmente va da aprile a giugno e da ottobre a dicembre, pertanto in alcuni periodi dell'anno le nuove strutture risulteranno parzialmente immerse nella falda ipogea. Tuttavia preme sottolineare che i periodi di minimo e massimo della falda e le quote piezometriche associate sono condizionati da fenomeni non prevedibili (e risultano pertanto anch'essi imprevedibili), infatti si assiste sempre più frequentemente ad anomalie climatiche: ad esempio, la seconda parte di febbraio 2024 è risultata eccezionalmente piovosa per il periodo con circa 136mm accumulati rispetto alla media mensile di 45mm, in tale condizione la falda è risalita fino a -4,2m dal p.c. rispetto a -5,1m misurati nella prima metà di febbraio 2024; al contrario, durante il lungo periodo di siccità del 2022 e 2023 la falda ha raggiunto la profondità di oltre -6,75m dal p.c. (29 marzo 2023) mentre nello stesso periodo del 2024 (26-marzo 2024) la falda ha raggiunto la quota di 4,30 m dal p.c. per la presenza di scioglimento nivale in quota.

Storicamente, in occasione di eventi meteorici prolungati il livello della falda si è ripetutamente approssimato ad una profondità pari a circa 1,5/1,0m dal p.c. ed ha causato numerosi allagamenti ai locali seminterrati presenti nei dintorni dell'area.

Inoltre, il Rio Galanzana posto lungo il margine est della particella determina infiltrazioni idriche che pertanto andranno captate ed allontanate in modo da operare in condizioni agevoli e sicure.

In considerazione dell'impossibilità di prevedere l'andamento futuro delle oscillazioni del livello piezometrico si raccomanda quanto segue:

- Impermeabilizzazione dei volumi intirrati fino a piano campagna, comprese le bocche di lupo e le rampe di accesso al locale intirrato.
- Installazione in fase esecutiva di pompe per contrastare eventuali fenomeni di risalita della falda;
- Realizzazione dell'intervento nei periodi caratterizzati da massima profondità della falda (tipicamente da fine dicembre a febbraio).

La seguente tabella riporta la profondità della falda misurata presso il piezometro installato nella particella di intervento (in azzurro sono indicate le misure che avrebbero interagito con l'opera):

Data	Profondità falda da p.c.	Note
29-03-2023	-6,75m	Prolungata siccità- lago di Garda verso minimo storico
25-05-2023	-5,70m	
03-08-2023	-5,80m	
03-11-2023	-3,70m	Prolungate precipitazioni meteoriche
17-11-2023	-3,60m	Prolungate precipitazioni meteoriche
18-12-2023	-4,00m	
26-01-2023	-4,90m	
12-02-2024	-5,10m	
07-03-2024	-4,20m	Prolungate precipitazioni meteoriche (pioggia cumulata maggiore della media storica)
13-03-2024	-4,15m	Ulteriore innalzamento lago di Garda
19-03-2024	-4,10m	Ricarica falda per scioglimento nivale
26-03-2024	-4,30m	
03/04/2024	-4,05m	Prolungate precipitazioni meteoriche (pioggia cumulata maggiore della media storica)



Fig. 14: misura falda con freatimetro

5 INCERTEZZE SUL MODELLO GEOLOGICO

L'incertezza sul modello geologico precedentemente descritto è legata all'eterogeneità dei depositi presenti nell'sottosuolo dell'area di intervento. In corso d'opera dovrà essere verificato l'assetto stratigrafico dei terreni posti sotto il piano di fondazione con riguardo particolare alla presenza nel sottosuolo di intercalazioni limose.

6 MODELLO SISMICO

6.1 Azione sismica

L'edificio in questione rientra nelle opere ordinarie, ovvero prevede un normale affollamento e l'assenza di funzioni pubbliche e sociali, rientra quindi nella classe 2 con vita nominale V_N pari a 50 anni.

I tempi di ritorno, in relazione ai diversi stati limite, sono elencati nella seguente tabella:

Stato limite	Tempo di ritorno (anni)
Stato limite di operatività SLO	30
Stato limite di Danno SLD	50
Stato limite di Salvaguardia della Vita SLV	475
Stato limite di Collazzo SLC	975

6.2 Determinazione dei parametri sismici.

La tabella seguente riporta i valori dei parametri spettrali $a_{g/g}$, F_0 e T_c , relativi al sito indagato, riferiti a diversi tempi di ritorno:

Stato Limite	Tr (anni)	a_g (g)	F_0	T_c (s)
Operatività (SLO)	30	0,034	2,559	0,213
Danno (SLD)	50	0,043	2,550	0,245
Salvaguardia della vita (SLV)	475	0,123	2,468	0,281
Colllasso (SLC)	975	0,162	2,478	0,282
Periodo di riferimento per l'azione sismica	50			

Dove:

$a_{g/g}$ = accelerazione di picco;

F_0 = fattore di amplificazione;

T_c = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

6.3 Determinazione della categoria di suolo di fondazione e dei coefficienti di amplificazione stratigrafica e topografica.

Secondo quanto riportato dalla carta delle caratteristiche sismiche dei suoli, è possibile attribuire al terreno di fondazione la categoria B:

Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.

Il valore del coefficiente di amplificazione stratigrafica S_s per un suolo di fondazione di categoria B è pari a 1,2.

L'area di indagine si presenta pianeggiante rientra pertanto nella categoria **T1** a cui è assegnato un valore del coefficiente di amplificazione topografica S_t pari a 1.

Il valore S, equivalente al prodotto di S_s e S_t , risulta essere pari a 1,2.

Di seguito si riassumono i coefficienti per la caratterizzazione sismica dell'area interessata dai lavori:

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
k_h	0,008	0,010	0,035	0,047
k_v	0,004	0,005	0,018	0,023
A_{max} (m/s ²)	0,395	0,507	1,445	1,911
Beta	0,200	0,200	0,240	0,240

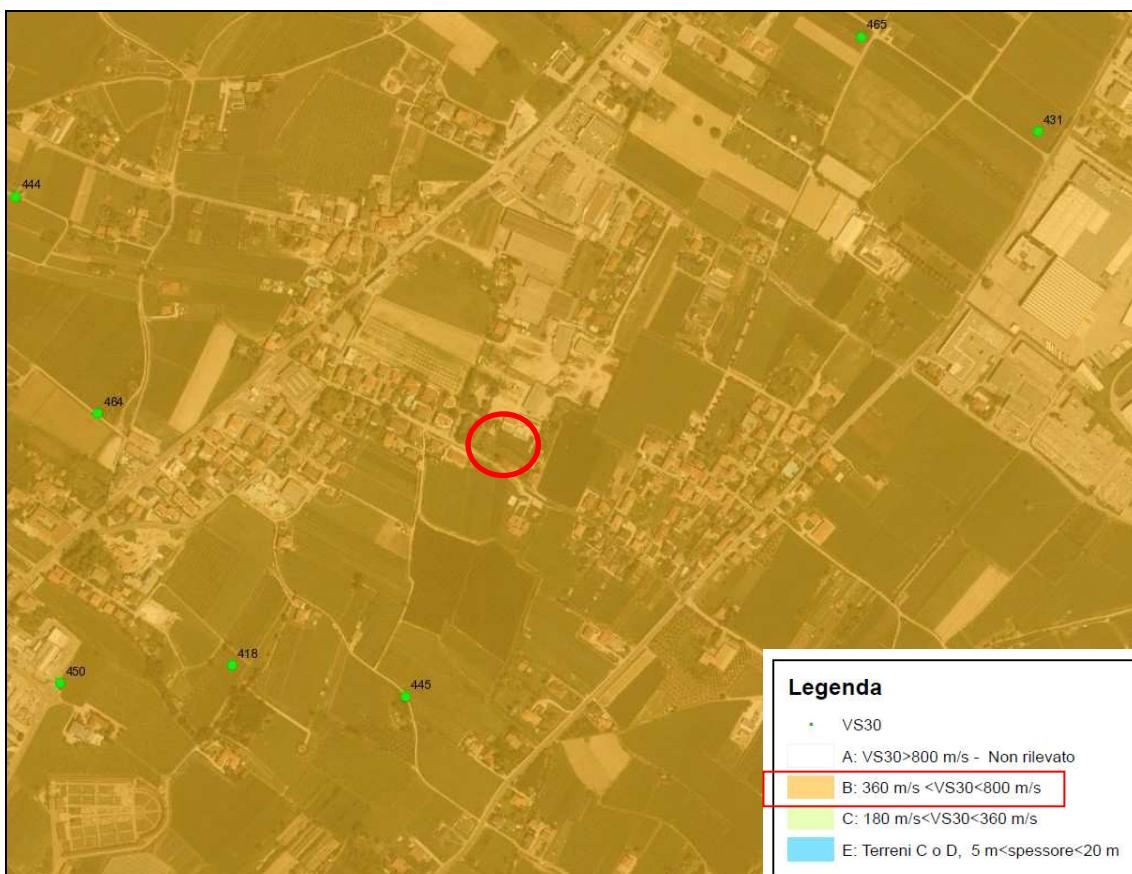


Fig. 15: Carta delle caratteristiche sismiche suoli P.A.T.

7 SMALTIMENTO ACQUE METEORICHE

La bassa permeabilità dell'unità geologica 1, la presenza di falda idrica soggetta ad escursione fino a debole profondità e l'entità delle portate meteoriche non consentono la dispersione al suolo delle acque meteoriche raccolte dalle nuove superfici impermeabili.

La soluzione progettuale più idonea consiste nel recapitare le portate nella rete Comunale o, in alternativa nel Rio Galanzana, previo invio in vasca di laminazione.

8 TERRE E ROCCE DA SCAVO

Per quanto riguarda la gestione delle terre e rocce prodotte dagli scavi, il terreno naturale potrà essere gestito come sottoprodotto e quindi destinato a riutilizzo ai sensi del D.Lgs. 152/2006 e ss.mm. nonché del regolamento di cui al DPR 120/2017.

In base a tale vigente normativa, i materiali di risulta degli scavi in terreni naturali e rocce del substrato nonché in riporti storici con contenuto in materiali antropici non superiore al 20% in peso (art. 4 comma 3 DPR120/2017) potranno essere gestiti come sottoprodotti e riutilizzati in recuperi, ripristini, rimodellamenti, riempimenti ambientali o altri utilizzi sul suolo, previa verifica analitica sulla sostanza secca rispetto ai parametri della tabella 1 (colonne A e B) dell'All. 5 parte IV del D.Lgs. 152/2006 con riferimento alle matrici ambientali ed alla destinazione d'uso urbanistica dei siti di destinazione e, in caso di riporti, previo test di cessione rispetto ai parametri della tabella 2 dello stesso All. 5 parte IV del D.Lgs. 152/2006 relativa alle

concentrazioni soglia di contaminazione nelle acque sotterranee (in entrambi i casi con le modalità di cui al citato DPR 120/2017).

Nel caso in esame, il riutilizzo delle terre da scavo come sottoprodotto è subordinato alla dichiarazione del produttore (ossia chi materialmente produce le terre e rocce da scavo) resa al Comune del luogo di produzione e all'APPA, almeno 15 giorni prima dell'inizio dei lavori di scavo, ai sensi degli artt. 20, 21 e 22 del DPR 120/2017.

Nel caso di non conformità dei campioni, siano essi riporti (cessione + caratterizzazione) o naturali, i terreni di scavo dovranno essere gestiti come rifiuti, nel rispetto della specifica normativa, e avviati in discariche o a recupero in idonei siti o impianti, in tutti i casi regolarmente autorizzati.

Eventuali volumi di terreno naturale da scavo utilizzati nello stesso cantiere ai fini edificatori esulano dal campo di applicazione della normativa dei rifiuti e possono essere direttamente riutilizzati per rinterri, colmate e livellamenti, previa verifica analitica ai sensi del regolamento di cui al DPR 120/2017:

- verifica della conformità al test di cessione secondo quanto previsto dal D.M. 05/02/98 con riferimento ai limiti individuati dalla tabella 2 – Allegato 5 – Parte IV del D.Lgs. n. 152/06 relativa alle concentrazioni soglia di contaminazione nelle acque sotterranee;
- verifica di conformità alla tabella 1 dell'All. 5 al Tit. V, parte IV del D.Lgs. 152/2006 e ss. mm. e ii. analisi su s.s. almeno per il set minimo di cui all'All. 4 del DPR 120/2017.

I materiali derivanti dalle demolizioni andranno gestiti come rifiuti, cui viene attribuito cod. CER 170107 (miscugli o scorie di cemento, mattoni, mattonelle e ceramiche, diverse da quelle di cui alla voce 170106) oppure 170904 (rifiuti misti dell'attività di costruzione e demolizione, diversi da quelli delle voci 170901, 170902 e 170903) ed avviati a discarica o in specifici centri di recupero autorizzati.

Le "croste" di manto bituminoso andranno gestite come rifiuti, cui viene attribuito cod. CER 17 03 02 (miscele bituminose diverse da quelle di cui alla voce 17 03 01) ed avviate ad impianti autorizzati.

Eventuali manufatti o strutture contenenti amianto andranno rimossi con specifiche modalità e daranno origine a rifiuti speciali pericolosi con cod. CER 170605* (materiali da costruzione contenenti amianto), da smaltire in specifiche discariche.

Se in corso d'opera verranno modificati volumi e/o destinazione, si dovrà produrre una specifica comunicazione all'APPA ed eventualmente (in caso di sotto-prodotti) al Comune competente.

Se, ancora, in corso d'opera verranno rinvenute situazioni diverse da quanto previsto o di sospetta contaminazione ovvero materiali classificabili come rifiuti, si dovrà procedere come previsto al Titolo 5 del D.Lgs. 152/2006.

Secondo quanto riportato dalla cartografia redatta da APPA, il sito si colloca nel tratto terminale della macroarea interessata da possibile superamento per fenomeni naturali delle concentrazioni soglia di contaminazione, nella quale solitamente si possono registrare superamenti delle CSC di Piombo e Arsenico.

Secondo l'anagrafe dei siti da bonificare, nel sito di progetto non sono presenti:

- siti potenzialmente contaminati ai sensi degli artt. 242, 245 o 244 del d.lgs. 152/06;
- siti contaminati ai sensi del DM 471/99 iscritti in anagrafe anteriormente all'entrata in vigore del d.lgs. 152/06;
- siti bonificati;
- siti non contaminati con superamento delle concentrazioni soglia di contaminazione (CSC) di cui all'allegato 5 alla parte IV del d.lgs. 152/06) ma non superamento delle concentrazioni soglia di rischio (CSR);
- ex discariche di RSU bonificate dal SOIS (rif. art. 76 del DPGP 26 gennaio 1987 n. 1-41/Leg.);
- ex discariche incontrollate di rifiuti ex art. 77 comma 1 TULP oggetto di interventi di messa in sicurezza ai sensi dell'art. 77 del DPGP 26 gennaio 1987 n. 1-41/Leg.;

9 CONCLUSIONI

È stata presentata la relazione geologica e sismica a supporto *del Piano Attuativo Via Passirone, Località San Giorgio C.C. Arco pp. ff. 4681, 4682/1, 4682, 4684, 4685, 4686, 1536/1, 1538/1- pp.edd, 862, 1427, 2271, 2351, 2352.*

Secondo la Carta di Sintesi della Pericolosità il sito in esame ricade prevalentemente in **area a penalità trascurabile o assente P1**; solamente il margine orientale della particella rientra per un breve tratto in area a penalità APP da approfondire per fenomeni torrentizi.

Al capitolo 4 è stato presentato il modello geologico dei terreni presenti nel sito; secondo tale modello il sottosuolo dell'area di intervento è costituito dalle seguenti unità geologiche:

- **RIPORTI:** presenti con spessore variabile da 0,4m a 1,2m e costituiti da limo sabbioso e frammenti di laterizi/blocchi di calcestruzzo;
- **UNITA' GEOLOGICA 1:** presente con continuità fino ad una profondità compresa tra -2,6m e -5,0m dal p.c.; tale unità è costituita da alternanze di limi sabbiosi e sabbie limose debolmente ghiaiose;
- **UNITA' GEOLOGICA 2:** ghiaie in matrice limoso sabbiosa presenti con continuità alla base dell'unità geologica 1.

In linea generale la quota piezometrica oscilla nell'intervallo di profondità che va da -4,5m a -2,0m dal p.c. con valori minimi registrati nei mesi di gennaio-febbraio e valori massimi raggiunti nel periodo di morbida che generalmente va da aprile a giugno e da ottobre a dicembre, pertanto in taluni periodi dell'anno le nuove strutture risulteranno parzialmente immerse nella falda ipogea; **pertanto è necessaria la completa impermeabilizzazione dei volumi interrati da piano fondazione fino a p.c.**

Considerata l'escursione della falda si raccomanda di eseguire lo scavo in periodo di minima altezza della falda, provvedendo all'installazione di pompe per contrastare eventuali fenomeni di risalita dalla falda acquifera.

Il presente elaborato è redatto in ottemperanza ai contenuti del D.M. 17/01/2018 "Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni" e soddisfa i requisiti urbanistici e normativi di rilevanza geologica, per cui costituisce documento progettuale idoneo per il rilascio della concessione ad edificare.

Trento, marzo 2024

dott. geol. Damiano Betti



**PIANO ATTUATIVO VIA PASSIRONE, LOCALITA' S. GIORGIO C.C. DI ARCO
pp.ff. 4681, 4682/1, 4682, 4684, 4685, 4686, 1536/1, 1538/1 - pp.edd. 862, 1427,
2271, 2351, 2352.**

RELAZIONE GEOTECNICA

ROGETTO DEFINITIVO

*Sulle indagini, caratterizzazione e modellazione del volume significativo di terreno
interessato dalle strutture (§ 6.2.2 delle NTC e § C 6.2.2 della Circolare n. 617/09)*

Geol. Damiano Betti



10 PREMESSA

Su incarico e per conto di *Mak Enterprise S.r.l.* è stato effettuato uno studio geotecnico a supporto del *Piano Attuativo Via Passirone, Località San Giorgio C.C. Arco pp. ff. 4681, 4682/1, 4682, 4684, 4685, 4686, 1536/1, 1538/1- pp.edd, 862, 1427, 2271, 2351, 2352*, allo scopo di verificare le caratteristiche geotecniche dei terreni costituenti il sottosuolo.

Il progetto, redatto dallo studio di progettazione KREJ, prevede la demolizione dei manufatti attualmente presenti e la realizzazione di un nuovo complesso residenziale costituito da 4 edifici composti da 4 piani fuori terra e ampio piano interrato.

L'intervento comporta la realizzazione di circa 2500m² di nuove superfici impermeabili e l'apertura di fronti scavo di altezza variabile da 4,0m a 5,0m.



Fig. 16a: planimetria di progetto.

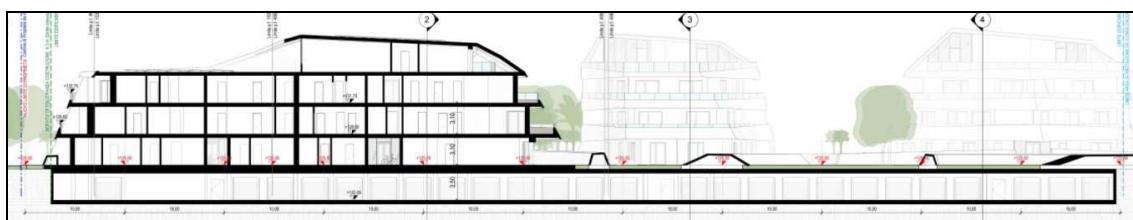


Fig. 16b: sezione di progetto

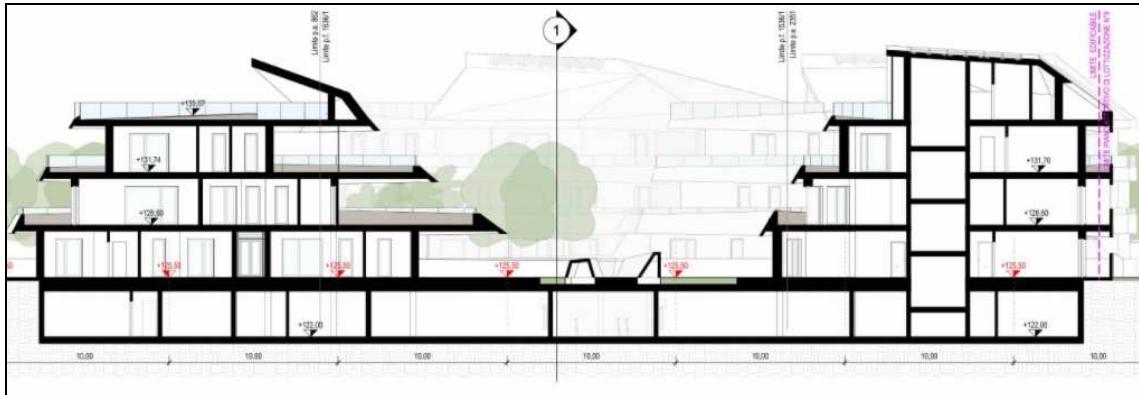


Fig. 16c: sezione di progetto



Fig. 16d: sezione di progetto.

La presente relazione geotecnica sulle indagini, caratterizzazione e modellazione del volume significativo di terreno riguarda la fase del progetto definitivo e dovrà essere integrata in fase esecutiva con tutte le previste verifiche di sicurezza e delle prestazioni di cui al cap. 6.2.3. delle NTC.

11 INDAGINI GEOGNOSTICHE E MODELLO GEOTECNICO DEI TERRENI

11.1 Prove DPSH e Prove SPT

Al fine di determinare le caratteristiche geotecniche del sottosuolo sono state eseguite n° 3 prove penetrometriche DPSH spinte fino a rifiuto e prove SPT in forno di sondaggio.

L'ubicazione delle prove è riportata in fig. 18, mentre i risultati dell'indagine sono riportati nell'allegato redatto da Tecnoverifiche S.r.l.

La prova DPSH consiste nel misurare il numero di colpi N_{20} necessario ad infiggere una punta conica di dimensioni standard per un tratto di 20cm di lunghezza.

L'infissione avviene per mezzo di un maglio battente del peso di 63,5kg lasciato cadere da un'altezza di 75cm.

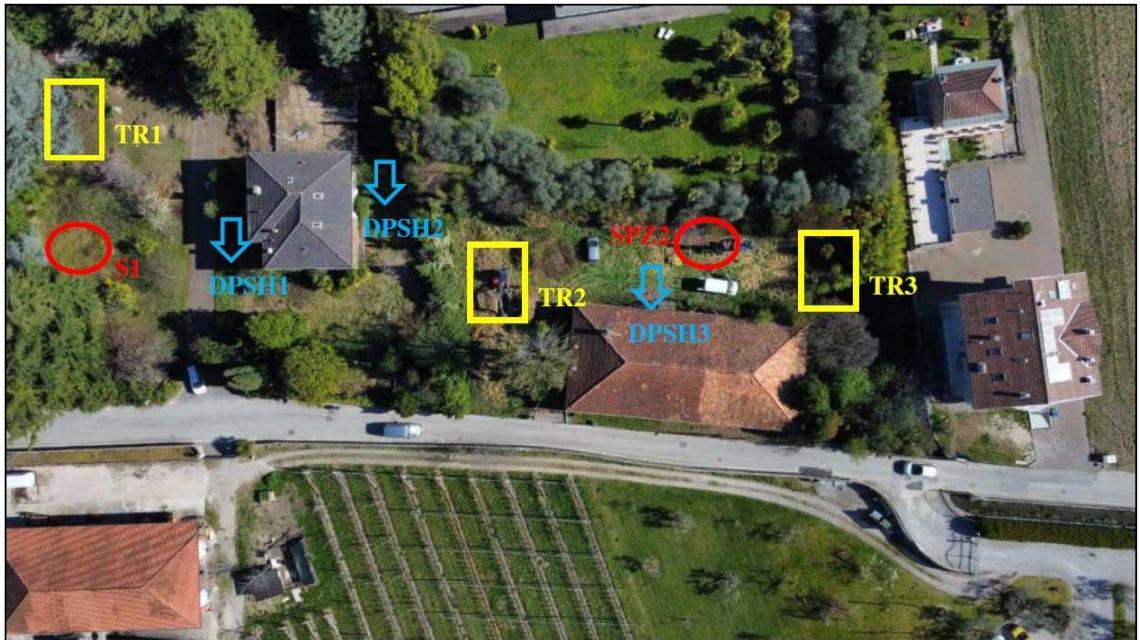


Fig. 17: ubicazione indagini

I valori del numero di colpi registrati dalle prove penetrometriche mettono in evidenza la presenza di un primo livello superficiale di materiale scarsamente addensato fino alla profondità massima di 4,40m dal p.c., seguito da materiale addensato.

L'interpretazione dei risultati, a seguito di preliminare correlazione dei valori di N_{20} con i valori di N_{SPT} (Standard Penetration Test), permette di determinare i valori indicativi di rottura del terreno alle varie profondità, risalendo così alla capacità portante dei terreni attraversati. Esistono inoltre diverse correlazioni tra i valori di N_{SPT} ed i principali parametri geotecnici (I_c , C_u , ϕ , $Dr\%$). Per una correlazione indicativa tra il numero di colpi N_{SPT} e il valore N_{20} , misurato con la prova DPSH, può essere utilizzata la costante C , pari in questo caso a 1,5.

$$N_{SPT} = C N_{20}$$

La seguente figura riporta il numero di colpi misurato in funzione della profondità di infissione:

Profondita' (m)	Nr. Colpi	Profondita' (m)	Nr. Colpi	Profondita' (m)	Nr. Colpi
0.20	3	0.20	1	0.20	1
0.40	5	0.40	2	0.40	2
0.60	2	0.60	2	0.60	2
0.80	4	0.80	2	0.80	1
1.00	3	1.00	2	1.00	2
1.20	4	1.20	3	1.20	3
1.40	3	1.40	5	1.40	2
1.60	5	1.60	3	1.60	3
1.80	7	1.80	4	1.80	3
2.00	4	2.00	4	2.00	2
2.20	2	2.20	4	2.20	5
2.40	2	2.40	5	2.40	12
2.60	2	2.60	10	2.60	8
2.80	3	2.80	10	2.80	14
3.00	3	3.00	3	3.00	17
3.20	2	3.20	1	3.20	38
3.40	4	3.40	2	3.40	28
3.60	5	3.60	2	3.60	30
3.80	42	3.80	4	3.80	27
4.00	53	4.00	3	4.00	31
4.20	28	4.20	7	4.20	28
4.40	14	4.40	53	4.40	35
4.60	22	4.60	80	4.60	18
4.80	61			4.80	24
5.00	80			5.00	31
				5.20	14
				5.40	26
				5.60	56
				5.80	74

Fig. 18: valori N₂₀ registrati nelle prove DPSH1-DPSH2- DPSH3

Nel foro di sondaggio S1 ed S2 sono state realizzate numerose prove SPT le quali hanno restituito i seguenti valori di N_{spt}:

Sondaggio S1	Sondaggio SPZ2
-1,5m (7-10-15) PC	-1,5m (3-3-4) PC
-3,0m (19-22-37) PC	-3,0m (10-18-20) PC
-4,5m (12-26-38) PC	-4,5m (8-12-12) PC
-6,0m (8-14-17) PC	-6,0m (24-27-17) PC
-7,5m (9-12-12) PC	-7,5m (23-26-28) PC
-9,0m (7-20-19) PC	-9,0m (19-24-23) PC
-10,5m (10-16-12) PC	-10,5m (21-24-26) PC
-12,0m (6-9-9) PC	-12,0m (19-21-29) PC
-13,5m (5-7-9) PC	-13,5m (9-15-17) PC
-15,0m (6-14-18) PC	-15,0m (6-7-6) PC

La seguente tabella mostra la relazione tra i valori di Nspt – l'indice di consistenza e la coesione non drenata:

Consistenza	Numero di colpi N'Sptc	Indice di consistenza Ic	Coesione n.d. Cu (Kg/cmq)
MOLTO SOFFICE	< 2	~0	< 0.1
SOFFICE	2 ÷ 4	0 ÷ 0.25	0.10 ÷ 0.25
PLASTICO	4 ÷ 8	0.25 ÷ 0.50	0.25 ÷ 0.50
DURO	8 ÷ 15	0.50 ÷ 0.75	0.50 ÷ 1.00
MOLTO DURO	15 ÷ 30	0.75 ÷ 1.00	1.00 ÷ 2.00
DURISSIMO	> 30	> 1.0	> 2.0

Le seguenti formule empiriche mettono in relazione il valore di φ con i valori di Nspt:

$$\varphi = \sqrt{15 \times N_{SPT}} + 15; \quad \varphi = 0,3 N_{SPT} + 27$$

11.2 Prove di laboratorio

Alla profondità di 4,5m sono stati prelevati due campioni rimaneggiati; i campioni sono stati sottoposti a prova di taglio diretto al fine di valutare i valori di coesione e angolo di attrito.

I risultati delle analisi di laboratorio sono riportati in allegato e riassunti nella tabella relativa al modello geotecnico.

11.3 Modello geotecnico

Sulla base dei risultati delle indagini è stato possibile ricostruire il seguente modello geotecnico:

Riporti: presenti con spessore variabile (1,0 – 1,5m), tali materiali hanno caratteristiche geotecniche variabili e nel complesso scadenti.

Unità litotecnica 1: limi sabbiosi e sabbie limose debolmente ghiaiose: caratterizzata da basso grado di addensamento (media di 2-5 colpi ogni 20cm). Tale unità è stata individuata alla profondità di -2,5m in S1 e fino a circa -5,0m dal p.c. in S2.

Unità litotecnica 2: ghiae sabbiose, tale unità è presente alla base dell'unità litotecnica 1 ed è caratterizzata da buone proprietà geotecniche.

La seguente tabella riassume i parametri geotecnici dei terreni individuati:

RIPORTI	
Peso di volume	$\gamma = 16 \text{ kN/m}^3$
Peso di volume saturo	$\gamma_{\text{sat}} = 17 \text{ kN/m}^3$
Angolo di attrito interno	$\varphi' = 27^\circ$
Coesione	nulla
Unità litotecnica 1	
Peso di volume	$\gamma = 18 \text{ kN/m}^3$
Peso di volume saturo	$\gamma_{\text{sat}} = 19 \text{ kN/m}^3$
Angolo di attrito interno	$\varphi' = 28^\circ - 29^\circ$
Coesione	nulla
Unità litotecnica 2	
Peso di volume	$\gamma = 19 \text{ kN/m}^3$
Peso di volume saturo	$\gamma_{\text{sat}} = 20 \text{ kN/m}^3$
Angolo di attrito interno	$\varphi' = 33^\circ$
Coesione	nulla

Le fondazioni delle nuove strutture ricadranno in parte nell'unità litotecnica 1 ed in parte nell'unità litotecnica 2.

12 STABILITÀ DEI FRONTI SCAVO PROVVISORI

La realizzazione delle fondazioni dell'edificio comporterà l'apertura di fronti di scavo di altezza massima pari a circa 5,0m.

La bassa coesione e lo scarso grado di addensamento dei terreni non consentono la realizzazione di fronti scavo con angoli di sicurezza superiori a 45° . Gli scavi realizzati in adiacenza all'alveo del Rio Bordellino o in adiacenza alle particelle limitrofe andranno presidiati con un sistema di sostegno provvisoriale.

Per quanto riguarda la falda ipogea, come già specificato al par. 4.3 della Relazione Geologica, in fase esecutiva si dovrà tenere conto che storicamente ed in condizioni metereologiche "standard" le massime escursioni della falda si verificano nel periodo di aprile - maggio-giugno e da ottobre a dicembre.

Per quanto riguarda le porzioni di scavo realizzate a fronte libero, è stata eseguita una verifica di sicurezza agli stati limite ultimi secondo *l'Approccio 1 – combinazione 2 (A2+M2+R2)*

Il calcolo è stato eseguito utilizzando il software *Slope* considerando un'altezza di scavo pari a 5,0m ed applicando ai parametri geotecnici i seguenti coefficienti parziali:

Parametro	Grandezza alla quale applicare il coefficiente parziale	Coefficiente parziale	(M2)
Tangente φ'	$\tan\varphi'$	$\gamma_{\varphi'}$	1,25
Coesione efficace	c'	γ_c'	1,25
Peso dell'unità di volume	γ	γ_{γ}	1

Nel calcolo è stata considerata la solo unità litotecnica 1, alla quale è stata attribuita una coesione apparente pari a 8 kPa.

Dall'analisi, riportata in figura 19, si evince che i fronti di scavo non presidiati potranno essere modellati secondo un'inclinazione pari a 45° , tale angolo permette di mantenere un **fattore di sicurezza pari a 1,08 (autore Jambu)**.

Se, per questioni di esigenza, risultasse necessario profilare i fronti secondo un angolo maggiore si dovrà ricorrere a sistemi di sostegno idonei.

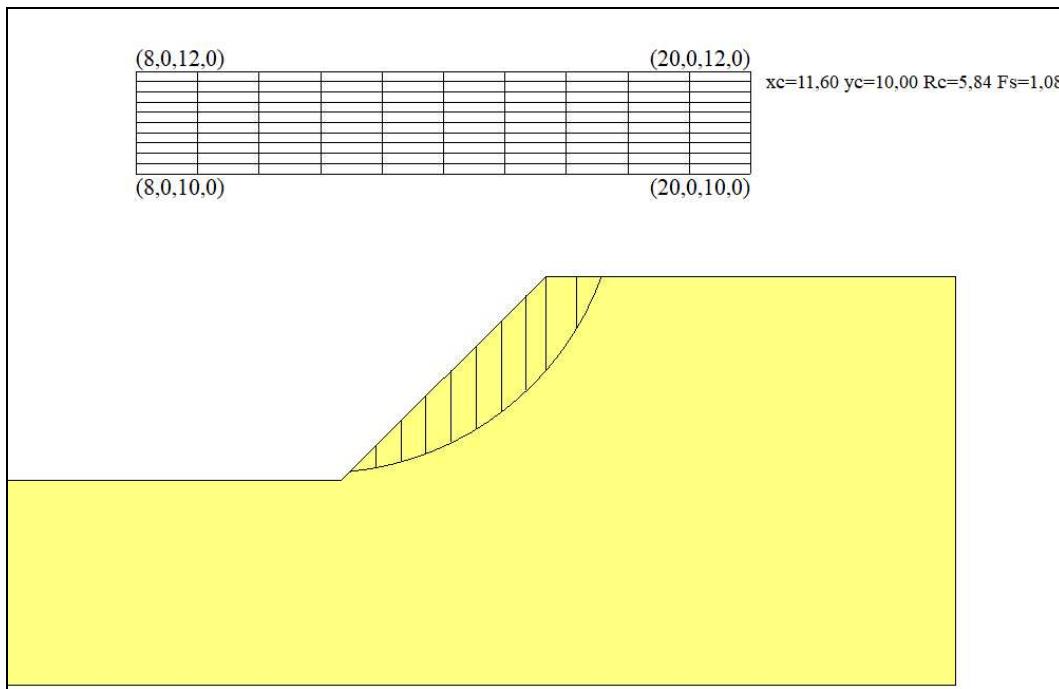


Fig. 19: risultato dell'analisi di stabilità del fronte scavo

12.1 Spinta idrostatica e impermeabilizzazione

Le nuove strutture interrate risulteranno immerse nell'acqua della falda acquifera, ed andranno quindi **adeguatamente impermeabilizzate fino al piano campagna, bocche di lupo**

e rampa di accesso compresi. Si deve considerare che in occasione di periodi eccezionalmente piovosi la falda idrica si è notevolmente innalzata e che tali eventi sono sempre più frequenti.

Riguardo al nuovo piano interrato si stima che l'immersione sia periodica e con un battente d'acqua massimo di circa 1,5/2,0 m.

Qualora tale spinta dovesse risultare significativa rispetto al peso delle nuove strutture si dovranno adottare misure atte a contrastare la spinta idrostatica.

13 RACCOMANDAZIONI GEO-ESECUTIVE

Viste la presenza locale di terreni sciolti si raccomanda di realizzare una bonifica del piano di fondazione.

Tale operazione consiste nella rimozione dei terreni sciolti dell'unità litotecnica 1 presenti alla quota di fondazione e alla loro sostituzione con terreno granulare compattato.

Lo scopo della bonifica è quello di ridurre l'entità dei cedimenti indotti dall'opera e di fondare l'edificio su di un terreno più omogeneo.

14 CONCLUSIONI

È stata presentata la relazione geotecnica a supporto del *Piano Attuativo Via Passirone, Località San Giorgio C.C. Arco pp. ff. 4681, 4682/1, 4682, 4684, 4685, 4686, 1536/1, 1538/1-pp.edd, 862, 1427, 2271, 2351, 2352.*

Il modello geotecnico è stato ricostruito sulla base di 3 prove penetrometriche DPSH, di due sondaggi a carotaggio continuo, prove SPT in foro di sondaggio e analisi di laboratorio.

Secondo tale modello il sottosuolo è formato dalle seguenti unità litotecniche:

Riporti: presenti con spessore variabile (1,0 – 1,5m), tali materiali hanno caratteristiche geotecniche variabili e nel complesso scadenti.

Unita litotecnica 1: limi sabbiosi e sabbie limose debolmente ghiaiose: caratterizzata da basso grado di addensamento (media di 2-5 colpi ogni 20cm). Tale unità è stata individuata alla profondità di -2,6m in S1 e fino a circa -5,0m dal p.c. in S2.

Unita litotecnica 2: ghiaie sabbiose, tale unità è presente alla base dell'unità litotecnica 1 ed è caratterizzata da buone proprietà geotecniche.

Al capitolo 12 è stata presentata la verifica geotecnica in merito alla stabilità dei fronti scavo mentre al Cap. 13 sono state presentate le raccomandazioni esecutive di rilevanza geologica.

Riguardo al nuovo piano interrato si stima che l'immersione sia periodica e con un battente d'acqua massimo di circa 1,5/2,0 m.

Qualora tale spinta dovesse risultare significativa rispetto al peso delle nuove strutture si dovranno adottare misure atte a contrastare la spinta idrostatica.

In Corso d'opera si dovrà verificare, in presenza del geologo, la rispondenza tra il modello geologico di riferimento assunto in progetto e la situazione effettiva, differendo di conseguenza il modello geotecnico ed il progetto esecutivo, così come previsto dalla normativa di settore.

Il presente elaborato è redatto in ottemperanza ai contenuti del D.M. 17/01/2018 “Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni” e soddisfa i requisiti urbanistici e normativi di rilevanza geologica, per cui costituisce documento progettuale idoneo per il rilascio della concessione ad edificare.

Trento, marzo 2024

dott. geol. Damiano Betti



ALLEGATI

ESECUZIONE DI SONDAGGI GEOGNOSTICI

"ESECUZIONE DI INDAGINI GEOGNOSTICHE PRESSO IL CANTIERE DI VIA PASSIRONE AD ARCO (TN)"

COMMITTENTE: MAK COSTRUZIONI SRL
Via alle Segherie, 1
38015 Lavis (TN)

OPERA: Esecuzione di indagini geognostiche presso il cantiere di via Passirone di Arco (TN)

ALLEGATI:

- Documentazione fotografica
- Stratigrafia del sondaggio

Rapporto di prova N° 2590

Trento, 13/04/2023

SOMMARIO

SOMMARIO.....	2
1. GENERALITA'	3
2. CARATTERISTICHE DEL SONDAGGIO.....	4
3. METODOLOGIA DI SONDAGGIO	5
3.1 PERFORAZIONE A CAROTAGGIO CONTINUO.....	5
3.2 PRELIEVO DI CAMPIONI INDISTURBATI E RIMANEGGIATI.....	5
3.3 PROVA DI RESISTENZA MECCANICA S.P.T.	6
3.3 L'INSTALLAZIONE DEL PIEZOMETRO.....	7
4. PROVA PENETROMETRICA PESANTE DPSH.....	9
5 . TRINCEE ESPLORATIVE ED ANALISI AMBIENTALI.....	11
6 . POSIZIONAMENTO SONDAGGI E CASSETTE CATALOGATRICI.....	15

1. GENERALITA'

Su incarico della ditta MAK COSTRUZIONI SRL, la ditta *TECNOVERIFICHE S.R.L.* ha eseguito nelle date 28-31 marzo 2023, presso il cantiere di Via Passirone di Arco (TN)una serie di attività geotecniche e ambientali costituite da:

- num. 2 sondaggi geognostici a carotaggio continuo fino a 15 metri di profondità, uno dei quali attrezzato a piezometro;
- num. 3 prove penetrometriche pesanti DPSH da spingere fino a 15 m oppure a rifiuto;
- num. 3 trincee eseguite con escavatore fino ad un profondità di 4 m.

Come da accordi con la committenza sono stati eseguiti i lavori come riportato nella pianta sottostante.

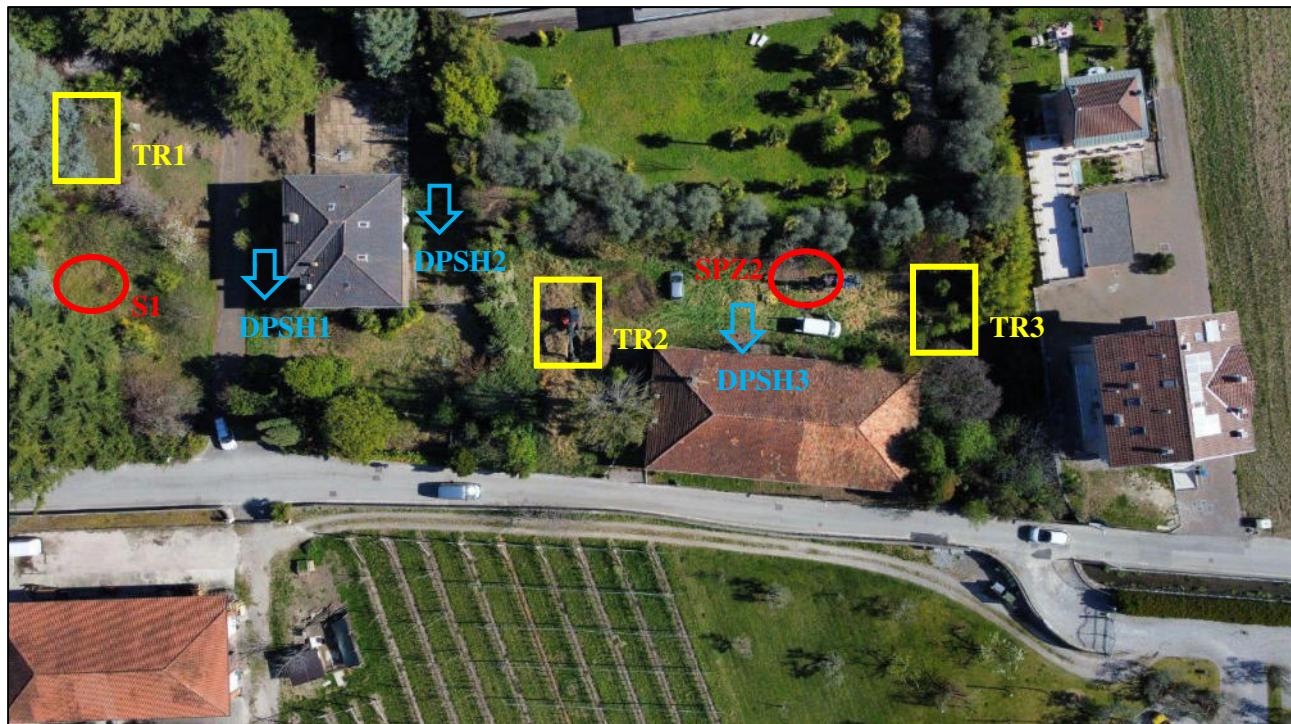


Fig 1: Ubicazione delle attività di indagini

La presente relazione sintetizza le modalità operative, i metodi e le attrezzature utilizzate per l'esecuzione dei lavori.

2. CARATTERISTICHE DEL SONDAGGIO

Per l'esecuzione dei sondaggi è stata utilizzata una sonda cingolata gommata HYDRA JOY 2 GEO dotata di coppia torcente di 600 Nm, equipaggiata con testa di rotazione con 4 selezioni di velocità e martello per rotopercussione THOR60 capace di erogare 140 J per colpo, per un massimo di 1250 colpi al minuto.

La sonda ha un valore di spinta/tiro pari a 3200 Kg, è dotata di morse da 250 mm, ed è accessoriata con pompa volumetrica Bellin da 200 l/min. Si tratta di una sonda a trasmissione idraulica, costituita da un motore a scoppio, un serbatoio di olio idraulico e varie pompe idrauliche azionate dal motore stesso.

Questa porta l'olio in pressione e tramite tubi in gomma armata e distributori lo invia ai vari organi utilizzatori (testa di rotazione, argano, morse, svita aste, martello, stabilizzatori, ecc.). Gli utensili di perforazione sono stati un carotiere semplice con diametro 101mm e rivestimenti da 127mm per sostenere il foro in fase di avanzamento.

Le operazioni di sondaggio si sono svolte secondo le fasi di seguito elencate:

- avvicinamento sonda per raggiungere i punti di sondaggio
- posizionamento e stabilizzazione della sonda
- inizio della perforazione per tratti di 1,5m
- recupero del materiale per battitura o estrusione con acqua
- Installazione di piezometri in PVC da 2" per il sondaggio SPZ2

- Installazione di pozzetti a fungo.

3. METODOLOGIA DI SONDAGGIO

3.1 PERFORAZIONE A CAROTAGGIO CONTINUO

I sondaggi sono stati eseguiti a rotopercussione a carotaggio continuo, con diametro di perforazione di 101 e 127 mm.

L'avanzamento è avvenuto grazie a delle corone con denti in Widia avvitate in cima alle aste e con carotiere semplice di diametro nominale 101 mm azionato mediante batteria di aste dal diametro di 76 mm.

Il foro è stato rivestito a mano a mano che procedeva la perforazione con tubazione metallica provvisoria serie pesante diam. 127 mm.

I materiali estratti dai carotieri sono stati sistemati in apposite cassette catalogatrici con scomparti suddivisi per ogni metro di sondaggio.

Sulle cassette sono stati indicati in modo indelebile: nominativo della Committenza e della località, n. del sondaggio, progressiva della cassetta e profondità di riferimento.

3.2 PRELIEVO DI CAMPIONI INDISTURBATI E RIMANEGGIATI

Questo tipo di prova permette, tramite l'utilizzo di un campionatore cilindrico ad infissione, di prelevare porzioni di terreno indisturbato.

Il campionatore Shelby è costituito da un cilindro d'acciaio inossidabile di diametro esterno 88,9 mm e diametro interno 85 mm. La lunghezza complessiva è di 700 mm e quella utile 600 mm. La parte terminale è sagomata a tagliente

e viene utilizzata per il prelievo di campioni indisturbati in modo da mantenere il più possibile inalterate le condizioni tensionali e fisiche del campione di terreno prelevato.

Lo scopo principale di tale tipologia di campionamento è il prelievo di terreni coesivi (limi ed argille) da sottoporre poi a prove di laboratorio.

Data la natura dei terreni, principalmente ghiaie sotto la profondità di 4 m prevista per lo scavo, non è stato prelevato nessun campione indisturbato, bensì n° 4 campioni rimaneggiati da sottoporre a prove geotecniche di laboratorio come segue: S1 (4,0-5,0) – SPZ2 (4,0-5,0).

3.3 PROVA DI RESISTENZA MECCANICA S.P.T.

Le prove di resistenza alla penetrazione S.P.T. a punta chiusa sono state eseguite nei fori di sondaggio.

Il dispositivo di percussione a sganciamento automatico è costituito da un maglio di 63,5 kg. con altezza di caduta di 76,2 cm.

Il peso complessivo della testa di battuta e dell'asta di guida risulta di 22 kg.

Le caratteristiche sono conformi alla norma ASTM 1586/67 e aggiornamenti "penetration test and split barrel sampling of soils".

Durante l'infissione del campionatore vengono misurati il numero dei colpi N necessari per l'avanzamento di tre tratti consecutivi di 15 cm;

viene considerato ai fini della prova il valore N dalla somma degli ultimi due tratti. In accordo con la committenza sono state eseguite n° 10 prove di tipo SPT con punta chiusa (**PC**):

Sondaggio S1	Sondaggio SPZ2
-1,5m (7-10-15) PC	-1,5m (3-3-4) PC
-3,0m (19-22-37) PC	-3,0m (10-18-20) PC
-4,5m (12-26-38) PC	-4,5m (8-12-12) PC
-6,0m (8-14-17) PC	-6,0m (24-27-17) PC
-7,5m (9-12-12) PC	-7,5m (23-26-28) PC
-9,0m (7-20-19) PC	-9,0m (19-24-23) PC
-10,5m (10-16-12) PC	-10,5m (21-24-26) PC
-12,0m (6-9-9) PC	-12,0m (19-21-29) PC
-13,5m (5-7-9) PC	-13,5m (9-15-17) PC
-15,0m (6-14-18) PC	-15,0m (6-7-6) PC

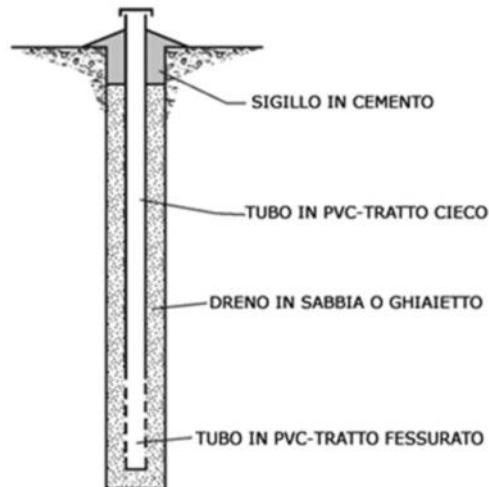
Tabella 1: Risultati prova SPT

3.3 L'INSTALLAZIONE DEL PIEZOMETRO

Per l'installazione del piezometro le attività svolte sono state:

1. è stato calato a quota il piezometro assemblato secondo la sequenza di tratti ciechi e finestrati: per foro sono stati usati 1 metro di tratto cieco e 14 metri di finestrato, diametro 2''. Il tratto finestrato è stato protetto con ghiaia e l'estremità inferiore chiusa con apposito tappo di fondo. Le fessure hanno apertura 0,5 mm;
2. posa di ghiaia pulita o materiale granulare pulito attorno al tubo fino a risalire di 1 m dall'estremità superiore del tratto finestrato, ritirando mano la colonna di rivestimento, senza l'ausilio della rotazione, con l'avvertenza di controllare che il piezometro non risalga assieme ai rivestimenti;
3. posa del tappo impermeabile superiore, costituito da pellet di compactonite;

4. sistemazione e protezione del piezometro installando un pozzetto con idoneo chiusino in ghisa o con un fungo rosso.



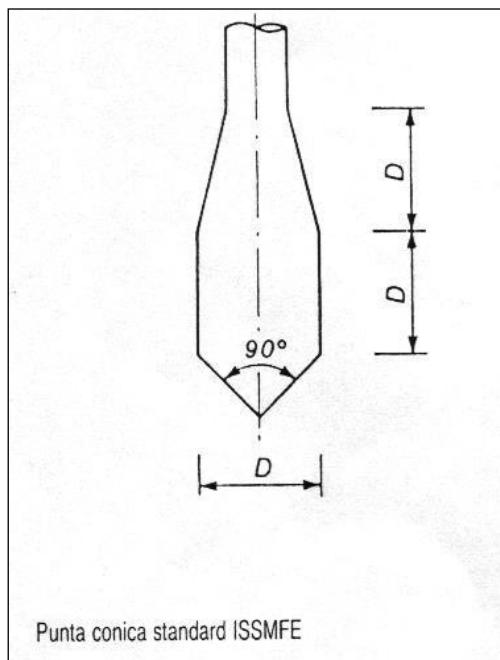
Schema realizzativo piezometro tipo

4. PROVA PENETROMETRICA PESANTE DPH

Durante la campagna di indagini, con la stessa macchina perforatrice sono state eseguite tre prove penetrometriche pesanti

MODALITA' DI INTERPRETAZIONE DELLA PROVA DINAMICA ISSMFE

La procedura di riferimento di esecuzione della prova è quella certificata da ISSMFE (1998).



Esistono tre principali metodi di interpretazione dei risultati delle prove penetrometriche dinamiche continue (DP):

1. risalire da N_{DP} a N_{SPT} ed utilizzare poi le correlazioni messe a punto per questo tipo di prova
2. restituire i valori delle prove DP in termini di resistenza dinamica alla penetrazione R_{pd} (vedi restituzione grafica relativa ad ogni log penetrometrico riportata in allegato) e correlarla poi con una resistenza statica equivalente da introdurre nelle formule per la capacità portante,

oppure correlando R_{pd} con la resistenza alla punta q_c ottenuta con le prove penetrometriche statiche (CPT) ed utilizzare poi le correlazioni esistenti fra q_c ed i parametri geotecnici.

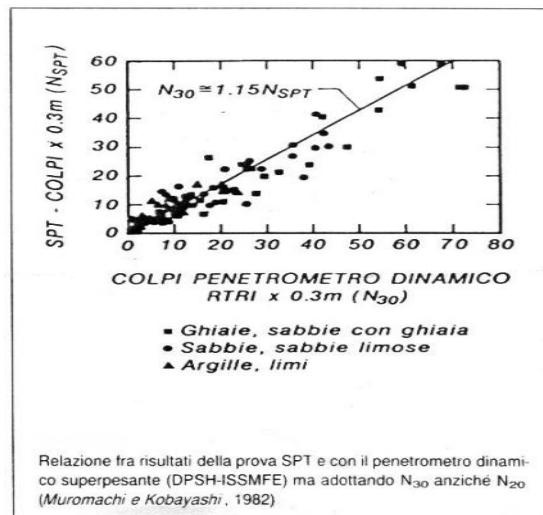
- correlare direttamente i valori di N_{DP} non quelli di q_c ottenuti con il penetrometro statico ed utilizzare poi le correlazioni esistenti per q_c .

Data la grande diffusione delle prove SPT e la gran mole di dati e procedure per la loro interpretazione la metodologia più diffusa è quella tipo a).

MUROMACHI E KOBAYASHI (ESOPT 2, 1982-IS-SMFE STOCCOLMA 1981) presentano la seguente correlazione fra N_{30} (colpi per 30 cm di penetrazione) ed N_{SPT} ricavata da dati sperimentali (vedi grafico seguente):

$$N_{30(DPSH)} / N_{SPT} = 1,15$$

In base a tale relazione si desume che occorre qualche colpo in più con la DP rispetto alla SPT, a parità delle altre condizioni.



Essi concludono che tenendo conto dell'influenza dell'attrito laterale, la relazione sopra riportata, ai fini della sicurezza, può essere riscritta:

$$N_{30(DPSH)} / N_{SPT} \approx 1$$

Essendo il numero dei colpi rilevato dalla procedura ISSMFE 1988 relativo ad una penetrazione di 20 cm (N_{20}) anziché di 30 cm (N_{30}), l'unica operazione da eseguire per comparare i valori misurati e riportati nei logs penetrometrici allegati con quelli N_{SPT} consiste quindi nel moltiplicare tale valore per 1,5.

$$N_{30} = N_{20} \cdot 1,5 = N_{SPT}$$

5 . TRINCEE ESPLORATIVE ED ANALISI AMBIENTALI

L'indagine ambientale è stata condotta attraverso lo scavo di N. 3 trincee esplorative tramite ausilio di escavatore meccanico.

Di seguito vengono presentate in forma tabellare le stratigrafie individuate in fase di scavo corredate dalle relative fotografie.



TR1	0,00-0,40 m	Riporto costituito da limo sabbioso e blocco di calcestruzzo
	0,40-2,20 m	Ghiaia in abbondante matrice limoso sabbiosa
	2,20-4,00 m	Sabbia limosa molto compatta

	0,00-0,20 m	Terreno Vegetale
	0,20-0,50 m	Limo sabbioso
	0,50 – 0,80	Ghiaia con matrice limoso sabbiosa
	0,80 – 2,20	Limo sabbioso
	2,20 – 4,00	Ghiaie sabbiose con ciottoli e a tratti con matrice limoso-sabbiosa

	0,00-0,70 m	Riporto costituito da limo sabbioso e frammenti di laterizi
	0,70-1,20 m	Demolizioni varie frammate a limo sabbioso
	1,20 – 2,50	Limo sabbioso
	2,50 – 3,00	Ghiaia in abbondante matrice limoso sabbiosa
	3,00 – 4,00	Ghiaie sabbiose con ciottoli

Per quanto riguarda la matrice “terreno” sono state seguite sia le metodiche di campionamento suggerite dal “Manuale per le indagini ambientali APAT” sia quanto previsto dall’Allegato 4 del D.P.R. n. 120/2017, avendo cura di escludere in campo la frazione granulometrica superiore a 2 cm.

Il Manuale per le indagini ambientali APAT stabilisce che il “campione deve essere il più possibile rappresentativo della matrice da cui proviene in modo tale da poter offrire, mediante l’analisi chimica, un quadro esaustivo dello stato qualitativo di quest’ultima”.

Tuttavia, la natura prevalentemente non uniforme dei terreni rende spesso difficile estendere le caratteristiche chimiche e fisiche di un singolo campione ad

una porzione estesa della matrice di provenienza; è per tale ragione che la caratterizzazione dei terreni, all'interno di un'area, deve prevedere un adeguato numero di campioni.

Per quanto concerne la fase di campionamento, su N. 3 trincee esplorative effettuate, sono stati prelevati N. 6 campioni di terreno rispettivamente nell'intervallo 0-2 m e 2-4 m.

Il criterio su cui si è basato il prelievo di materiale da sottoporre ad analisi è stato quello di ottenere un quadro più completo possibile dello stato chimico-fisico dei terreni.

Le fasi di scavo e di campionamento sono state documentate tramite fotografie che riportano l'ubicazione dei punti di prelievo, la successione stratigrafica riscontrata e le caratteristiche del materiale oggetto di campionamento.

Viene di seguito proposta una tabella riportante una sintesi dei campioni prelevati in corrispondenza di ogni trincea.

Il campionamento dei terreni è stato condotto secondo quanto previsto dall'allegato 4 del D.P.R. n. 120/2017, avendo cura di escludere in campo la frazione granulometrica superiore ai 2 cm.

La formazione dei campioni è stata effettuata con strumenti decontaminati dopo ogni operazione e con modalità adeguate ad evitare la modifica delle caratteristiche fisiche e la contaminazione dei campioni oggetto di prelievo.

Ogni campione è stato confezionato all'interno di un sacchetto sterile ed etichettato con le seguenti informazioni: data del prelievo, sigla identificativa del campione, tipologia di campione, strato di riferimento (profondità) e sito di provenienza.

Laboratorio Autorizzato dal Min. Infrastrutture CSLP con Decreto nr. 5089 del 18/06/2013, ai sensi dall'art. 59 del D.P.R. nr. 380/01

I campioni sono stati sigillati, etichettati e conservati alla temperatura di +4°C avvalendosi di un frigo portatile da campo. I campioni prelevati in situ sono stati inoltrati in tempi più brevi possibili, assieme a una copia del verbale di campionamento, al laboratorio chimico.

Il set analitico, di seguito riportato (cfr. Tabella 4.1 DPR 120/2017), consente di definire in maniera esaustiva le caratteristiche delle terre e rocce da scavo e di verificare la sussistenza dei requisiti di qualità ambientale necessari per qualificare le terre e rocce da scavo quali sottoprodotti, al fine di escludere che tale materiale sia un rifiuto ai sensi del DPR n. 120/2017 e rappresenti un potenziale rischio per la salute pubblica e l'ambiente.

Dato il ritrovamento di frammenti di demolizione nei primi 2 m della trincea TR3, su questo campione verrà eseguito anche il test di cessione.



6 . POSIZIONAMENTO SONDAGGI E CASSETTE CATALOGATRICI



Fig 2: Posizionamento per il sondaggio S1



Fig 3: Cassetta catalogatrice da 0 a 5 m del sondaggio S1



Fig 4: Cassetta catalogatrice da 5 a 10 m del sondaggio S1



Fig 5: Cassetta catalogatrice da 10 a 15 m del sondaggio S1



Fig 6: Posizionamento per il sondaggio S2



Fig 7: Cassetta catalogatrice da 0 a 5 m del sondaggio S2



Laboratorio Autorizzato dal Min. Infrastrutture CSLP con Decreto nr. 5089 del 18/06/2013, ai sensi dall'art. 59 del D.P.R. nr. 380/01



Fig 8: Cassetta catalogatrice da 5 a 10 m del sondaggio S2



Fig 9: Cassetta catalogatrice da 10 a 15 m del sondaggio S2



Fig 10: Posizionamento DPSH 1



Fig 11: Posizionamento DPSH 2



Fig 12: Posizionamento DPSH 3



Fig 13: Posizionamento Trincea 1



Fig 14: Posizionamento Trincea 2



Fig 15: Posizionamento Trincea 3

Lo sperimentatore
Dott. in Ing. Giuseppe Spampinato

Il direttore del Laboratorio
Dott. Dario Zulberti
Ordine dei Geologi Trentino-A.A. Iscr. N° 214

*Le stratigrafie dei sondaggi vengono indicate in calce alla
presente relazione.*

Committente MAK COSTRUZIONI SRL	Cantiere Arco (TN)	Indagine Geognostica	Riferimento ---	Sondaggio S1
Responsabile ---	Tipo Carotaggio CONTINUO	Tipo Sonda HYDRA JOY 2	Profondità Raggiunta 15 m	Quota Ass. P.C. ---
Inizio Esecuzione 30/03/2023	Termine Esecuzione 31/03/2023	Certificato n° 2590	Casse Catalogatrici 3	Note1

Scala [m]	Litologia	Descrizione	Quota	S.P.T.	Campioni	Falda	Piezometro
--------------	-----------	-------------	-------	--------	----------	-------	------------

1		Terreno vegetale composto da limo con matrice sabbiosa e clasti generalmente spigolosi con dmax pari a 2-3cm; colore marrone.	1.00	7 - 10 - 15 1.50 PC			
2		Ghiaia con matrice sabbiosa e clasti calcarei generalmente spigolosi aventi dmax pari a 2cm; colore nocciola.	2.00				
3		Sabbia con ghiaia composta da clasti calcarei generalmente spigolosi aventi un dmax pari a 4-5cm; colore grigio chiaro.	2.50				
4		Sabbia limosa molto compatta; colore nocciola.	3.00	19 - 22 - 37 3.00 PC			
5		Sabbia con ghiaia composta da clasti calcarei generalmente spigolosi aventi un dmax pari a 4cm; colore grigio chiaro.	5.00	12 - 26 - 38 4.50 PC	4.00 R 5.00		
6				8 - 14 - 17 6.00 PC			
7				9 - 12 - 12 7.50 PC			
8				7 - 20 - 19 9.00 PC			
9		Ghiaia con matrice sabbioso-limosa e clasti poligenici tendenzialmente non spigolosi aventi un dmax pari a 4cm; colore prevalentemente grigio. Presenza di livelli più sabbiosi tra 6.80-7.60. Si può osservare la presenza di un trovante a 6.80m.		10 - 16 - 12 10.50 PC			
10				6 - 9 - 9 12.00 PC			
11				5 - 7 - 9 13.50 PC			
12				6 - 14 - 18 15.00 PC			
13							
14							
15			15.00				

Campioni: S-Pareti Sottili, O-Osterberg, M-Mazier, R-Rimaneggiato , Rs-Rimaneggiato da SPT

Piezometro: ATA-Tubo Aperto, CSG-Casagrande

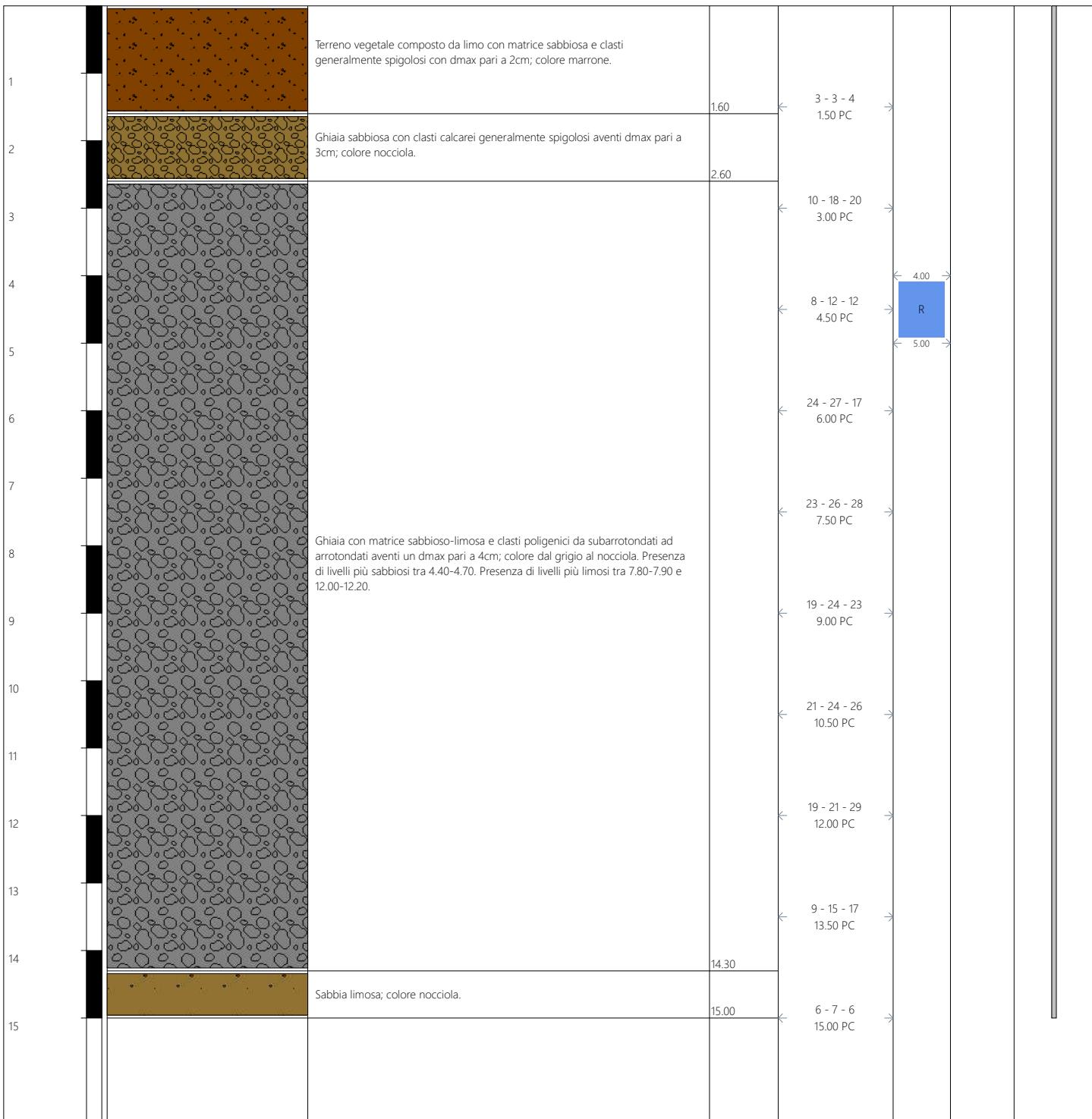
Prove SPT: PA-Punta Aperta, PC-Punta Chiusa

Carotaggio: CONTINUO

Sonda: HYDRA JOY 2

Committente MAK COSTRUZIONI SRL	Cantiere Arco (TN)	Indagine Geognostica	Riferimento ---	Sondaggio SPZ2
Responsabile ---	Tipo Carotaggio CONTINUO	Tipo Sonda HYDRA JOY 2	Profondità Raggiunta 15 m	Quota Ass. P.C. ---
Inizio Esecuzione 28/03/2023	Termine Esecuzione 28/03/2023	Certificato n° 2590	Casse Catalogatrici 3	Note1

Scala [m]	Litologia	Descrizione	Quota	S.P.T.	Campioni	Falda	Piezometro
							P-(1)



Campioni: S-Pareti Sottili, O-Osterberg, M-Mazier, R-Rimaneggiato, Rs-Rimaneggiato da SPT

Piezometro: ATA-Tubo Aperto, CSG-Casagrande

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

Carotaggio: CONTINUO

Sonda: HYDRA JOY 2

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA

Committente: MAK Costruzioni SRL Descrizione: Localita': Via Passirone - Arco (TN)	Codice commessa: 2590 Numero certificati allegati: 0
--	---

Caratteristiche Tecniche-Strumentali Sonda: DPSH (Dinamic Probing Super Heavy)

Rif. Norme	DIN 4094
Peso Massa battente	63.5 Kg
Altezza di caduta libera	0.75 m
Peso sistema di battuta	8 Kg
Diametro punta conica	51.00 mm
Area di base punta	20.43 cm ²
Lunghezza delle aste	1 m
Peso aste a metro	6.3 Kg/m
Profondita' giunzione prima asta	0.40 m
Avanzamento punta	0.20 m
Numero colpi per punta	N(20)
Coeff. Correlazione	1.5
Rivestimento/fanghi	No
Angolo di apertura punta	90 °

PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE CONTINUE
(DYNAMIC PROBING)
DPSH – DPM (... scpt ecc.)

Note illustrative - Diverse tipologie di penetrometri dinamici

La prova penetrometrica dinamica consiste nell'infiggere nel terreno una punta conica (per tratti consecutivi δ) misurando il numero di colpi N necessari.

Le Prove Penetrometriche Dinamiche sono molto diffuse ed utilizzate nel territorio da geologi e geotecnici, data la loro semplicità esecutiva, economicità e rapidità di esecuzione.

La loro elaborazione, interpretazione e visualizzazione grafica consente di “catalogare e parametrizzare” il suolo attraversato con un’immagine in continuo, che permette anche di avere un raffronto sulle consistenze dei vari livelli attraversati e una correlazione diretta con sondaggi geognostici per la caratterizzazione stratigrafica.

La sonda penetrometrica permette inoltre di riconoscere abbastanza precisamente lo spessore delle coltri sul substrato, la quota di eventuali falde e superfici di rottura sui pendii, e la consistenza in generale del terreno.

L'utilizzo dei dati, ricavati da correlazioni indirette e facendo riferimento a vari autori, dovrà comunque essere trattato con le opportune cautele e, possibilmente, dopo esperienze geologiche acquisite in zona.

Elementi caratteristici del penetrometro dinamico sono i seguenti:

- peso massa battente M;
- altezza libera caduta H;
- punta conica: diametro base cono D, area base A (angolo di apertura α);
- avanzamento (penetrazione) δ ;
- presenza o meno del rivestimento esterno (fanghi bentonitici).

Con riferimento alla classificazione ISSMFE (1988) dei diversi tipi di penetrometri dinamici (vedi tabella sotto riportata) si rileva una prima suddivisione in quattro classi (in base al peso M della massa battente) :

- tipo LEGGERO (DPL);
- tipo MEDIO (DPM);
- tipo PESANTE (DPH);
- tipo SUPERPESANTE (DPSH).

Classificazione ISSMFE dei penetrometri dinamici:

Tipos	Sigla di riferimento	peso della massa M (kg)	prof. max indagine battente (m)
Leggero	DPL (Light)	$M \leq 10$	8
Medio	DPM (Medium)	$10 < M < 40$	20-25

Pesante	DPH (Heavy)	$40 \leq M < 60$	25
Super pesante (Super Heavy)	DPSH	$M \geq 60$	25

penetrometri in uso in Italia

In Italia risultano attualmente in uso i seguenti tipi di penetrometri dinamici (non rientranti però nello Standard ISSMFE):

- DINAMICO LEGGERO ITALIANO (DL-30) (MEDIO secondo la classifica ISSMFE)
massa battente $M = 30$ kg, altezza di caduta $H = 0.20$ m, avanzamento $\delta = 10$ cm, punta conica ($\alpha=60-90^\circ$), diametro D 35.7 mm, area base cono $A=10 \text{ cm}^2$ rivestimento / fango bentonitico : talora previsto;
- DINAMICO LEGGERO ITALIANO (DL-20) (MEDIO secondo la classifica ISSMFE)
massa battente $M = 20$ kg, altezza di caduta $H=0.20$ m, avanzamento $\delta = 10$ cm, punta conica ($\alpha= 60-90^\circ$), diametro D 35.7 mm, area base cono $A=10 \text{ cm}^2$ rivestimento / fango bentonitico : talora previsto;
- DINAMICO PESANTE ITALIANO (SUPERPESANTE secondo la classifica ISSMFE)
massa battente $M = 73$ kg, altezza di caduta $H=0.75$ m, avanzamento $\delta=30$ cm, punta conica ($\alpha = 60^\circ$), diametro D = 50.8 mm, area base cono $A=20.27 \text{ cm}^2$ rivestimento: previsto secondo precise indicazioni;
- DINAMICO SUPERPESANTE (Tipo EMILIA)
massa battente $M=63.5$ kg, altezza caduta $H=0.75$ m, avanzamento $\delta=20-30$ cm, punta conica conica ($\alpha = 60^\circ-90^\circ$) diametro D = 50.5 mm, area base cono $A = 20 \text{ cm}^2$, rivestimento / fango bentonitico : talora previsto.

Correlazione con Nspt

Poiché la prova penetrometrica standard (SPT) rappresenta, ad oggi, uno dei mezzi più diffusi ed economici per ricavare informazioni dal sottosuolo, la maggior parte delle correlazioni esistenti riguardano i valori del numero di colpi Nspt ottenuto con la suddetta prova, pertanto si presenta la necessità di rapportare il numero di colpi di una prova dinamica con Nspt. Il passaggio viene dato da:

$$NSPT = \beta_t \cdot N$$

Dove:

$$\beta_t = \frac{Q}{Q_{SPT}}$$

in cui Q è l'energia specifica per colpo e Qspt è quella riferita alla prova SPT.

L'energia specifica per colpo viene calcolata come segue:

$$Q = \frac{M^2 \cdot H}{A \cdot \delta \cdot (M + M')}$$

in cui

- M peso massa battente.
- M' peso aste.
- H altezza di caduta.
- A area base punta conica.
- δ passo di avanzamento.

Valutazione resistenza dinamica alla punta Rpd

Formula Olandesi

$$Rpd = \frac{M^2 \cdot H}{[A \cdot e \cdot (M + P)]} = \frac{M^2 \cdot H \cdot N}{[A \cdot \delta \cdot (M + P)]}$$

- Rpd resistenza dinamica punta (area A).
- e infissione media per colpo (δ/ N).
- M peso massa battente (altezza caduta H).
- P peso totale aste e sistema battuta.

Calcolo di (N₁)₆₀

(N₁)₆₀ è il numero di colpi normalizzato definito come segue:

$$(N_1)_{60} = CN \cdot N60 \text{ con } CN = \sqrt{(Pa/\sigma_{vo})} \quad CN < 1.7 \quad Pa = 101.32 \text{ kPa} \quad (Liao e Whitman 1986)$$

$$N_{60} = N_{SPT} \cdot (ER/60) \cdot C_S \cdot C_r \cdot C_d$$

- ER/60 rendimento del sistema di infissione normalizzato al 60%.
- C_S parametro funzione della controcamicia (1.2 se assente).
- C_d funzione del diametro del foro (1 se compreso tra 65-115mm).
- C_r parametro di correzione funzione della lunghezza delle aste.

Metodologia di Elaborazione.

Le elaborazioni sono state effettuate mediante un programma di calcolo automatico Dynamic Probing della *GeoStru Software*.

Il programma calcola il rapporto delle energie trasmesse (coefficiente di correlazione con SPT) tramite le elaborazioni proposte da Pasqualini (1983) - Meyerhof (1956) - Desai (1968) - Borowczyk-Frankowsky (1981).

Permette inoltre di utilizzare i dati ottenuti dall'effettuazione di prove penetrometriche per estrapolare utili informazioni geotecniche e geologiche.

Una vasta esperienza acquisita, unitamente ad una buona interpretazione e correlazione, permettono spesso di ottenere dati utili alla progettazione e frequentemente dati maggiormente attendibili di tanti dati bibliografici sulle litologie e di dati geotecnici determinati sulle verticali litologiche da poche prove di laboratorio eseguite come rappresentazione generale di una verticale eterogenea disuniforme e/o complessa.

In particolare consente di ottenere informazioni su:

- l'andamento verticale e orizzontale degli intervalli stratigrafici,
- la caratterizzazione litologica delle unità stratigrafiche,
- i parametri geotecnici suggeriti da vari autori in funzione dei valori del numero dei colpi e delle resistenza alla punta.

Valutazioni statistiche e correlazioni

Elaborazione Statistica

Permette l'elaborazione statistica dei dati numerici di Dynamic Probing, utilizzando nel calcolo dei valori rappresentativi dello strato considerato un valore inferiore o maggiore della media aritmetica dello strato (dato comunque maggiormente utilizzato); i valori possibili in immissione sono :

Media

Media aritmetica dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Media minima

Valore statistico inferiore alla media aritmetica dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Massimo

Valore massimo dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Minimo

Valore minimo dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Scarto quadratico medio

Valore statistico di scarto dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Media deviata

Valore statistico di media deviata dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Media (+ s)

Media + scarto (valore statistico) dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Media (- s)

Media - scarto (valore statistico) dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Distribuzione normale R.C.

Il valore di $N_{spt,k}$ viene calcolato sulla base di una distribuzione normale o gaussiana, fissata una probabilità di non superamento del 5%, secondo la seguente relazione:

$$N_{spt,k} = N_{spt,medio} - 1.645 \cdot (\sigma_{Nspt})$$

dove σ_{Nspt} è la deviazione standard di N_{spt}

Distribuzione normale R.N.C.

Il valore di $N_{spt,k}$ viene calcolato sulla base di una distribuzione normale o gaussiana, fissata una probabilità di non superamento del 5%, trattando i valori medi di N_{spt} distribuiti normalmente:

$$N_{spt,k} = N_{spt,medio} - 1.645 \cdot (\sigma_{Nspt}) / \sqrt{n}$$

dove n è il numero di letture.

Pressione ammissibile

Pressione ammissibile specifica sull'interstrato (con effetto di riduzione energia per svergolamento aste o no) calcolata secondo le note elaborazioni proposte da Herminier, applicando un coefficiente di sicurezza (generalmente = 20-22) che corrisponde ad un coefficiente di sicurezza standard delle fondazioni pari a 4, con una geometria fondale standard di larghezza pari a 1 m ed immorsamento d = 1 m.

Correlazioni geotecniche terreni incoerenti

Liquefazione

Permette di calcolare utilizzando dati N_{spt} il potenziale di liquefazione dei suoli (prevalentemente sabbiosi).

Attraverso la relazione di *SHI-MING* (1982), applicabile a terreni sabbiosi, la liquefazione risulta possibile solamente se N_{spt} dello strato considerato risulta inferiore a N_{spt} critico calcolato con l'elaborazione di *SHI-MING*.

Correzione N_{spt} in presenza di falda

$$N_{spt\ corretto} = 15 + 0.5 \cdot (N_{spt} - 15)$$

N_{spt} è il valore medio nello strato

La correzione viene applicata in presenza di falda solo se il numero di colpi è maggiore di 15 (la correzione viene eseguita se tutto lo strato è in falda).

Angolo di Attrito

- Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof (1956) - Correlazione valida per terreni non molli a prof. < 5 m; correlazione valida per sabbie e ghiaie rappresenta valori medi. - Correlazione storica molto usata, valevole per prof. < 5 m per terreni sopra falda e < 8 m per terreni in falda (tensioni $< 8-10$ t/mq)
- Meyerhof (1956) - Correlazioni valide per terreni argillosi ed argilos-marnosi fessurati, terreni di riporto sciolti e coltri detritiche (da modifica sperimentale di dati).
- Sowers (1961)- Angolo di attrito in gradi valido per sabbie in genere (cond. ottimali per prof. < 4 m. sopra falda e < 7 m per terreni in falda) $\sigma > 5$ t/mq.
- De Mello - Correlazione valida per terreni prevalentemente sabbiosi e sabbioso-ghiaiosi (da modifica sperimentale di dati) con angolo di attrito $< 38^\circ$.
- Malcev (1964) - Angolo di attrito in gradi valido per sabbie in genere (cond. ottimali per prof. > 2 m e per valori di angolo di attrito $< 38^\circ$).
- Schmertmann (1977)- Angolo di attrito (gradi) per vari tipi litologici (valori massimi). N.B. valori spesso troppo ottimistici poiché desunti da correlazioni indirette da Dr %.
- Shioi-Fukuni (1982) - ROAD BRIDGE SPECIFICATION, Angolo di attrito in gradi valido per sabbie - sabbie fini o limose e limi siltosi (cond. ottimali per prof. di prova > 8 m sopra falda e > 15 m per terreni in falda) $\sigma > 15$ t/mq.
- Shioi-Fukuni (1982) - JAPANESE NATIONALE RAILWAY, Angolo di attrito valido per sabbie medie e grossolane fino a ghiaiose.
- Angolo di attrito in gradi (Owasaki & Iwasaki) valido per sabbie - sabbie medie e grossolane-ghiaiose (cond. ottimali per prof. > 8 m sopra falda e > 15 m per terreni in falda) $\sigma > 15$ t/mq.
- Meyerhof (1965) - Correlazione valida per terreni per sabbie con % di limo $< 5\%$ a profondità < 5 m e con (%) di limo $> 5\%$ a profondità < 3 m.
- Mitchell e Katti (1965) - Correlazione valida per sabbie e ghiaie.

Densità relativa (%)

- Gibbs & Holtz (1957) correlazione valida per qualunque pressione efficace, per ghiaie Dr viene sovrastimato, per limi sottostimato.
- Skempton (1986) elaborazione valida per limi e sabbie e sabbie da fini a grossolane NC a qualunque pressione efficace, per ghiaie il valore di Dr % viene sovrastimato, per limi sottostimato.
- Meyerhof (1957).

- Schultze & Menzenbach (1961) per sabbie fini e ghiaiose NC , metodo valido per qualunque valore di pressione efficace in depositi NC, per ghiaie il valore di Dr % viene sovrastimato, per limi sottostimato.

Modulo Di Young (E_y)

- Terzaghi - elaborazione valida per sabbia pulita e sabbia con ghiaia senza considerare la pressione efficace.
- Schmertmann (1978), correlazione valida per vari tipi litologici .
- Schultze-Menzenbach , correlazione valida per vari tipi litologici.
- D'Appollonia ed altri (1970) , correlazione valida per sabbia, sabbia SC, sabbia NC e ghiaia.
- Bowles (1982), correlazione valida per sabbia argillosa, sabbia limosa, limo sabbioso, sabbia media, sabbia e ghiaia.

Modulo Edometrico

Begemann (1974) elaborazione desunta da esperienze in Grecia, correlazione valida per limo con sabbia, sabbia e ghiaia

- Buismann-Sanglerat , correlazione valida per sabbia e sabbia argillosa.
- Farrent (1963) valida per sabbie, talora anche per sabbie con ghiaia (da modifica sperimentale di dati).
- Menzenbach e Malcev valida per sabbia fine, sabbia ghiaiosa e sabbia e ghiaia.

Stato di consistenza

- Classificazione A.G.I. 1977

Peso di Volume

- Meyerhof ed altri, valida per sabbie, ghiaie, limo, limo sabbioso.

Peso di volume saturo

- Terzaghi-Peck (1948-1967)

Modulo di poisson

- Classificazione A.G.I.

Potenziale di liquefazione (Stress Ratio)

- Seed-Idriss (1978-1981) . Tale correlazione è valida solamente per sabbie, ghiaie e limi sabbiosi, rappresenta il rapporto tra lo sforzo dinamico medio τ e la tensione verticale di consolidazione per la valutazione del potenziale di liquefazione delle sabbie e terreni sabbio-ghiaiosi attraverso grafici degli autori.

Velocità onde di taglio V_s (m/s)

- Tale correlazione è valida solamente per terreni incoerenti sabbiosi e ghiaiosi.

Modulo di deformazione di taglio (G)

- Ohsaki & Iwasaki – elaborazione valida per sabbie con fine plastico e sabbie pulite.
- Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982) elaborazione valida soprattutto per sabbie e per tensioni litostatiche comprese tra 0,5 - 4,0 kg/cmq.

Modulo di reazione (K_o)

- Navfac (1971-1982) - elaborazione valida per sabbie, ghiaie, limo, limo sabbioso.

Resistenza alla punta del Penetrometro Statico (Q_c)

- Robertson (1983) - Q_c

Correlazioni geotecniche terreni coesivi**Coesione non drenata**

- Benassi & Vannelli- correlazioni scaturite da esperienze ditta costruttrice Penetrometri SUNDA (1983).
- Terzaghi-Peck (1948-1967), correlazione valida per argille sabbiose-siltose NC con $N_{spt} < 8$, argille limose-siltose mediamente plastiche, argille marnose alterate-fessurate.
- Terzaghi-Peck (1948). C_u (min-max).
- Sanglerat , da dati Penetr. Statico per terreni coesivi saturi , tale correlazione non è valida per argille sensitive con sensitività > 5, per argille sovraconsolidate fessurate e per i limi a bassa plasticità.
- Sanglerat , (per argille limose-sabbiose poco coerenti), valori validi per resistenze penetrometriche < 10 colpi, per resistenze penetrometriche > 10 l'elaborazione valida è comunque quella delle "argille plastiche " di Sanglerat.
- (U.S.D.M.S.M.) U.S. Design Manual Soil Mechanics Coesione non drenata per argille limose e argille di bassa media ed alta plasticità , (C_u - N_{spt} -grado di plasticità).
- Schmertmann (1975), C_u (Kg/cmq) (valori medi), valida per **argille e limi argillosi** con $N_c = 20$ e $Q_c/N_{spt} = 2$.
- Schmertmann (1975), C_u (Kg/cmq) (valori minimi), valida per argille NC .
- Fletcher (1965), (Argilla di Chicago) . Coesione non drenata C_u (Kg/cmq), colonna valori validi per argille a medio-bassa plasticità.

- Houston (1960) - argilla di media-alta plasticità.
- Shioi-Fukuni (1982), valida per suoli poco coerenti e plastici, argilla di media-alta plasticità.
- Begemann.
- De Beer.

Resistenza alla punta del Penetrometro Statico (Qc)

- Robertson (1983) - Qc

Modulo Edometrico-Confinato (Mo)

- Stroud e Butler (1975),- per litotipi a media plasticità, valida per litotipi argilosi a media-medio-alta plasticità - da esperienze su argille glaciali.
- Stroud e Butler (1975), per litotipi a medio-bassa plasticità ($IP < 20$), valida per litotipi argilosi a medio-bassa plasticità ($IP < 20$) - da esperienze su argille glaciali .
- Vesic (1970), correlazione valida per argille molli (valori minimi e massimi).
- Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner Modulo Confinato -Mo (Eed) (Kg/cm^2), valida per litotipi argilosi e limosi-argilosi (rapporto $Qc/Nspt=1.5-2.0$).
- Buismann- Sanglerat, valida per argille compatte ($Nspt < 30$) medie e molli ($Nspt < 4$) e argille sabbiose ($Nspt = 6-12$).

Modulo Di Young (EY)

- Schultze-Menzenbach - (Min. e Max.), correlazione valida per limi coerenti e limi argilosi con I.P. > 15 .
- D'Appollonia ed altri (1983), correlazione valida per argille sature-argille fessurate.

Stato di consistenza

- Classificazione A.G.I. 1977.

Peso di Volume

- Meyerhof ed altri, valida per argille, argille sabbiose e limose prevalentemente coerenti.

Peso di volume saturo

- Meyerhof ed altri.

PROVA ...DPSH1

Strumento utilizzato...DPSH (Dinamic Probing Super Heavy)

Prova eseguita in data 29/03/2023

Profondita' prova 5.00 mt

Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondita' (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm ²)	Res. dinamica (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)
0.20	3	0.855	24.39	28.54	1.22	1.43
0.40	5	0.851	40.47	47.57	2.02	2.38
0.60	2	0.847	14.91	17.60	0.75	0.88
0.80	4	0.843	29.69	35.20	1.48	1.76
1.00	3	0.840	22.17	26.40	1.11	1.32
1.20	4	0.836	29.44	35.20	1.47	1.76
1.40	3	0.833	21.99	26.40	1.10	1.32
1.60	5	0.830	33.96	40.94	1.70	2.05
1.80	7	0.826	47.36	57.31	2.37	2.87
2.00	4	0.823	26.96	32.75	1.35	1.64
2.20	2	0.820	13.43	16.37	0.67	0.82
2.40	2	0.817	13.38	16.37	0.67	0.82
2.60	2	0.814	12.46	15.31	0.62	0.77
2.80	3	0.811	18.63	22.96	0.93	1.15
3.00	3	0.809	18.57	22.96	0.93	1.15
3.20	2	0.806	12.34	15.31	0.62	0.77
3.40	4	0.803	24.60	30.62	1.23	1.53
3.60	5	0.801	28.77	35.93	1.44	1.80
3.80	42	0.598	180.60	301.80	9.03	15.09
4.00	53	0.596	226.99	380.85	11.35	19.04
4.20	28	0.694	139.57	201.20	6.98	10.06
4.40	14	0.741	74.59	100.60	3.73	5.03
4.60	22	0.689	102.68	148.97	5.13	7.45
4.80	61	0.587	242.51	413.07	12.13	20.65
5.00	80	0.585	316.92	541.73	15.85	27.09

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm ²)	Tipo	Clay Fraction (%)	Peso unita' di volume (t/m ³)	Peso unita' di volume saturo (t/m ³)	Tension e efficace (Kg/cm ²)	Coeff. di correlaz. con Nspt	NSPT	Descrizi one
------------------------	------	-----------------------------	------	-------------------------	--	--	---	--	------	-----------------

PROVA ...DPSH2

Strumento utilizzato...DPSH (Dinamic Probing Super Heavy)

Prova eseguita in data 30/03/2023

Profondita' prova 4.60 mt

Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondita' (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm ²)	Res. dinamica (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)
0.20	1	0.855	8.13	9.51	0.41	0.48
0.40	2	0.851	16.19	19.03	0.81	0.95
0.60	2	0.847	14.91	17.60	0.75	0.88
0.80	2	0.843	14.84	17.60	0.74	0.88
1.00	2	0.840	14.78	17.60	0.74	0.88
1.20	3	0.836	22.08	26.40	1.10	1.32
1.40	5	0.833	36.65	44.00	1.83	2.20
1.60	3	0.830	20.38	24.56	1.02	1.23
1.80	4	0.826	27.06	32.75	1.35	1.64
2.00	4	0.823	26.96	32.75	1.35	1.64
2.20	4	0.820	26.86	32.75	1.34	1.64
2.40	5	0.817	33.45	40.94	1.67	2.05
2.60	10	0.814	62.32	76.54	3.12	3.83
2.80	10	0.811	62.11	76.54	3.11	3.83
3.00	3	0.809	18.57	22.96	0.93	1.15
3.20	1	0.806	6.17	7.65	0.31	0.38
3.40	2	0.803	12.30	15.31	0.61	0.77
3.60	2	0.801	11.51	14.37	0.58	0.72
3.80	4	0.798	22.95	28.74	1.15	1.44
4.00	3	0.796	17.16	21.56	0.86	1.08
4.20	7	0.794	39.92	50.30	2.00	2.52
4.40	53	0.591	225.25	380.85	11.26	19.04
4.60	80	0.589	319.21	541.73	15.96	27.09

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm ²)	Tipo	Clay Fraction (%)	Peso unita' di volume (t/m ³)	Peso unita' di volume saturo (t/m ³)	Tension e efficace (Kg/cm ²)	Coeff. di correlaz. con Nspt	NSPT	Descrizi one
------------------------	------	-----------------------------	------	-------------------------	--	--	---	--	------	-----------------

PROVA ...DPSH3

Strumento utilizzato...DPSH (Dinamic Probing Super Heavy)

Prova eseguita in data 30/03/2023

Profondita' prova 5.80 mt

Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondita' (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm ²)	Res. dinamica (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)
0.20	1	0.855	8.13	9.51	0.41	0.48
0.40	2	0.851	16.19	19.03	0.81	0.95
0.60	2	0.847	14.91	17.60	0.75	0.88
0.80	1	0.843	7.42	8.80	0.37	0.44
1.00	2	0.840	14.78	17.60	0.74	0.88
1.20	3	0.836	22.08	26.40	1.10	1.32
1.40	2	0.833	14.66	17.60	0.73	0.88
1.60	3	0.830	20.38	24.56	1.02	1.23
1.80	3	0.826	20.30	24.56	1.01	1.23
2.00	2	0.823	13.48	16.37	0.67	0.82
2.20	5	0.820	33.57	40.94	1.68	2.05
2.40	12	0.817	80.28	98.25	4.01	4.91
2.60	8	0.814	49.86	61.23	2.49	3.06
2.80	14	0.761	81.59	107.15	4.08	5.36
3.00	17	0.759	98.72	130.12	4.94	6.51
3.20	38	0.656	190.80	290.85	9.54	14.54
3.40	28	0.703	150.75	214.31	7.54	10.72
3.60	30	0.701	151.09	215.57	7.55	10.78
3.80	27	0.698	135.50	194.02	6.78	9.70
4.00	31	0.646	143.91	222.76	7.20	11.14
4.20	28	0.694	139.57	201.20	6.98	10.06
4.40	35	0.641	161.32	251.50	8.07	12.58
4.60	18	0.739	90.10	121.89	4.51	6.09
4.80	24	0.687	111.67	162.52	5.58	8.13
5.00	31	0.635	133.30	209.92	6.67	10.50
5.20	14	0.733	69.49	94.80	3.47	4.74
5.40	26	0.681	119.91	176.06	6.00	8.80
5.60	56	0.579	207.64	358.54	10.38	17.93
5.80	74	0.577	273.51	473.79	13.68	23.69

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm ²)	Tipo	Clay Fraction (%)	Peso unita' di volume	Peso unita' di volume	Tension e efficace	Coeff. di correlaz.	NSPT	Descrizi one
------------------------	------	-----------------------------	------	-------------------------	-----------------------------	-----------------------------	--------------------------	---------------------------	------	-----------------

					(t/m ³)	saturo (t/m ³)	(Kg/cm ²)	con Nspt		
--	--	--	--	--	---------------------	-------------------------------	-----------------------	-------------	--	--

Indice

PROVA ...DPSH1	.10
PROVA ...DPSH2	.11
PROVA ...DPSH3	.12
Indice	.15



PROVE DI LABORATORIO

COMMITTENTE: **MAK COSTRUZIONI SRL**

Descrizione prove:

Su richiesta del Cliente, è stata eseguita una serie di prove di laboratorio su dei campioni relativi al lavoro: "Via Passirone Arco"

Commessa **Prove eseguite**

L-0577 nr. 2 Analisi granulometrica ad umido con sedimentazione
 nr. 2 Prova di taglio diretto

Allegati alla relazione: 4 certificati di prova

Distinti Saluti

Data: 12/04/2023

TECNOVERIFICHE S.R.L.

Laboratorio Geotecnico Certificato

AutORIZZAZIONE Min. Infr. QSLP con Decr. nr. 5089

Loc. Saletti 5 - 38049 Altopiano della Vigolana (TN)

P.IVA 02115300226

Tel. 0461 522038 - Fax 0461 847292



**ANALISI GRANULOMETRICA PER SETACCIATURA E SEDIMENTAZIONE
NORMA 17892-4 / ASTM D442-02**

DATA CERT. DI PROVA	12/04/2023			NUMERO CERTIFICATO DI PROVA	L-0577-001-111
COMMITTENTE	MAK COSTRUZIONI			OPERA	Via Passirone Arco
DATA PRELIEVO/RICEV.	28/03/2023	DATA APERTURA	28/03/2023	DIREZIONE LAVORI	---
UBICAZIONE PRELIEVO	---			TIPO DI CAMPIONE	S1 (4,0-5,0)
DATA INIZIO PROVA	11/04/2023			DATA FINE PROVA	12/04/2023

Apertura setacci (mm)	Trattenuto parziale (gr)	Passante cumulativo (%)	Trattenuto cumulativo (%)
125,000	0,0	100,00	0,0
100,000	0,0	100,00	0,0
90,000	0,0	100,00	0,0
80,000	0,0	100,00	0,0
63,000	0,0	100,00	0,0
56,000	0,0	100,00	0,0
45,000	0,0	100,00	0,0
40,000	0,0	100,00	0,0
31,500	189,1	91,28	8,7
22,400	132,7	85,16	14,8
20,000	27,1	83,91	16,1
16,000	41,2	82,01	18,0
14,000	29,6	80,65	19,4
12,500	28,0	79,36	20,6
11,200	30,5	77,95	22,0
10,000	35,9	76,30	23,7
8,000	44,6	74,24	25,8
6,300	46,9	72,08	27,9
5,600	35,8	70,43	29,6
4,000	62,3	67,55	32,4
2,000	135,3	61,32	38,7
1,000	129,2	55,36	44,6
0,500	136,4	49,07	50,9
0,250	123,8	43,36	56,6
0,125	106,5	38,45	61,6
0,063	80,8	34,72	65,3
Fondo	1,5	34,66	65,3
Pass. Totale	753,1		
TOTALE	2.168,8	Passante	34,72%

FASE DI SETACCIATURA

Tipo di analisi	A UMIDO
Peso lordo pre-lavaggio (g)	3.547,7
Peso lordo post-lavaggio (g)	2.796,1
Tara contenitore (g)	1.376,2
Verifica validità: < 1,00%	0,19%

Ciotoli	0,0	%
Ghiaia	38,7	%
Sabbia	26,6	%
Limo	31,1	%
Argilla	3,7	%

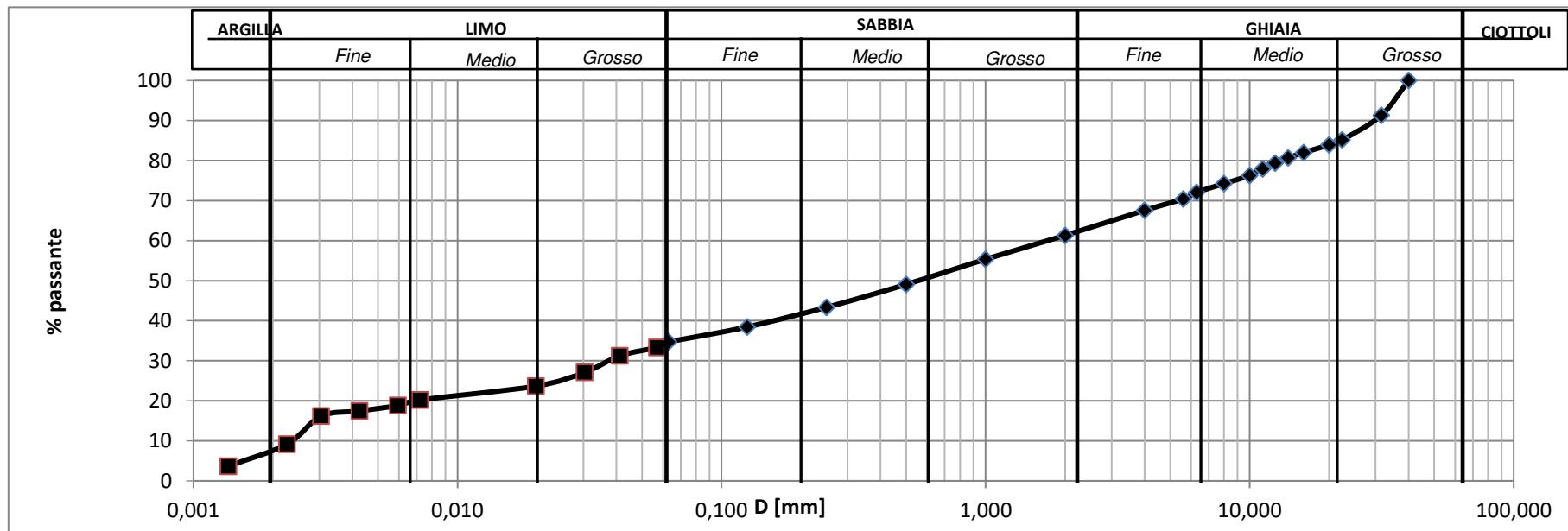


ANALISI GRANULOMETRICA PER SETACCIATURA E SEDIMENTAZIONE

NORMA 17892-4 / ASTM D442-02

DATA CERT. DI PROVA	12/04/2023			NUMERO CERTIFICATO DI PROVA	L-0577-001-111
COMMITTENTE	MAK COSTRUZIONI			OPERA	Via Passirone Arco
DATA PRELIEVO/RICEV.	28/03/2023	DATA APERTURA	28/03/2023	DIREZIONE LAVORI	---
UBICAZIONE PRELIEVO	---			TIPO DI CAMPIONE	S1 (4,0-5,0)
DATA INIZIO PROVA	11/04/2023			DATA FINE PROVA	12/04/2023

CURVA GRANULOMETRICA





**ANALISI GRANULOMETRICA PER SETACCIATURA E SEDIMENTAZIONE
NORMA 17892-4 / ASTM D442-02**

DATA CERT. DI PROVA	12/04/2023			NUMERO CERTIFICATO DI PROVA			L-0577-001-111
COMMITTENTE	MAK COSTRUZIONI			OPERA			Via Passirone Arco
DATA PRELIEVO/RICEV.	28/03/2023	DATA APERTURA	28/03/2023	DIREZIONE LAVORI			---
UBICAZIONE PRELIEVO	---			TIPO DI CAMPIONE			S1 (4,0-5,0)
DATA INIZIO PROVA	11/04/2023			DATA FINE PROVA			12/04/2023

Tempo	Lettura aerometro	Temperatura	Correzione temperatura	Profondità effettiva mm	Lettura	% in sospensione	Diametro grani mm	Percentuale assoluta %
0,30	1,0275	18,0	-0,34	90,23	24,155	95,91%	0,0570	33,3043207
1,00	1,0260	18,0	-0,34	94,20	22,655	89,95%	0,0412	31,236184
2,00	1,0230	18,0	-0,34	102,13	19,655	78,04%	0,0303	27,0999105
5,00	1,0205	18,0	-0,34	108,75	17,155	68,12%	0,0198	23,6530159
40,00	1,0180	18,1	-0,34	115,36	14,655	58,19%	0,0072	20,2061213
60,00	1,0170	18,1	-0,34	118,01	13,655	54,22%	0,0059	18,8273634
120,00	1,0160	18,0	-0,34	120,65	12,655	50,25%	0,0043	17,4486056
240,00	1,0150	18,7	-0,26	123,30	11,735	46,60%	0,0030	16,1798291
480,00	1,0100	18,3	-0,34	136,52	6,6553	26,43%	0,0023	9,17605857
1440,00	1,0060	18,0	-0,34	147,11	2,6553	10,54%	0,0014	3,66102721

Massa secca iniziale	40,00	g
Massa vol. del grano	2,70	

Correzione menisco	0,5
Correzione disperdente	3,5
Passante al setaccio	34,72%

FASE DI SEDIMENTAZIONE

Per la fase di sedimentazione
è stato usato una soluzione
di esametafosfato di sodio
in concentrazione 40 g/l

Lo sperimentatore

Dott. Giuseppe Spampinato

Il direttore del Laboratorio

Dott. Dario Zulberti

Geologo

Ordine dei Geologi Trentino-A.A. Iscrizione nr. 214

Documento con firma digitale avanzata ai sensi della normativa vigente. Il presente Certificato non può essere riprodotto parzialmente, salvo autorizzazione scritta di Tecnoverifiche.

Pagina 3 di 3



**ANALISI GRANULOMETRICA PER SETACCIATURA E SEDIMENTAZIONE
NORMA 17892-4 / ASTM D442-02**

DATA CERT. DI PROVA	12/04/2023			NUMERO CERTIFICATO DI PROVA	L-0577-002-111
COMMITTENTE	MAK COSTRUZIONI			OPERA	Via Passirone Arco
DATA PRELIEVO/RICEV.	28/03/2023	DATA APERTURA	28/03/2023	DIREZIONE LAVORI	---
UBICAZIONE PRELIEVO	---			TIPO DI CAMPIONE	SPZ 2 (4,0-5,0)
DATA INIZIO PROVA	11/04/2023			DATA FINE PROVA	12/04/2023

Apertura setacci (mm)	Trattenuto parziale (gr)	Passante cumulativo (%)	Trattenuto cumulativo (%)
125,000	0,0	100,00	0,0
100,000	0,0	100,00	0,0
90,000	0,0	100,00	0,0
80,000	0,0	100,00	0,0
63,000	0,0	100,00	0,0
56,000	338,0	87,23	12,8
45,000	0,0	87,23	12,8
40,000	0,0	87,23	12,8
31,500	0,0	87,23	12,8
22,400	114,3	82,91	17,1
20,000	11,9	82,46	17,5
16,000	63,0	80,08	19,9
14,000	64,9	77,62	22,4
12,500	42,7	76,01	24,0
11,200	35,9	74,65	25,3
10,000	48,1	72,84	27,2
8,000	81,3	69,76	30,2
6,300	92,0	66,29	33,7
5,600	47,6	64,49	35,5
4,000	139,1	59,23	40,8
2,000	260,2	49,40	50,6
1,000	240,1	40,32	59,7
0,500	240,7	31,23	68,8
0,250	166,8	24,92	75,1
0,125	121,9	20,32	79,7
0,063	70,6	17,65	82,4
Fondo	2,7	17,55	82,5
Pass. Totale	467,0		
TOTALE	2.646,1	Passante	17,65%

FASE DI SETACCIATURA

Tipo di analisi	A UMIDO
Peso lordo pre-lavaggio (g)	4.020,2
Peso lordo post-lavaggio (g)	3.555,9
Tara contenitore (g)	1.373,8
Verifica validità: < 1,00%	0,01%

Ciotoli	0,0	%
Ghiaia	50,6	%
Sabbia	31,7	%
Limo	16,5	%
Argilla	1,2	%

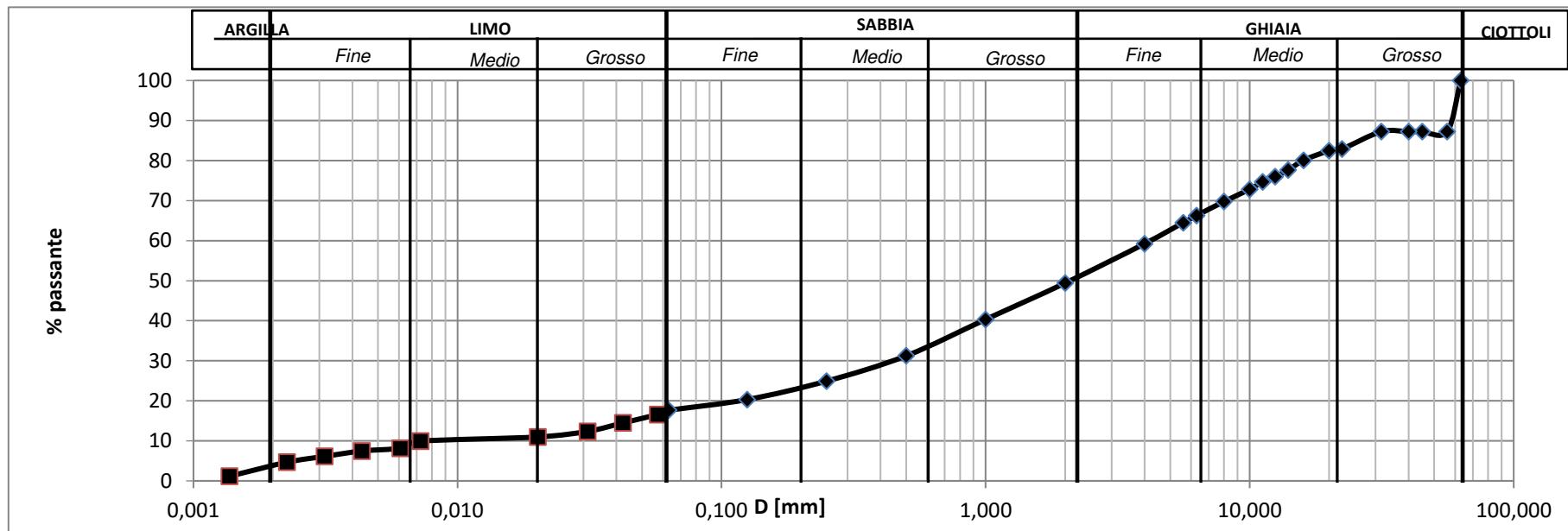


ANALISI GRANULOMETRICA PER SETACCIATURA E SEDIMENTAZIONE

NORMA 17892-4 / ASTM D442-02

DATA CERT. DI PROVA	12/04/2023			NUMERO CERTIFICATO DI PROVA	L-0577-002-111
COMMITTENTE	MAK COSTRUZIONI			OPERA	Via Passirone Arco
DATA PRELIEVO/RICEV.	28/03/2023	DATA APERTURA	28/03/2023	DIREZIONE LAVORI	---
UBICAZIONE PRELIEVO	---			TIPO DI CAMPIONE	SPZ 2 (4,0-5,0)
DATA INIZIO PROVA	11/04/2023			DATA FINE PROVA	12/04/2023

CURVA GRANULOMETRICA





**ANALISI GRANULOMETRICA PER SETACCIATURA E SEDIMENTAZIONE
NORMA 17892-4 / ASTM D442-02**

DATA CERT. DI PROVA	12/04/2023			NUMERO CERTIFICATO DI PROVA			L-0577-002-111
COMMITTENTE	MAK COSTRUZIONI			OPERA			Via Passirone Arco
DATA PRELIEVO/RICEV.	28/03/2023	DATA APERTURA	28/03/2023	DIREZIONE LAVORI			---
UBICAZIONE PRELIEVO	---			TIPO DI CAMPIONE			SPZ 2 (4,0-5,0)
DATA INIZIO PROVA	11/04/2023			DATA FINE PROVA			12/04/2023

Tempo	Lettura aerometro	Temperatura	Correzione temperatura	Profondità effettiva mm	Lettura	% in sospensione	Diametro grani mm	Percentuale assoluta %
0,30	1,0270	18,0	-0,34	91,55	23,655	93,93%	0,0574	16,5765479
1,00	1,0240	18,0	-0,34	99,49	20,655	82,01%	0,0423	14,4742864
2,00	1,0210	18,0	-0,34	107,42	17,655	70,10%	0,0311	12,3720249
5,00	1,0190	18,0	-0,34	112,71	15,655	62,16%	0,0201	10,9705173
40,00	1,0175	18,1	-0,34	116,68	14,155	56,20%	0,0072	9,91938653
60,00	1,0150	18,1	-0,34	123,30	11,655	46,28%	0,0061	8,16750196
120,00	1,0140	18,0	-0,34	125,94	10,655	42,31%	0,0043	7,46674813
240,00	1,0120	18,7	-0,26	131,23	8,7351	34,68%	0,0031	6,12113852
480,00	1,0100	18,3	-0,34	136,52	6,6553	26,43%	0,0023	4,66373281
1440,00	1,0050	18,0	-0,34	149,75	1,6553	6,57%	0,0014	1,15996367

Massa secca iniziale	40,00	g
Massa vol. del grano	2,70	

Correzione menisco	0,5
Correzione disperdente	3,5
Passante al setaccio	17,65%

FASE DI SEDIMENTAZIONE

Per la fase di sedimentazione
è stato usato una soluzione
di esametafosfato di sodio
in concentrazione 40 g/l

Lo sperimentatore

Dott. Giuseppe Spampinato

Il direttore del Laboratorio

Dott. Dario Zulberti

Geologo

Ordine dei Geologi Trentino-A.A. Iscrizione nr. 214

Documento con firma digitale avanzata ai sensi della normativa vigente. Il presente Certificato non può essere riprodotto parzialmente, salvo autorizzazione scritta di Tecnoverifiche.

Pagina 3 di 3



PROVA DI TAGLIO DIRETTO

NORMA UNI EN 17892-10

DATA CERT. DI PROVA	12/04/2023		NUMERO CERT. DI PROVA	L-0577-001-077
COMMITTENTE	MAK COSTRUZIONI		OPERA	Via Passirone Arco
DATA PRELIEVO/RICEVIM.	28/03/2023		DIREZIONE LAVORI	---
DATA APERTURA	28/03/2023		UBICAZIONE PRELIEVO	S1 (4,0-5,0)
NUMERO DELLA PROVA	Prova 1		DATA FINE PROVA	12/04/2023
DATA INIZIO PROVA	05/04/2023	NOTE VARIE	CD - RICOSTITUITO	

1. CARATTERISTICHE INIZIALI DEI PROVINI

	Mu. iniz.	Mu fin.	Ms	γ in.	γ fin.	γ_s in.	γ_s fin.	% H_2O in.	% H_2O fin.
	[g]	[g]	[g]	[Mg/m ³]	[Mg/m ³]	[Mg/m ³]	[Mg/m ³]	%	%
PROVINO 1	154,7	151,2	134,90	21,071	21,220	18,374	18,932	14,68%	12,08%
PROVINO 2	154,7	150	134,10	21,071	21,948	18,265	19,622	15,36%	11,86%
PROVINO 3	152,5	148	133,00	20,771	21,734	18,115	19,532	14,66%	11,28%

Legenda:

Mu = massa umida

g = peso di volume

Ms = massa secca

gs = peso di volume secco

Massa volumica del grano

2,70

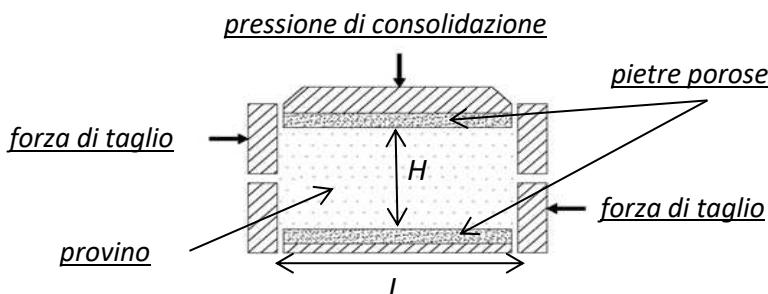
calcolata presunta

2. CARATTERISTICHE DELLA PROVA

Per prove con provini ricostituiti: il materiale utilizzato per la prova è costituito della frazione del campione passante al setaccio di apertura 4 mm; successivamente il campione viene umidificato e ricostituito attraverso pestellatura manuale.

La scatola di taglio di Casagrande a base quadrata ha dimensioni L X L X H = 60 x 60 x 20 mm.

Campione sommerso durante la prova.



MACCHINE UTILIZZATE PER LA PROVA	
prov. 1	Tecnotest T665/N s/N 10048/01
prov. 2	Tecnotest T665/N s/N 10048/02
prov. 3	Tecnotest T665/N s/N 10048/01

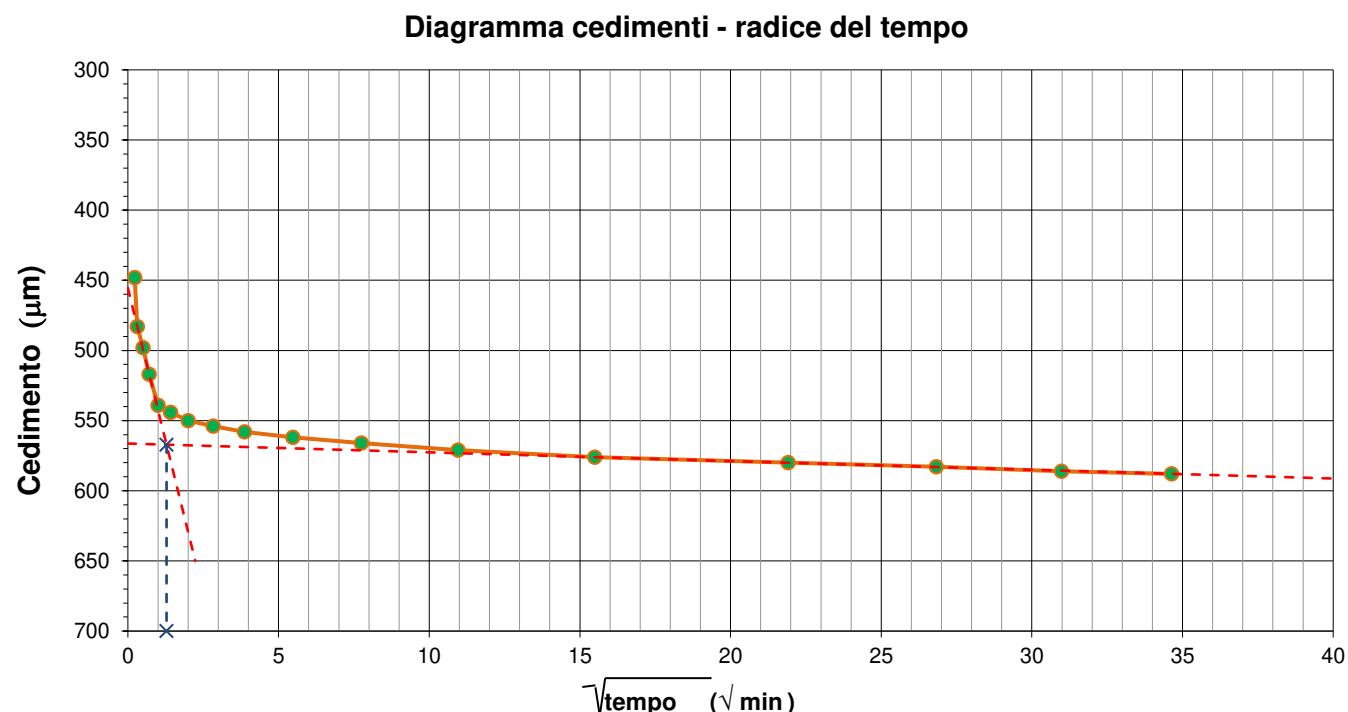
Tipo di prova
 CD CU

	CONSOLIDAZIONE				ROTTURA	
	Lato	H in.	H fin.	Pressione s_n	Tempo	Vel. imposta v_f
	[mm]	[mm]	[mm]	[kPa]	[min]	[mm/min]
PROVINO 1	60,00	20,00	19,41	100,00	1,65	0,00833
PROVINO 2	60,00	20,00	18,62	200,00	1,54	0,00833
PROVINO 3	60,00	20,00	18,55	300,00	2,07	0,00833

3. FASE DI CONSOLIDAZIONE PRIMARIA (100 kPa) - PROVINO 1

NUMERO CERT. DI PROVA L-0577-001-077

Tempo	Verticale	Tempo	$\sqrt{\text{Tempo}}$	Cedimenti
[s]	[μm]	[min]	[$\sqrt{\text{min}}$]	[μm]
3	-448	0,05	0,22	448
6	-483	0,10	0,32	483
15	-498	0,25	0,50	498
30	-517	0,50	0,71	517
60	-539	1,00	1,00	539
120	-544	2,00	1,41	544
240	-550	4,00	2,00	550
480	-554	8,00	2,83	554
900	-558	15,00	3,87	558
1800	-562	30,00	5,48	562
3600	-566	60,00	7,75	566
7200	-571	120,00	10,95	571
14400	-576	240,00	15,49	576
28800	-580	480,00	21,91	580
43200	-583	720,00	26,83	583
57600	-586	960,00	30,98	586
72000	-588	1200,00	34,64	588
86400	-590	1440,00	37,95	590



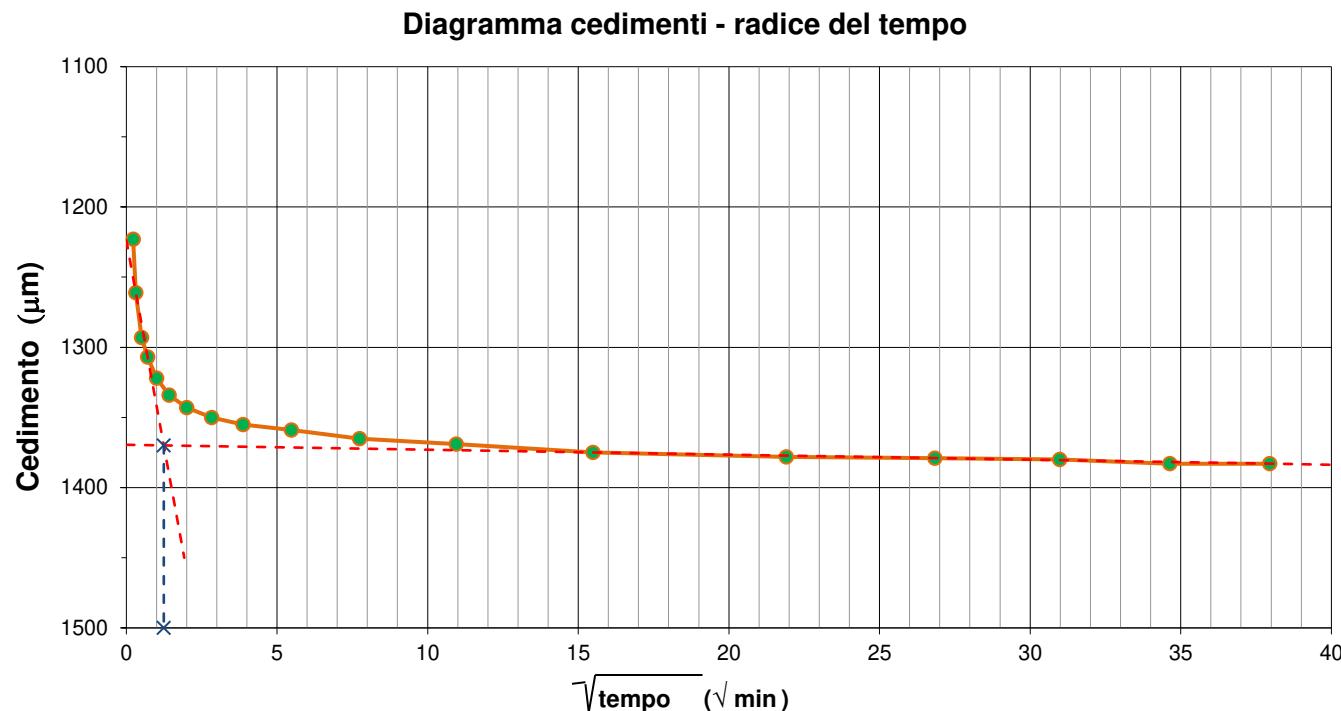
<u>Deformazioni</u>	H iniziale =	20,00 mm
	H finale =	19,41 mm

<u>Tempo di consolidazione (t_{100})</u>	$\sqrt{t_{100}} =$	1,28 min
	$t_{100} =$	1,65 min

4. FASE DI CONSOLIDAZIONE PRIMARIA (200 kPa) - PROVINO 2

NUMERO CERT. DI PROVA L-0577-001-077

Tempo	Verticale	Tempo	$\sqrt{\text{Tempo}}$	Cedimenti
[s]	[μm]	[min]	[$\sqrt{\text{min}}$]	[μm]
3	-1223	0,05	0,22	1223
6	-1261	0,10	0,32	1261
15	-1293	0,25	0,50	1293
30	-1307	0,50	0,71	1307
60	-1322	1,00	1,00	1322
120	-1334	2,00	1,41	1334
240	-1343	4,00	2,00	1343
480	-1350	8,00	2,83	1350
900	-1355	15,00	3,87	1355
1800	-1359	30,00	5,48	1359
3600	-1365	60,00	7,75	1365
7200	-1369	120,00	10,95	1369
14400	-1375	240,00	15,49	1375
28800	-1378	480,00	21,91	1378
43200	-1379	720,00	26,83	1379
57600	-1380	960,00	30,98	1380
72000	-1383	1200,00	34,64	1383
86400	-1383	1440,00	37,95	1383



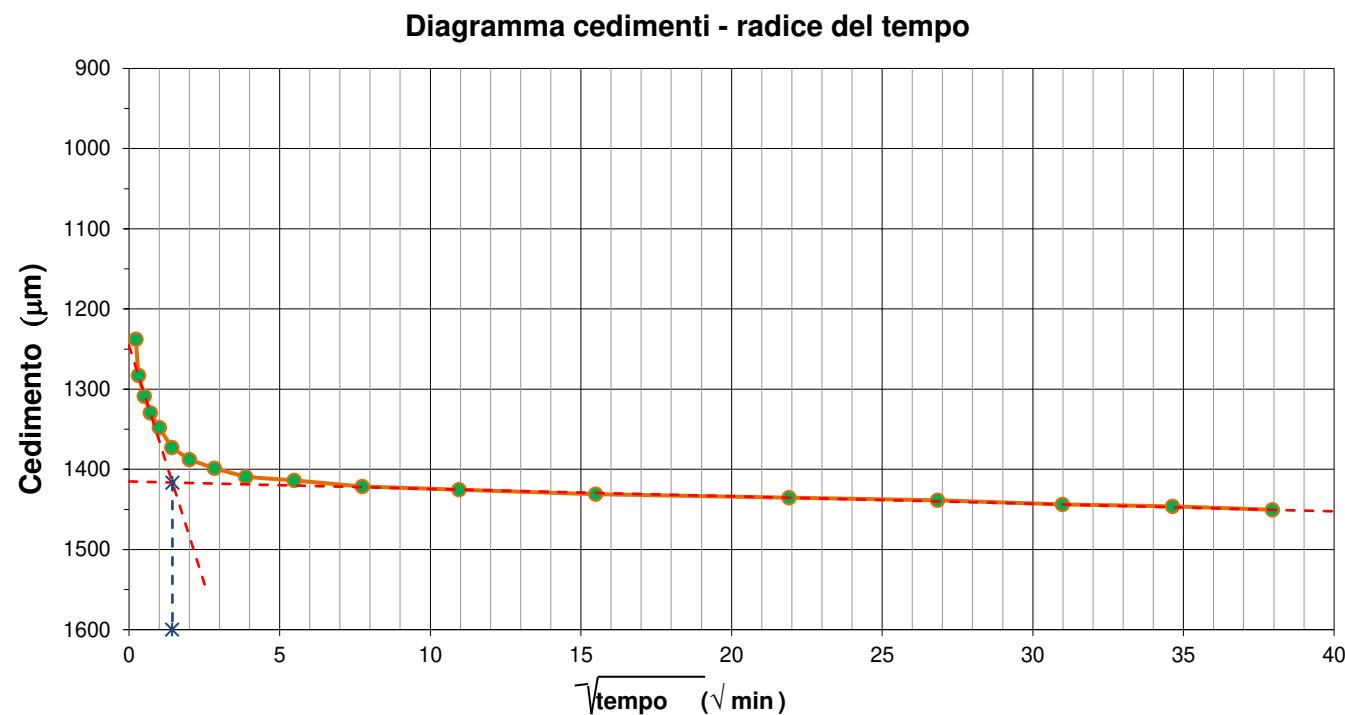
<u>Deformazioni</u>	H iniziale =	20,00 mm
	H finale =	18,62 mm

<u>Tempo di consolidazione (t_{100})</u>	$\sqrt{t_{100}} =$	1,24 min
	$t_{100} =$	1,54 min

5. FASE DI CONSOLIDAZIONE PRIMARIA (300 kPa) - PROVINO 3

NUMERO CERT. DI PROVA L-0577-001-077

Tempo	Verticale	Tempo	$\sqrt{\text{Tempo}}$	Cedimenti
[s]	[μm]	[min]	[$\sqrt{\text{min}}$]	[μm]
3	-1238	0,05	0,22	1238
6	-1283	0,10	0,32	1283
15	-1309	0,25	0,50	1309
30	-1329	0,50	0,71	1329
60	-1348	1,00	1,00	1348
120	-1373	2,00	1,41	1373
240	-1388	4,00	2,00	1388
480	-1399	8,00	2,83	1399
900	-1409	15,00	3,87	1409
1800	-1414	30,00	5,48	1414
3600	-1421	60,00	7,75	1421
7200	-1426	120,00	10,95	1426
14400	-1431	240,00	15,49	1431
28800	-1435	480,00	21,91	1435
43200	-1439	720,00	26,83	1439
57600	-1444	960,00	30,98	1444
72000	-1446	1200,00	34,64	1446
86400	-1450	1440,00	37,95	1450



<u>Deformazioni</u>	H iniziale =	20,00 mm
	H finale =	18,55 mm

<u>Tempo di consolidazione (t_{100})</u>	$\sqrt{t_{100}} =$	1,44 min
	$t_{100} =$	2,07 min



6. ACQUISIZIONE DATI DELLA FASE DI ROTTURA

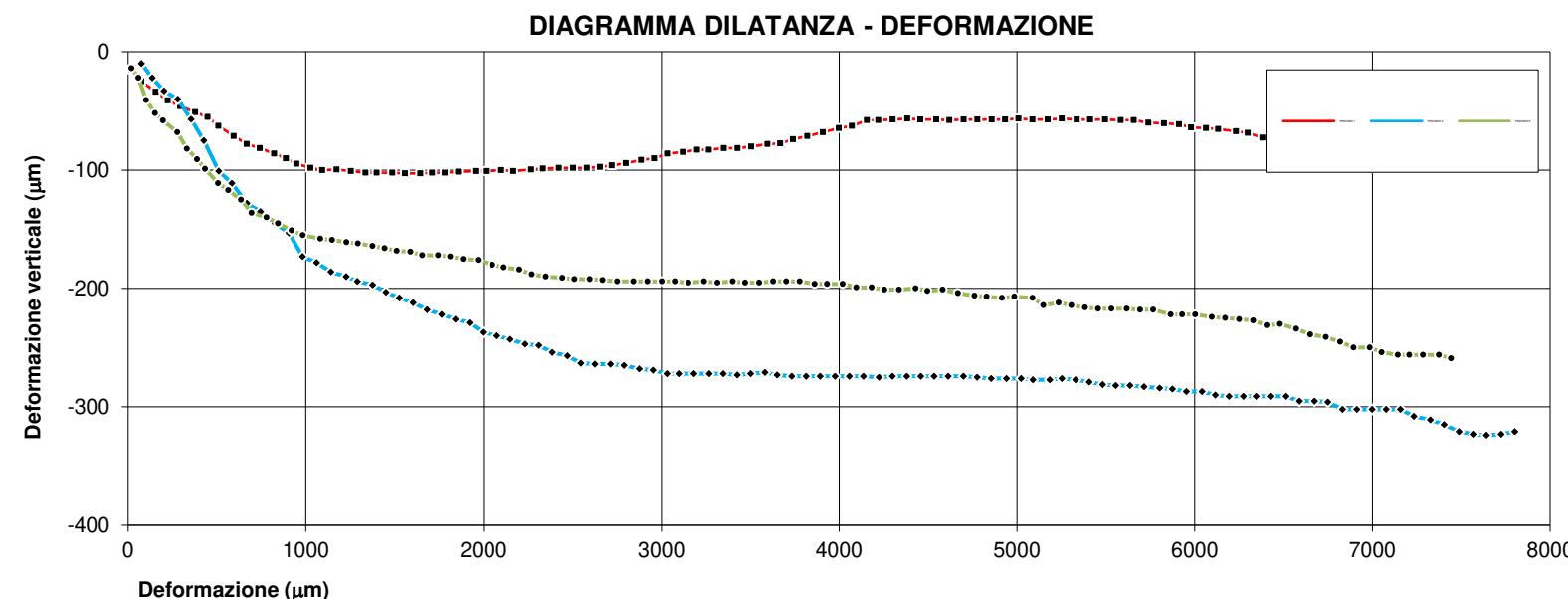
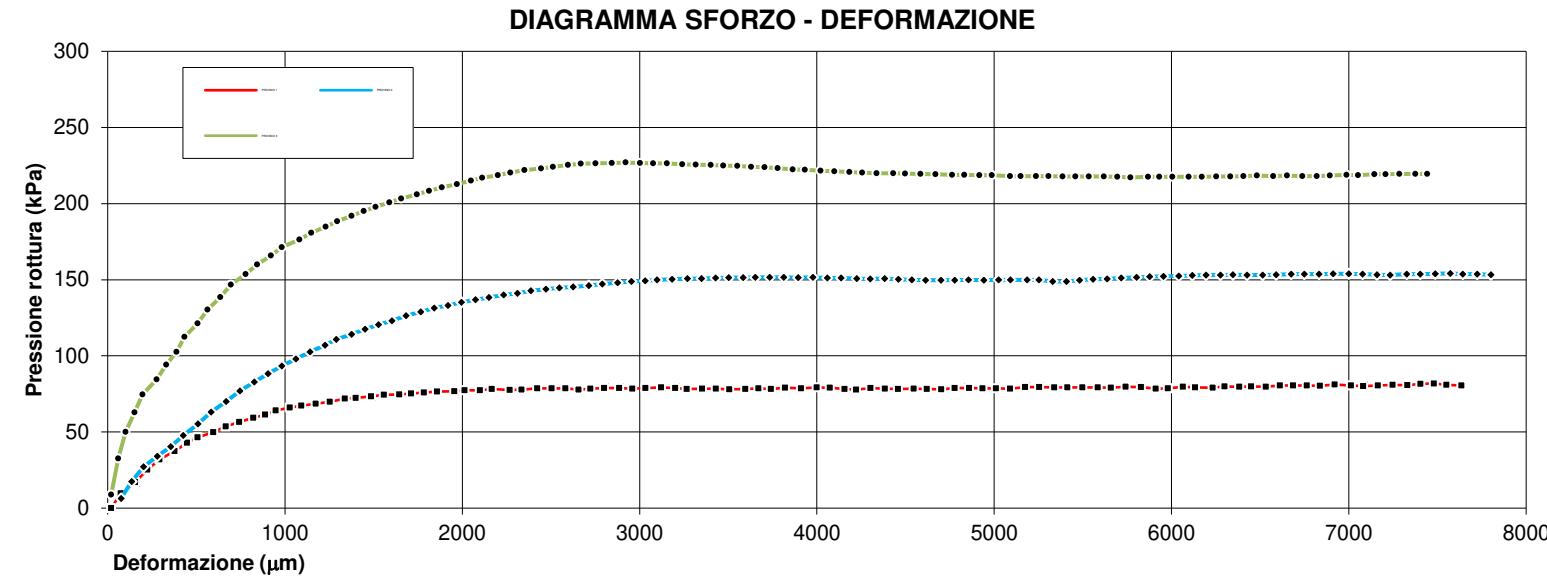
NUMERO CERT. DI PROVA

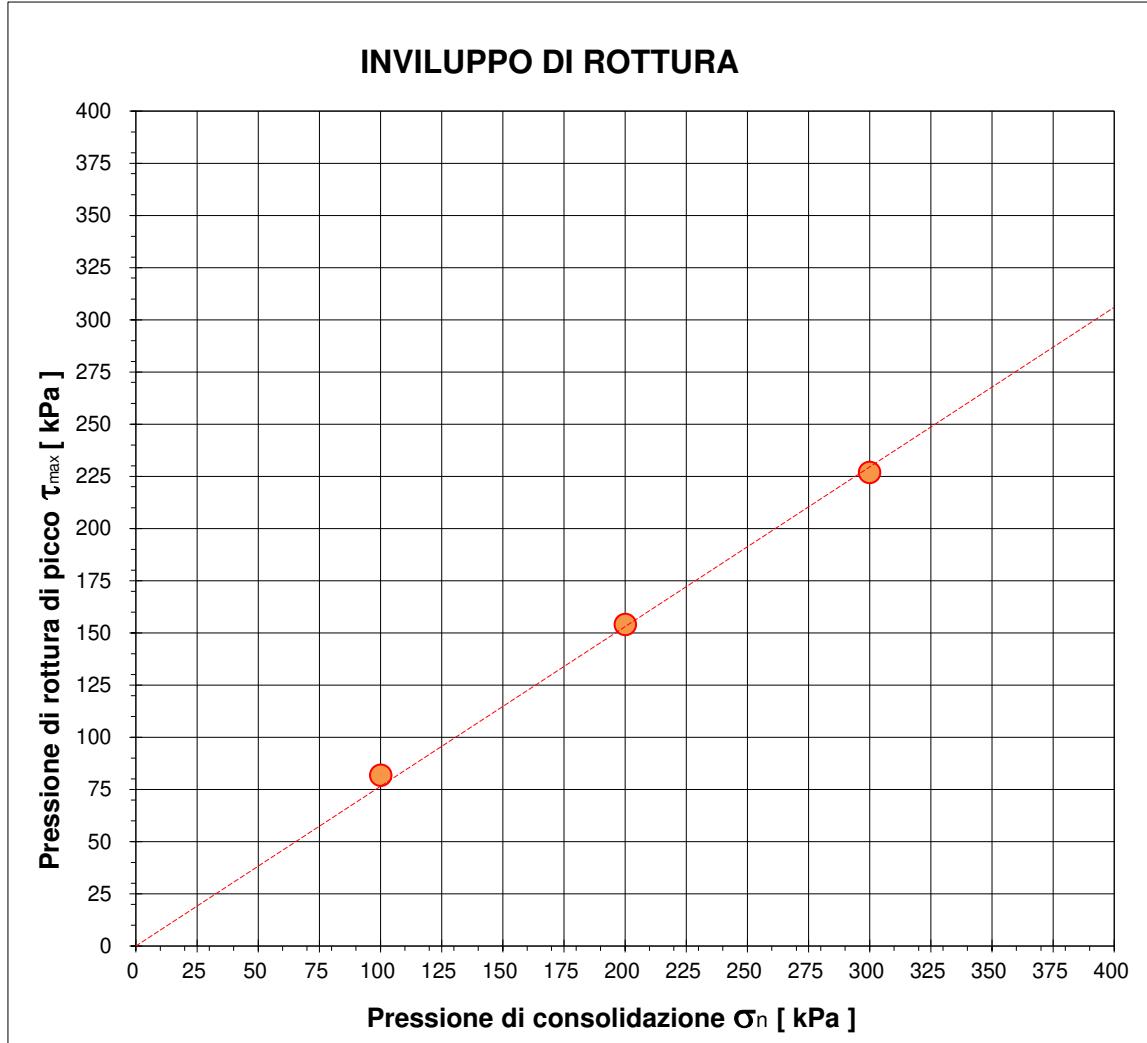
L-0577-001-077

PROVINO 1			PROVINO 2			PROVINO 3		
Sforzo taglio [N]	Spostamento [mm]	Dilatanza [mm]	Sforzo taglio [N]	Spostamento [mm]	Dilatanza [mm]	Sforzo taglio [N]	Spostamento [mm]	Dilatanza [mm]
0	0.020	-0.015	23	0.075	-0.010	32	0.020	-0.014
35	0.074	-0.025	63	0.135	-0.022	117	0.059	-0.022
62	0.156	-0.034	98	0.202	-0.033	180	0.102	-0.041
91	0.224	-0.041	123	0.279	-0.040	226	0.151	-0.052
115	0.293	-0.046	145	0.355	-0.057	269	0.196	-0.058
135	0.377	-0.051	172	0.426	-0.075	304	0.277	-0.068
154	0.448	-0.055	199	0.510	-0.101	339	0.331	-0.082
168	0.508	-0.063	227	0.584	-0.111	369	0.388	-0.091
179	0.595	-0.071	252	0.668	-0.128	405	0.433	-0.099
193	0.667	-0.078	277	0.745	-0.135	437	0.507	-0.111
204	0.742	-0.081	298	0.827	-0.145	469	0.563	-0.117
213	0.822	-0.086	318	0.904	-0.153	499	0.635	-0.125
221	0.889	-0.090	336	0.982	-0.173	528	0.695	-0.136
231	0.948	-0.095	353	1.061	-0.178	553	0.779	-0.140
238	1.027	-0.098	369	1.141	-0.186	576	0.844	-0.145
242	1.092	-0.100	385	1.226	-0.190	597	0.921	-0.151
247	1.174	-0.099	399	1.290	-0.194	617	0.983	-0.155
251	1.253	-0.101	411	1.375	-0.197	635	1.081	-0.158
258	1.337	-0.102	423	1.451	-0.203	651	1.148	-0.159
260	1.399	-0.102	434	1.527	-0.208	665	1.229	-0.161
264	1.486	-0.102	443	1.604	-0.212	678	1.294	-0.162
268	1.559	-0.103	455	1.682	-0.218	691	1.376	-0.164
268	1.644	-0.103	464	1.765	-0.222	702	1.444	-0.166
271	1.711	-0.102	473	1.842	-0.226	712	1.511	-0.168
273	1.783	-0.102	479	1.920	-0.229	723	1.589	-0.169
276	1.857	-0.101	487	1.995	-0.237	732	1.656	-0.172
276	1.955	-0.101	493	2.075	-0.240	742	1.744	-0.172
278	2.013	-0.101	498	2.150	-0.243	750	1.812	-0.173
278	2.100	-0.100	504	2.234	-0.247	758	1.885	-0.175
282	2.167	-0.101	508	2.311	-0.248	766	1.969	-0.176
279	2.268	-0.099	514	2.386	-0.254	774	2.049	-0.180
280	2.335	-0.099	518	2.472	-0.257	781	2.113	-0.182
283	2.423	-0.098	521	2.548	-0.263	787	2.201	-0.184
283	2.504	-0.098	523	2.626	-0.264	793	2.272	-0.188
283	2.582	-0.098	526	2.714	-0.264	799	2.351	-0.190
280	2.655	-0.097	530	2.790	-0.265	803	2.444	-0.191
282	2.722	-0.096	533	2.876	-0.268	807	2.511	-0.192
284	2.800	-0.094	536	2.953	-0.269	811	2.597	-0.192
284	2.886	-0.091	537	3.032	-0.272	814	2.669	-0.193
282	2.960	-0.090	540	3.098	-0.272	815	2.752	-0.194
284	3.034	-0.086	541	3.183	-0.272	816	2.844	-0.194
285	3.121	-0.085	543	3.270	-0.272	817	2.922	-0.194
284	3.202	-0.083	543	3.349	-0.272	816	3.003	-0.194
282	3.267	-0.083	544	3.428	-0.273	815	3.077	-0.194
283	3.352	-0.081	545	3.503	-0.272	815	3.154	-0.195
283	3.430	-0.081	545	3.583	-0.271	813	3.241	-0.194
281	3.507	-0.080	546	3.652	-0.273	812	3.316	-0.195
281	3.597	-0.078	546	3.734	-0.274	811	3.402	-0.194
283	3.670	-0.077	546	3.814	-0.274	810	3.472	-0.195
282	3.741	-0.074	545	3.894	-0.274	809	3.551	-0.195
284	3.821	-0.071	546	3.977	-0.274	807	3.629	-0.194
283	3.910	-0.068	544	4.058	-0.274	806	3.704	-0.194
285	3.999	-0.065	544	4.137	-0.274	804	3.779	-0.194
285	4.073	-0.063	543	4.224	-0.275	801	3.863	-0.196
282	4.157	-0.058	542	4.300	-0.274	800	3.932	-0.196
280	4.222	-0.058	543	4.381	-0.274	798	4.021	-0.196
284	4.302	-0.057	541	4.460	-0.274	796	4.098	-0.199
282	4.384	-0.057	540	4.535	-0.274	795	4.183	-0.199
282	4.458	-0.057	539	4.613	-0.274	793	4.255	-0.201
282	4.547	-0.057	539	4.699	-0.274	792	4.337	-0.201
282	4.621	-0.058	539	4.777	-0.275	792	4.430	-0.200
281	4.701	-0.057	540	4.855	-0.276	791	4.498	-0.202
284	4.778	-0.057	539	4.941	-0.276	790	4.584	-0.201
284	4.859	-0.057	540	5.024	-0.276	789	4.669	-0.204
283	4.934	-0.057	540	5.091	-0.277	788	4.762	-0.206
283	5.010	-0.057	540	5.185	-0.277	788	4.831	-0.207
283	5.089	-0.057	540	5.253	-0.276	787	4.917	-0.208
286	5.175	-0.057	536	5.330	-0.277	787	4.986	-0.207
286	5.254	-0.057	536	5.407	-0.279	785	5.089	-0.208
285	5.338	-0.057	539	5.482	-0.281	785	5.150	-0.214
285	5.412	-0.057	541	5.557	-0.282	785	5.236	-0.212
285	5.497	-0.057	542	5.636	-0.282	785	5.307	-0.214
285	5.585	-0.058	544	5.716	-0.283	784	5.385	-0.216
284	5.659	-0.058	546	5.803	-0.284	784	5.458	-0.217
287	5.741	-0.060	547	5.876	-0.285	784	5.533	-0.217
286	5.828	-0.061	548	5.954	-0.287	784	5.619	-0.217
282	5.912	-0.061	549	6.041	-0.287	783	5.694	-0.218
283	5.980	-0.064	550	6.117	-0.290	782	5.768	-0.218
287	6.065	-0.065	551	6.194	-0.291	783	5.867	-0.222
285	6.133	-0.065	551	6.275	-0.291	783	5.931	-0.222
285	6.233	-0.067	552	6.347	-0.291	783	6.005	-0.222
287	6.300	-0.069	551	6.426	-0.291	783	6.097	-0.224
287	6.382	-0.073	551	6.514	-0.291	783	6.172	-0.225
287	6.450	-0.073	552	6.590	-0.295	784	6.252	-0.226
287	6.532	-0.075	553	6.674	-0.295	784	6.331	-0.227
290	6.611	-0.078	553	6.749	-0.296	785	6.406	-0.231
290	6.686	-0.079	553	6.832	-0.302	786	6.481	-0.230
290	6.764	-0.081	554	6.912	-0.302	785	6.573	-0.234
289	6.838	-0.082	554	6.999	-0.302	786	6.651	-0.239
292	6.920	-0.083	553	7.078	-0.302	785	6.738	-0.241
290	7.012	-0.085	552	7.159	-0.302	785	6.819	-0.245
289	7.081	-0.086	551	7.233	-0.308	786	6.894	-0.250
290	7.165	-0.087	553	7.327	-0.311	788	6.987	-0.250
291	7.247	-0.088	553	7.403	-0.315	787	7.052	-0.254
291	7.331	-0.088	554	7.487	-0.321	789	7.144	-0.256
294	7.405	-0.089	555	7.572	-0.323	789	7.208	-0.256
295	7.480	-0.090	553	7.642	-0.324	790	7.285	-0.256
291	7.551	-0.090	553	7.724	-0.323	790	7.375	-0.256
290	7.636	-0.091	552	7.802	-0.321	790	7.443	-0.259

7. FASE DI ROTTURA DEI TRE PROVINI

NUMERO CERT. DI PROVA L-0577-001-07



8. INTERPRETAZIONE SULL'INVILUPPO DI ROTTURA DEL CAMPIONE


		Provino 1	Provino 2	Provino 3
Pressione di consolidazione applicata s_n	[kPa]	100,00	200,00	300,00
Pressione di rottura di picco del campione τ_{\max}	[kPa]	81,866	154,167	226,944
Deformazione di rottura del provino D_s	[kPa]	7,480	7,572	2,922

Coesione	Angolo d'attrito
[kPa]	[gradi]
0,0	36,0

NUMERO CERT. DI PROVA

L-0577-001-077

Lo sperimentatore
Dott. In Ing. Spampinato Giuseppe

Il direttore del Laboratorio
Dott. Dario Zulberti
Geologo

Ordine dei Geologi Trentino-A.A. Iscrizione nr. 214

Documento con firma digitale avanzata ai sensi della normativa vigente. Il presente Certificato non può essere riprodotto parzialmente, salvo autorizzazione scritta di TecnoVerifiche.



PROVA DI TAGLIO DIRETTO

NORMA UNI EN 17892-10

DATA CERT. DI PROVA	12/04/2023		NUMERO CERT. DI PROVA	L-0577-002-077
COMMITTENTE	MAK COSTRUZIONI		OPERA	Via Passirone Arco
DATA PRELIEVO/RICEVIM.	28/03/2023		DIREZIONE LAVORI	---
DATA APERTURA	28/03/2023		UBICAZIONE PRELIEVO	SPZ 2 (4,0-5,0)
NUMERO DELLA PROVA	Prova 2		DATA FINE PROVA	12/04/2023
DATA INIZIO PROVA	05/04/2023	NOTE VARIE	CD - RICOSTITUITO	

1. CARATTERISTICHE INIZIALI DEI PROVINI

	Mu. iniz.	Mu fin.	Ms	γ in.	γ fin.	γs in.	γs fin.	% H ₂ O in.	% H ₂ O fin.
	[g]	[g]	[g]	[Mg/m ³]	[Mg/m ³]	[Mg/m ³]	[Mg/m ³]	%	%
PROVINO 1	137,6	136,48	122,78	18,742	19,449	16,723	17,496	12,07%	11,16%
PROVINO 2	137	129,1	116,70	18,660	19,522	15,895	17,647	17,40%	10,63%
PROVINO 3	138,3	134,6	122,40	18,837	21,545	16,671	19,593	12,99%	9,97%

Legenda:

Mu = massa umida

g = peso di volume

Ms = massa secca

gs = peso di volume secco

Massa volumica del grano

2,70

calcolata

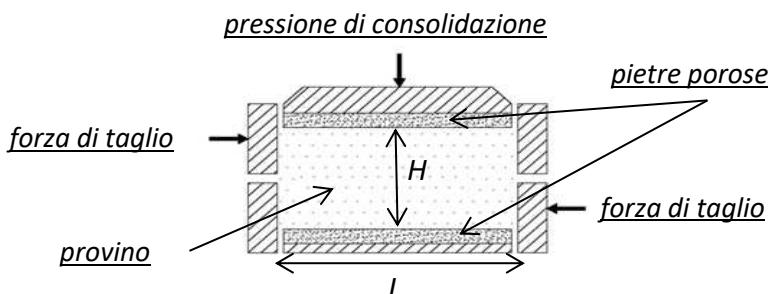
presunta

2. CARATTERISTICHE DELLA PROVA

Per prove con provini ricostituiti: il materiale utilizzato per la prova è costituito della frazione del campione passante al setaccio di apertura 4 mm; successivamente il campione viene umidificato e ricostituito attraverso pestellatura manuale.

La scatola di taglio di Casagrande a base quadrata ha dimensioni L X L X H = 60 x 60 x 20 mm.

Campione sommerso durante la prova.



MACCHINE UTILIZZATE PER LA PROVA	
prov. 1	Tecnotest T665/N s/N 10048/01
prov. 2	Tecnotest T665/N s/N 10048/02
prov. 3	Tecnotest T665/N s/N 10048/01

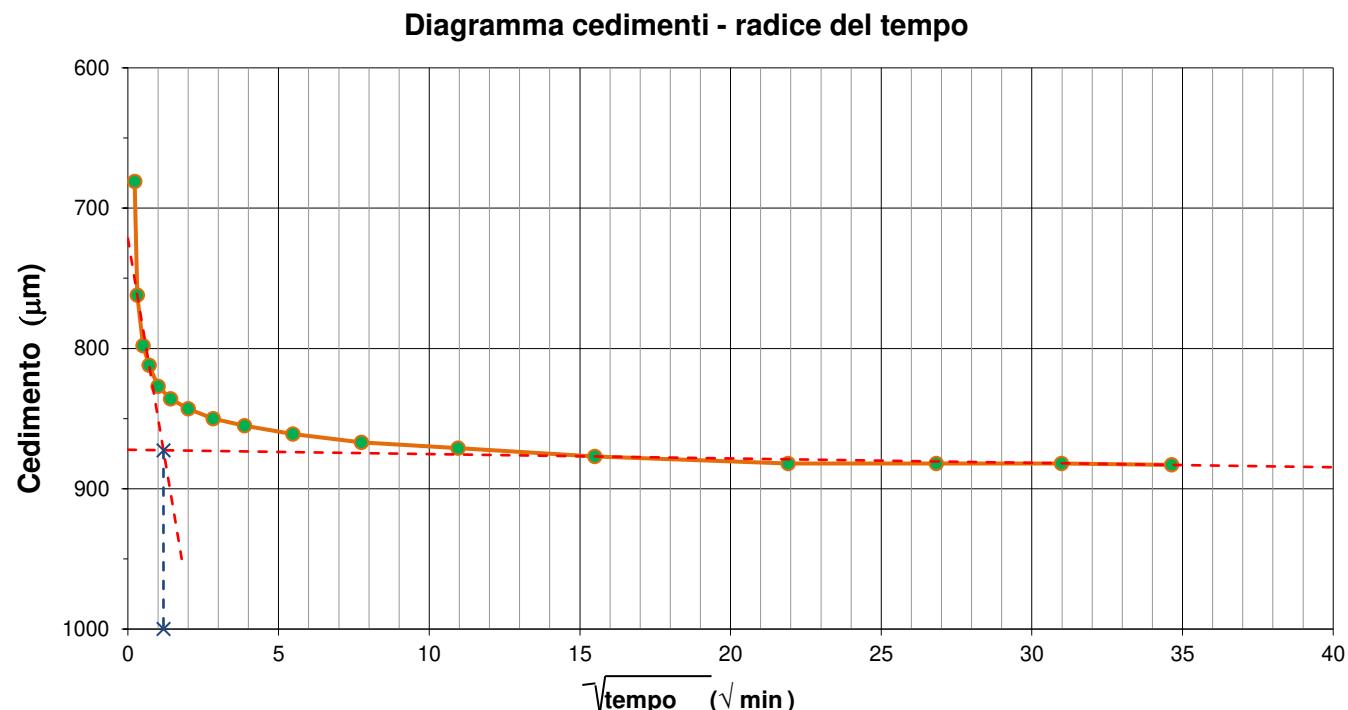
Tipo di prova
 CD CU

	CONSOLIDAZIONE				ROTTURA	
	Lato	H in.	H fin.	Pressione s_n	Tempo	Vel. imposta v_f
	[mm]	[mm]	[mm]	[kPa]	[min]	[mm/min]
PROVINO 1	60,00	20,00	19,12	100,00	1,39	0,0266
PROVINO 2	60,00	20,00	18,01	200,00	1,40	0,0266
PROVINO 3	60,00	20,00	17,02	300,00	1,18	0,0266

3. FASE DI CONSOLIDAZIONE PRIMARIA (100 kPa) - PROVINO 1

NUMERO CERT. DI PROVA L-0577-002-077

Tempo	Verticale	Tempo	$\sqrt{\text{Tempo}}$	Cedimenti
[s]	[μm]	[min]	[$\sqrt{\text{min}}$]	[μm]
3	-681	0,05	0,22	681
6	-762	0,10	0,32	762
15	-798	0,25	0,50	798
30	-812	0,50	0,71	812
60	-827	1,00	1,00	827
120	-836	2,00	1,41	836
240	-843	4,00	2,00	843
480	-850	8,00	2,83	850
900	-855	15,00	3,87	855
1800	-861	30,00	5,48	861
3600	-867	60,00	7,75	867
7200	-871	120,00	10,95	871
14400	-877	240,00	15,49	877
28800	-882	480,00	21,91	882
43200	-882	720,00	26,83	882
57600	-882	960,00	30,98	882
72000	-883	1200,00	34,64	883
86400	-884	1440,00	37,95	884



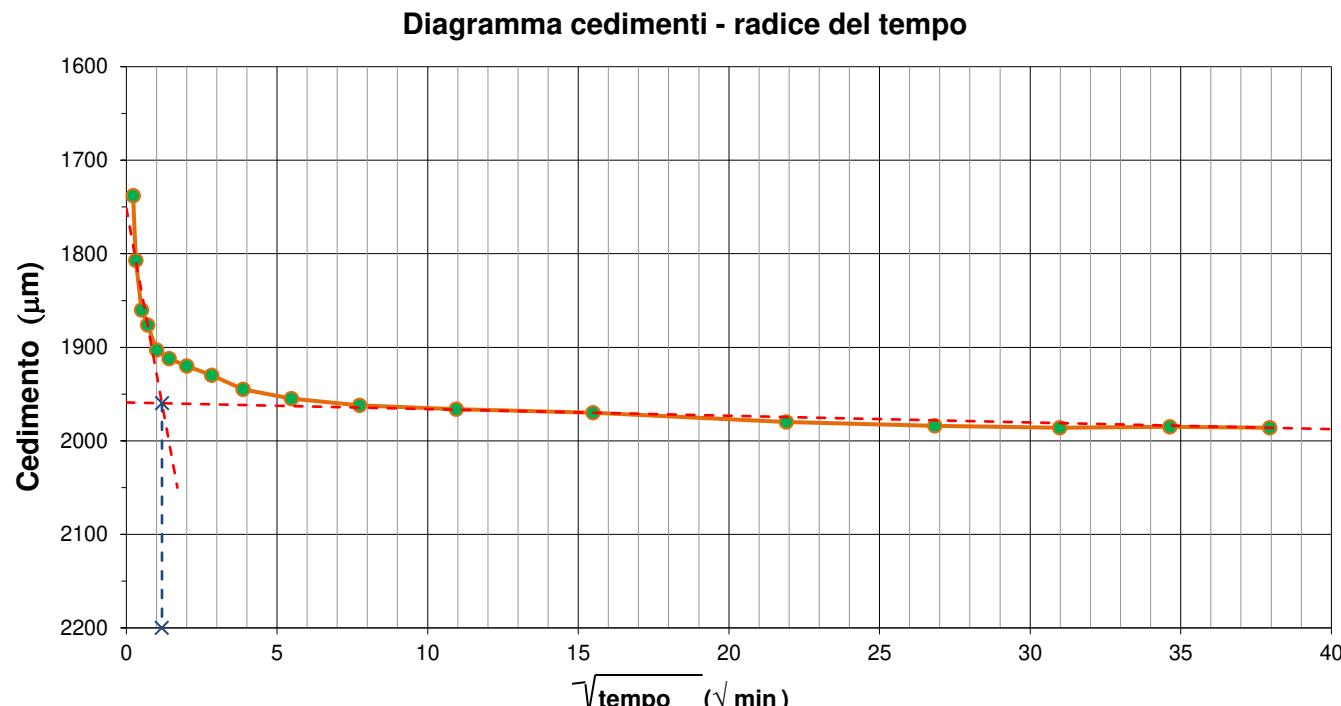
<u>Deformazioni</u>	H iniziale =	20,00 mm
	H finale =	19,12 mm

<u>Tempo di consolidazione (t_{100})</u>	$\sqrt{t_{100}} =$	1,18 min
	$t_{100} =$	1,39 min

4. FASE DI CONSOLIDAZIONE PRIMARIA (200 kPa) - PROVINO 2

NUMERO CERT. DI PROVA L-0577-002-077

Tempo	Verticale	Tempo	$\sqrt{\text{Tempo}}$	Cedimenti
[s]	[μm]	[min]	[$\sqrt{\text{min}}$]	[μm]
3	-1738	0,05	0,22	1738
6	-1807	0,10	0,32	1807
15	-1860	0,25	0,50	1860
30	-1876	0,50	0,71	1876
60	-1903	1,00	1,00	1903
120	-1912	2,00	1,41	1912
240	-1920	4,00	2,00	1920
480	-1930	8,00	2,83	1930
900	-1945	15,00	3,87	1945
1800	-1955	30,00	5,48	1955
3600	-1962	60,00	7,75	1962
7200	-1966	120,00	10,95	1966
14400	-1970	240,00	15,49	1970
28800	-1980	480,00	21,91	1980
43200	-1984	720,00	26,83	1984
57600	-1986	960,00	30,98	1986
72000	-1985	1200,00	34,64	1985
86400	-1986	1440,00	37,95	1986



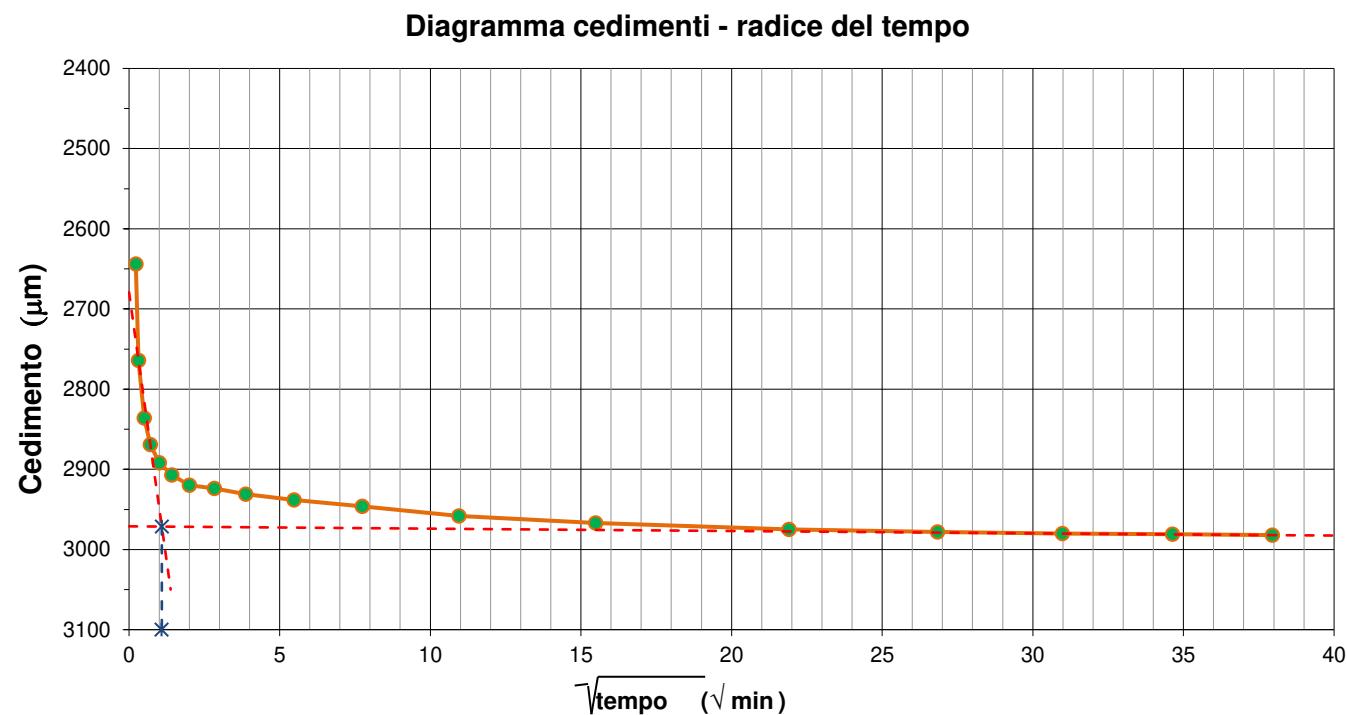
<u>Deformazioni</u>	H iniziale =	20,00 mm
	H finale =	18,01 mm

<u>Tempo di consolidazione (t_{100})</u>	$\sqrt{t_{100}} =$	1,18 min
	$t_{100} =$	1,40 min

5. FASE DI CONSOLIDAZIONE PRIMARIA (300 kPa) - PROVINO 3

NUMERO CERT. DI PROVA L-0577-002-077

Tempo	Verticale	Tempo	$\sqrt{\text{Tempo}}$	Cedimenti
[s]	[μm]	[min]	[$\sqrt{\text{min}}$]	[μm]
3	-2644	0,05	0,22	2644
6	-2764	0,10	0,32	2764
15	-2836	0,25	0,50	2836
30	-2869	0,50	0,71	2869
60	-2892	1,00	1,00	2892
120	-2907	2,00	1,41	2907
240	-2920	4,00	2,00	2920
480	-2924	8,00	2,83	2924
900	-2931	15,00	3,87	2931
1800	-2938	30,00	5,48	2938
3600	-2946	60,00	7,75	2946
7200	-2958	120,00	10,95	2958
14400	-2967	240,00	15,49	2967
28800	-2975	480,00	21,91	2975
43200	-2978	720,00	26,83	2978
57600	-2980	960,00	30,98	2980
72000	-2981	1200,00	34,64	2981
86400	-2982	1440,00	37,95	2982



<u>Deformazioni</u>	H iniziale =	20,00 mm
	H finale =	17,02 mm

<u>Tempo di consolidazione (t_{100})</u>	$\sqrt{t_{100}} =$	1,09 min
	$t_{100} =$	1,18 min



6. ACQUISIZIONE DATI DELLA FASE DI ROTTURA

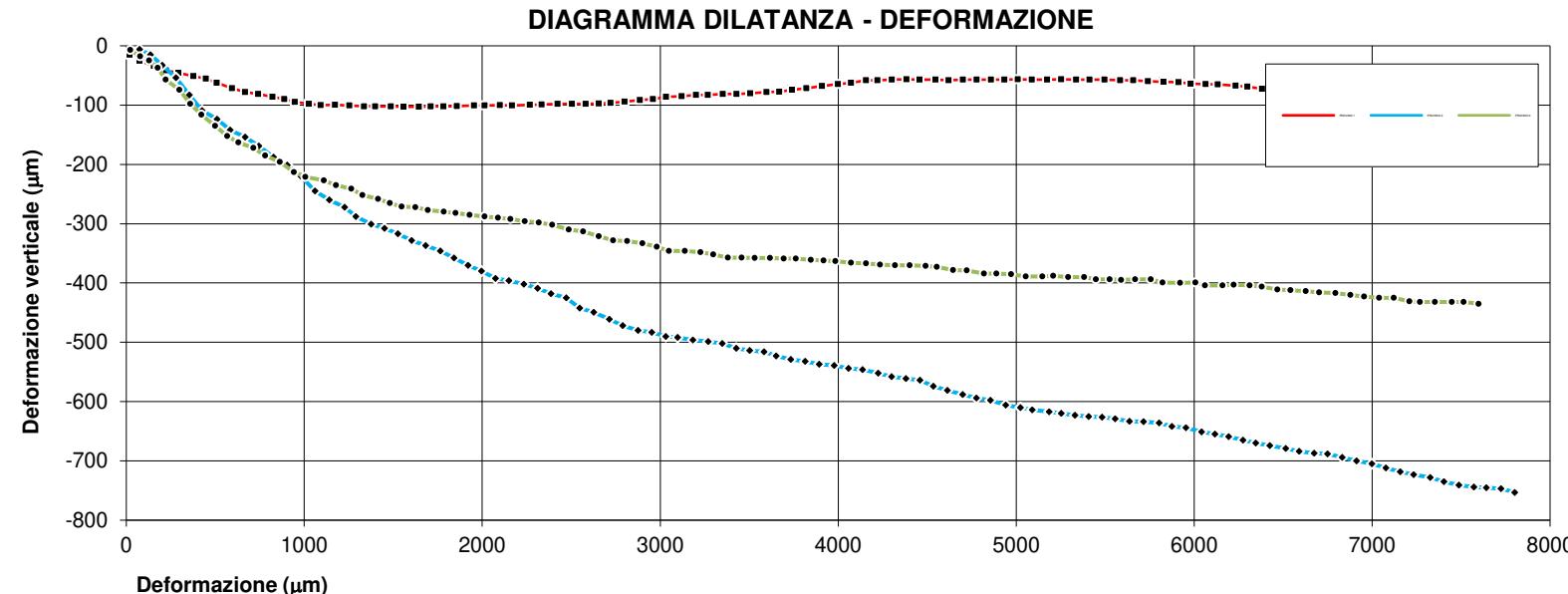
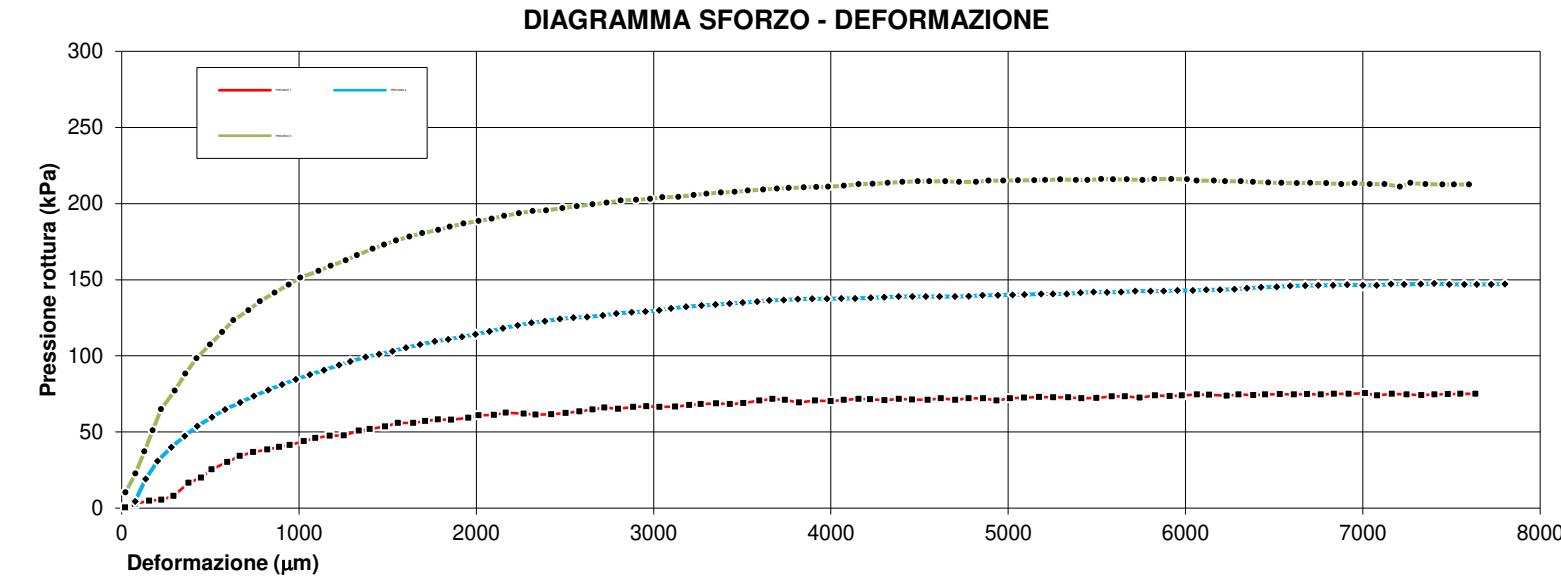
NUMERO CERT. DI PROVA

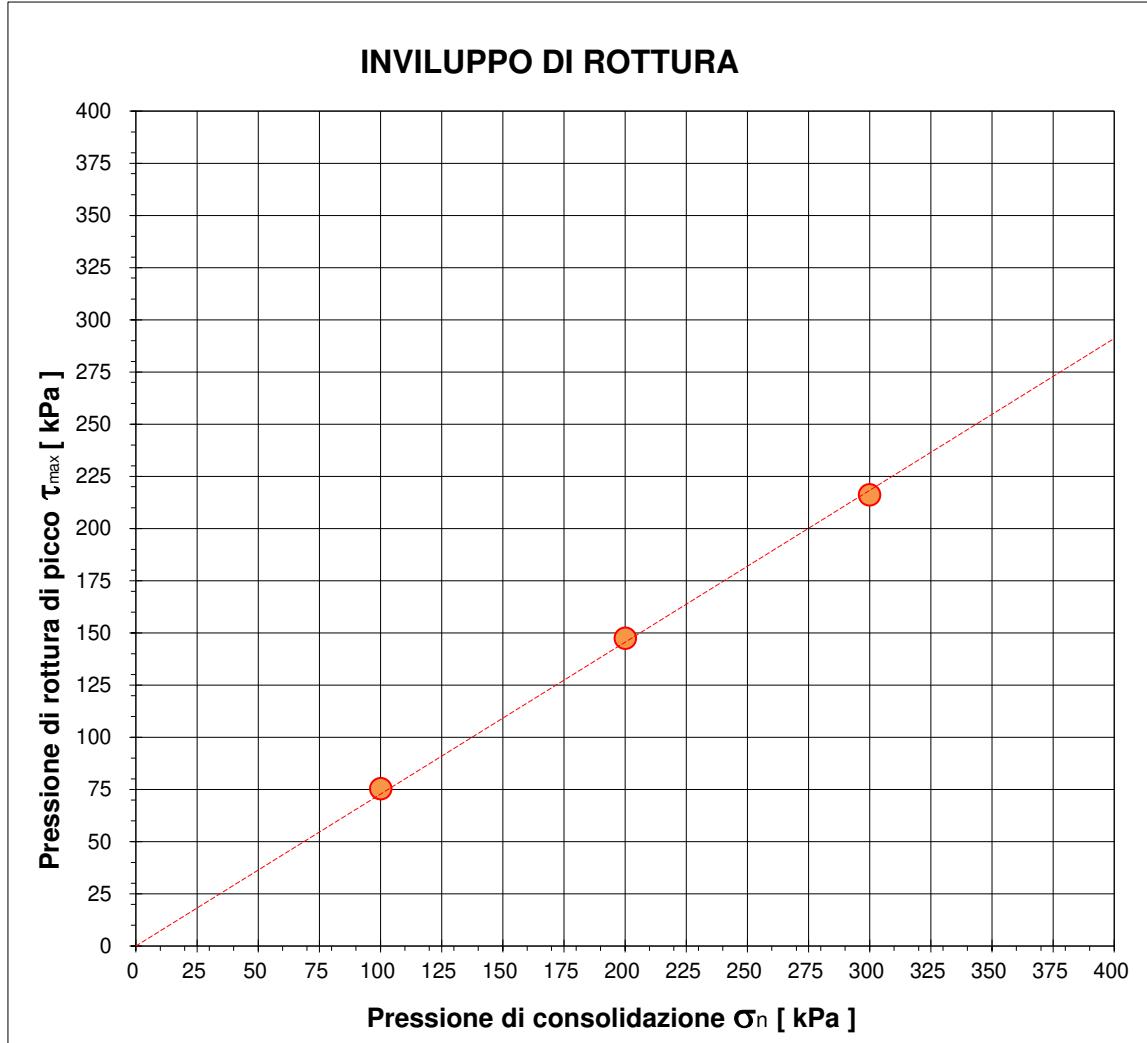
L-0577-002-077

PROVINO 1			PROVINO 2			PROVINO 3		
Sforzo taglio [N]	Spostamento [mm]	Dilatanza [mm]	Sforzo taglio [N]	Spostamento [mm]	Dilatanza [mm]	Sforzo taglio [N]	Spostamento [mm]	Dilatanza [mm]
2	0.020	-0.015	16	0.075	-0.006	37	0.022	-0.007
10	0.074	-0.025	69	0.135	-0.015	82	0.078	-0.018
17	0.156	-0.034	111	0.202	-0.033	134	0.128	-0.025
20	0.224	-0.041	144	0.279	-0.054	184	0.176	-0.037
29	0.293	-0.046	170	0.355	-0.083	234	0.222	-0.057
60	0.377	-0.051	194	0.426	-0.109	278	0.299	-0.074
72	0.448	-0.055	215	0.510	-0.124	318	0.359	-0.098
92	0.508	-0.063	233	0.584	-0.142	354	0.423	-0.116
109	0.595	-0.071	250	0.668	-0.154	387	0.499	-0.135
123	0.667	-0.078	265	0.745	-0.169	416	0.567	-0.152
133	0.742	-0.081	279	0.827	-0.188	444	0.631	-0.163
138	0.822	-0.086	292	0.904	-0.201	468	0.715	-0.172
144	0.889	-0.090	304	0.982	-0.220	489	0.780	-0.185
149	0.948	-0.095	316	1.061	-0.245	509	0.863	-0.196
158	1.027	-0.098	326	1.141	-0.260	528	0.942	-0.213
166	1.092	-0.100	338	1.226	-0.272	545	1.007	-0.221
171	1.174	-0.099	347	1.290	-0.288	561	1.110	-0.227
172	1.253	-0.101	357	1.375	-0.301	573	1.179	-0.235
183	1.337	-0.102	364	1.451	-0.308	586	1.264	-0.241
187	1.399	-0.102	371	1.527	-0.317	598	1.327	-0.252
193	1.486	-0.102	379	1.604	-0.328	613	1.415	-0.258
202	1.559	-0.103	387	1.682	-0.337	623	1.481	-0.265
202	1.644	-0.103	394	1.765	-0.346	633	1.548	-0.271
206	1.711	-0.102	399	1.842	-0.358	642	1.624	-0.272
209	1.783	-0.102	405	1.920	-0.370	650	1.695	-0.277
209	1.857	-0.101	411	1.995	-0.380	658	1.785	-0.280
213	1.955	-0.101	418	2.075	-0.392	665	1.850	-0.282
219	2.013	-0.101	425	2.150	-0.396	673	1.929	-0.285
221	2.100	-0.100	432	2.234	-0.402	679	2.013	-0.288
225	2.167	-0.101	438	2.311	-0.409	684	2.088	-0.290
223	2.268	-0.099	442	2.386	-0.418	691	2.158	-0.292
221	2.335	-0.099	447	2.472	-0.425	697	2.240	-0.296
222	2.423	-0.098	450	2.548	-0.442	702	2.319	-0.298
225	2.504	-0.098	452	2.626	-0.449	704	2.394	-0.302
228	2.582	-0.098	456	2.714	-0.461	709	2.486	-0.310
233	2.655	-0.097	460	2.790	-0.472	714	2.567	-0.313
238	2.722	-0.096	463	2.876	-0.480	718	2.655	-0.321
235	2.800	-0.094	465	2.953	-0.483	722	2.735	-0.328
239	2.886	-0.091	468	3.032	-0.490	727	2.815	-0.329
240	2.960	-0.090	472	3.098	-0.492	729	2.901	-0.333
239	3.034	-0.086	476	3.183	-0.496	731	2.981	-0.339
240	3.121	-0.085	479	3.270	-0.499	735	3.050	-0.346
244	3.202	-0.083	481	3.349	-0.502	736	3.139	-0.346
246	3.267	-0.083	484	3.428	-0.510	740	3.226	-0.348
248	3.352	-0.081	486	3.503	-0.514	743	3.299	-0.352
246	3.430	-0.081	488	3.583	-0.516	746	3.380	-0.357
248	3.507	-0.080	491	3.652	-0.523	748	3.458	-0.357
254	3.597	-0.078	492	3.734	-0.529	751	3.532	-0.358
258	3.670	-0.077	494	3.814	-0.532	753	3.618	-0.358
255	3.741	-0.074	495	3.894	-0.537	755	3.695	-0.359
250	3.821	-0.071	495	3.977	-0.539	757	3.763	-0.359
254	3.910	-0.068	496	4.058	-0.544	758	3.847	-0.361
253	3.999	-0.065	496	4.137	-0.546	759	3.918	-0.362
256	4.073	-0.063	497	4.224	-0.552	760	3.985	-0.363
258	4.157	-0.058	499	4.300	-0.558	762	4.073	-0.366
258	4.222	-0.058	500	4.381	-0.561	766	4.156	-0.367
255	4.302	-0.057	500	4.460	-0.564	767	4.236	-0.369
258	4.384	-0.057	500	4.535	-0.574	769	4.320	-0.370
257	4.458	-0.057	500	4.613	-0.581	771	4.403	-0.370
255	4.547	-0.057	500	4.699	-0.588	773	4.491	-0.371
260	4.621	-0.058	501	4.777	-0.594	773	4.555	-0.373
256	4.701	-0.057	503	4.855	-0.598	773	4.645	-0.378
260	4.778	-0.057	503	4.941	-0.606	771	4.723	-0.379
260	4.859	-0.057	504	5.024	-0.610	771	4.819	-0.384
255	4.934	-0.057	505	5.091	-0.614	774	4.889	-0.384
260	5.010	-0.057	506	5.185	-0.617	774	4.972	-0.385
261	5.089	-0.057	506	5.253	-0.620	775	5.055	-0.389
263	5.175	-0.057	506	5.330	-0.623	775	5.147	-0.389
262	5.254	-0.057	509	5.407	-0.625	776	5.209	-0.388
262	5.338	-0.057	511	5.482	-0.626	777	5.293	-0.390
260	5.412	-0.057	510	5.557	-0.629	776	5.383	-0.390
260	5.497	-0.057	511	5.636	-0.633	776	5.448	-0.394
264	5.585	-0.058	513	5.716	-0.634	778	5.525	-0.394
264	5.659	-0.058	513	5.803	-0.636	777	5.591	-0.395
261	5.741	-0.060	513	5.876	-0.642	777	5.669	-0.394
266	5.828	-0.061	515	5.954	-0.644	776	5.757	-0.394
265	5.912	-0.061	515	6.041	-0.651	778	5.824	-0.399
267	5.980	-0.064	516	6.117	-0.655	778	5.921	-0.400
268	6.065	-0.065	516	6.194	-0.659	777	6.008	-0.399
268	6.133	-0.065	518	6.275	-0.665	774	6.062	-0.404
266	6.233	-0.067	520	6.347	-0.670	774	6.160	-0.404
269	6.300	-0.069	522	6.426	-0.674	773	6.223	-0.403
267	6.382	-0.073	523	6.514	-0.679	773	6.312	-0.404
269	6.450	-0.073	525	6.590	-0.684	771	6.380	-0.406
269	6.532	-0.075	526	6.674	-0.687	770	6.468	-0.411
268	6.611	-0.078	527	6.749	-0.688	769	6.541	-0.412
269	6.686	-0.079	527	6.832	-0.694	768	6.628	-0.414
269	6.764	-0.081	528	6.912	-0.700	769	6.703	-0.416
270	6.838	-0.082	527	6.999	-0.705	768	6.794	-0.417
271	6.920	-0.083	527	7.078	-0.712	766	6.879	-0.420
271	7.012	-0.085	530	7.159	-0.718	768	6.955	-0.423
267	7.081	-0.086	529	7.233	-0.723	766	7.039	-0.425
270	7.165	-0.087	530	7.327	-0.728	766	7.122	-0.425
268	7.247	-0.088	531	7.403	-0.735	760	7.210	-0.431
267	7.331	-0.088	529	7.487	-0.741	769	7.269	-0.432
268	7.405	-0.089	529	7.572	-0.744	766	7.353	-0.432
270	7.480	-0.090	529	7.642	-0.745	765	7.449	-0.432
270	7.551	-0.090	529	7.724	-0.747	765	7.514	-0.432
270	7.636	-0.091	530	7.802	-0.753	765	7.599	-0.435

7. FASE DI ROTTURA DEI TRE PROVINI

NUMERO CERT. DI PROVA L-0577-002-07



8. INTERPRETAZIONE SULL'INVILUPPO DI ROTTURA DEL CAMPIONE


		Provino 1	Provino 2	Provino 3
Pressione di consolidazione applicata s_n	[kPa]	100,00	200,00	300,00
Pressione di rottura di picco del campione τ_{\max}	[kPa]	75,404	147,500	216,111
Deformazione di rottura del provino D_s	[kPa]	7,012	7,403	5,525

Coesione	Angolo d'attrito
[kPa]	[gradi]
0,0	35,1

NUMERO CERT. DI PROVA

L-0577-002-077

Lo sperimentatore
Dott. In Ing. Spampinato Giuseppe

Il direttore del Laboratorio
Dott. Dario Zulberti
Geologo

Ordine dei Geologi Trentino-A.A. Iscrizione nr. 214

Documento con firma digitale avanzata ai sensi della normativa vigente. Il presente Certificato non può essere riprodotto parzialmente, salvo autorizzazione scritta di TecnoVerifiche.