



ELABORATO 7

Regione Piemonte

Comune di Alessandria

PIANO DI RECUPERO XLI

Via San Giacomo della Vittoria nn. 8 - 16

RELAZIONE GEOLOGICA

Luglio 2024

Il Progettista
(arch. Alberto Giordano)



REGIONE PIEMONTE
COMUNE DI ALESSANDRIA

PROGETTO DI RISTRUTTURAZIONE EDIFICIO IN
VIA SAN GIACOMO DELLA VITTORIA 8-16

RELAZIONE GEOLOGICA ED IDROGEOLOGICA

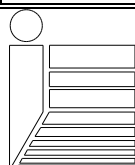
Committente: SE Costruzioni srl

Progetto: Arch. Alberto Giordano

Tecnico incaricato: Ing. Geol. Giuseppe Massone

Data: 10 giugno 2024

MASSONE
GIUSEPPE
Ordine
Ingegneri della
Provincia di
Alessandria
Ingegnere
10.06.2024
12:20:03
GMT+01:00



*Ing. geol. Giuseppe Massone Ingegneria geotecnica e geologia
Via Martiri della Libertà 20 - 15040 Castelletto Monferrato (AL)
tel. 0131 239460 fax 0131 233320 e-mail: geomassone@libero.it*

SOMMARIO

<u>§ 1.</u>	<u>PREMESSA</u>	<u>3</u>
<u>§ 2.</u>	<u>INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO</u>	<u>5</u>
	§ 2.1. UBICAZIONE	5
	§ 2.2. ESAME DEGLI ELABORATI GEOLOGICI DI PRGC	6
	§ 2.3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO GENERALE	10
	§ 2.4. SITUAZIONE GEOLOGICA LOCALE	11
	§ 2.5. SITUAZIONE IDROGEOLOGICA LOCALE	11
<u>§ 3.</u>	<u>CLASSIFICAZIONE SISMICA E CARATTERIZZAZIONE DEI TERRENI AI SENSI DELLE NTC 2018</u>	<u>13</u>
	§ 3.1. CENNI SULLA SISMICITÀ REGIONALE	13
	§ 3.2. STABILITÀ NEI CONFRONTI DELLA LIQUEFAZIONE	17
	§ 3.3. ESCLUSIONE DELLA VERIFICA A LIQUEFAZIONE	17
<u>§ 4.</u>	<u>CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEI MATERIALI</u>	<u>19</u>
	§ 4.1. DESCRIZIONE DELLA METODOLOGIA ADOTTATA	19
	§ 4.2. INTERPRETAZIONE DELLE PROVE PENETROMETRICHE	20
	§ 4.3. DESCRIZIONE DELLE PROVE PENETROMETRICHE	25
	§ 4.4. ASSEGNAZIONE DEI PARAMETRI GEOTECNICI	25
<u>§ 5.</u>	<u>CONSIDERAZIONI IDROGEOLOGICHE.</u>	<u>27</u>
<u>§ 6.</u>	<u>CONSIDERAZIONI E MODALITA' OPERATIVE</u>	<u>31</u>



§ 1. PREMESSA

Il presente studio ha lo scopo di valutare la compatibilità geologica ed idrogeologica del progetto di ristrutturazione di un edificio di civile abitazione, in Via San Giacomo della Vittoria n. 8-16, nel Comune di Alessandria. Si sono esaminati gli elaborati di progetto, redatti dall'arch. Alberto Giordano, per una valutazione delle problematiche geologiche connesse alla realizzazione delle opere previste.

La stesura della relazione ha previsto lo sviluppo dei seguenti punti:

1. descrizione dell'assetto geomorfologico generale e locale (geologia e morfologia dei terreni interessati, a media e piccola scala, regime delle acque superficiali, ecc.);
2. analisi della situazione geotecnica ed idrogeologica locale (costituzione del sottosuolo, natura e caratteristiche dei terreni, presenza di acque sotterranee, ecc.);

Lo sviluppo del primo punto ha previsto innanzitutto l'esame della cartografia disponibile e dell'eventuale documentazione geologico - tecnica già prodotta per aree prossime a quella di interesse; tali informazioni sono state quindi completate ed aggiornate mediante un rilevamento geomorfologico sia dell'area di progetto sia di un intorno significativo della stessa. Lo sviluppo del punto 2, invece, è stato indispensabile per raccogliere dati ed informazioni per la caratterizzazione idrogeologica e geotecnica dei terreni ad un livello di approfondimento adeguato alla necessità della problematica. La caratterizzazione geotecnica dei terreni, in particolare, è stata ricostruita per mezzo di una prova penetrometrica dinamica con un penetrometro superpesante tipo DPSH, realizzata dall'impresa Sondeco di Torino.

Si ricorda infine che per la redazione del presente studio si è fatto riferimento alla seguente normativa:

- D.M. 17/01/2018 "Aggiornamento delle Norme Tecniche per le costruzioni".
- Circolare del Ministero delle infrastrutture e dei trasporti 21.01.2019, n. 7 del Consiglio superiore dei Lavori Pubblici recante "Istruzioni per



l'applicazione dell'«Aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni”» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018”.

Per la verifica dei tiranti idrici nel territorio comunale di Alessandria si fa riferimento a:

Comune di Alessandria - Delibera di Consiglio Comunale n. 16 del 14/03/2024 avente per oggetto “DECRETO DEL SEGRETARIO GENERALE DELL'AUTORITÀ DI BACINO DISTRETTUALE DEL FIUME PO N. 121 DEL 26.10.2022 E DELIBERAZIONE DELLA GIUNTA REGIONALE N. 27-6373 DEL 28.12.2022. – VARIANTE STRUTTURALE AL P.R.G.C. AI SENSI DEL C. 4 ART. 17 DELLA L.R 56/77 E S.M.I. DI ADEGUAMENTO AL PIANO DI ASSETTO IDROGEOLOGICO (PAI). DISPOSIZIONI TRANSITORIE ATTO DI INDIRIZZO (DELIBERAZIONE PROPOSTA DI GIUNTA N. 324 DEL 15/12/2023).



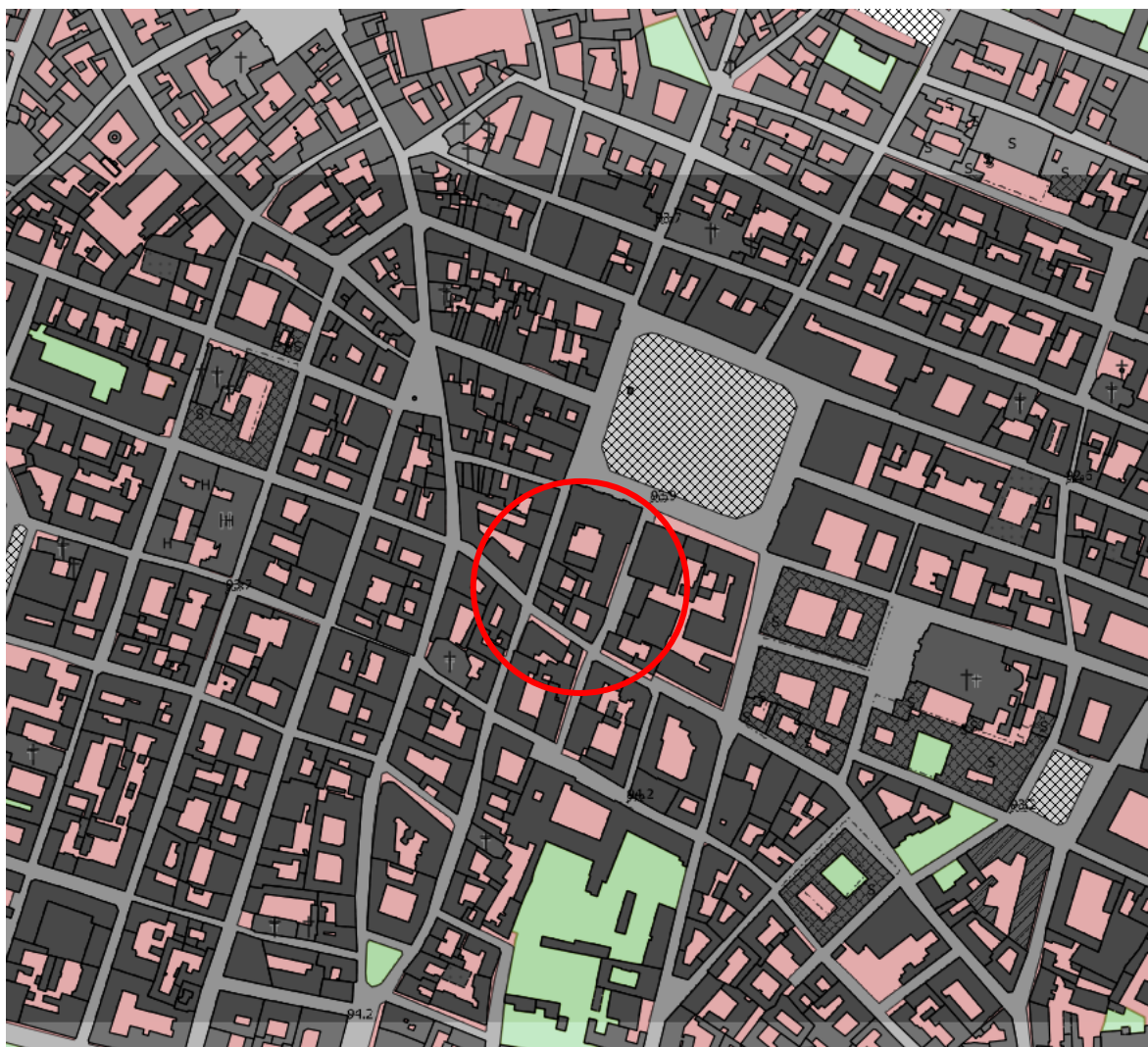
§ 2. INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO

§ 2.1. Ubicazione

L'area oggetto di studio è posta nel pieno concentrico di Alessandria, ad una quota media di circa 94 m s.l.m., così come indicato nella Cartografia Regionale BDTRE, riportata alla pagina seguente.

Il sito ricade in zona pianeggiante e presenta condizioni morfologiche assai regolari; non si segnalano, inoltre, nell'intorno dell'area, linee di drenaggio di importanza significativa. L'asta del Tanaro si trova a circa 750 m a Nord-Ovest dell'area in esame e l'asta del Bormida a 2500 m a Sud-Est.



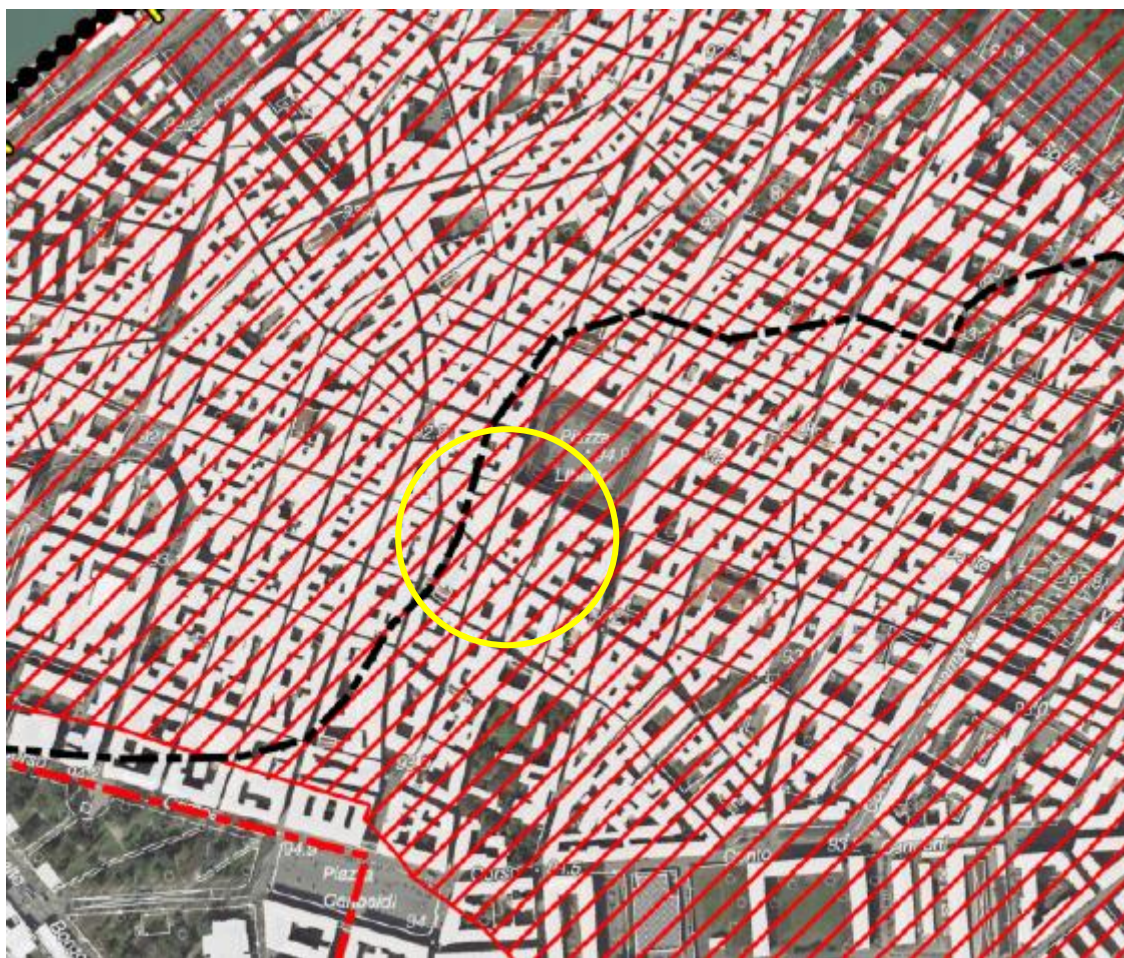


§ 2.2. Esame degli elaborati geologici di PRGC

Fasce fluviali

Si ricorda il recente Decreto dell'Autorità di Bacino Distrettuale del Fiume Po, n. 121/2022 del 26-10-2022, avente come oggetto *“l'aggiornamento degli elaborati n. 3 e n. 8 del PAI-Po e delle mappe della pericolosità e del rischio di Alluvione del PGRA distrettuale del fiume Tanaro nei comuni di Alessandria, Alluvioni Piovera, Oviglio e Solero”*.

In base a tale documento vengono approvati gli elaborati di seguito riportati. In particolare, l'aggiornamento delle fasce fluviali, nell'estratto di seguito riportato, evidenzia che gran parte del concentrico di Alessandria, risulta soggetto a fenomeni di inondazione da parte del Tanaro e del Bormida.



Aree inondabili per la piena di riferimento
in assenza dell'intervento di realizzazione
del limite B di progetto

Anche il sito di intervento ricade all'interno di tale area.

Delimitazione del PAI		Modifiche e integrazioni del Progetto di variante
---	limite (*) tra la Fascia A e la Fascia B	---
—	limite (*) tra la Fascia B e la Fascia C	—
- - - -	limite (*) esterno della Fascia C	- - - -
●●●●●●	limite (*) di progetto tra la Fascia B e la Fascia C	●●●●●●

Si osserva, infatti, che essa ricade all'interno del limite di progetto tra la Fascia B e la Fascia C, con le modifiche recentemente introdotte.

Carte delle aree allagabili del PGRA

La delimitazione, per il fiume Tanaro, delle aree di pericolosità di



allagamento del PGRA, è stata realizzata in tre livelli, relativi alle alluvioni frequenti (H), poco frequenti (M) e rare (L). I tratti interessati dagli interventi di realizzazione delle nuove arginature, che costituiscono un elemento di contenimento dei limiti di esondazione della piena di progetto, sono stati considerati con lo scopo di verificare la necessità di apportare, per congruenza, anche modifiche alle delimitazioni del PGRA. Per quanto riguarda la delimitazione dello scenario raro (L), è stato adeguato in modo da farlo coincidere con il limite di fascia C. In riferimento all'area di allagamento dovuta ad alluvioni poco frequenti (scenario M), è stato aggiornato in modo da avere coincidenza con il limite di fascia B naturale, ad eccezione dei tratti in cui l'alveo risulta essere fortemente inciso. In questi casi, l'area allagabile risulta più interna alla fascia B. Infine, l'area allagabile per TR 20 anni è stata fatta coincidere con lo scenario M in quanto non si dispone di conoscenze adeguate alla sua delimitazione.





Legenda

Aree allagabili - PGRA (RP e RSCM)



P3-H - Alluvioni frequenti-elevata probabilità



P2-M - Alluvioni poco frequenti-media probabilità



P1-L - Scarsa probabilità di alluvioni poco o scenari di eventi estremi

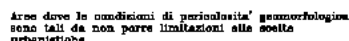
Il sito ricade all'interno di aree P2-M, definite come potenzialmente interessate da alluvioni poco frequenti a media probabilità.

Carta di sintesi del PRGC

Nella Carta di sintesi della pericolosità geomorfologica e dell'idoneità all'utilizzazione urbanistica del PRGC vigente, di seguito riportata, l'area viene classificata in "aree di pianura di classe I ovvero *"aree dove le condizioni di pericolosità geomorfologica sono tali da non porre limitazioni alle scelte urbanistiche (Circ. n. 7/LAP) come definite dal P.R.G.C."* Esse sono definite anche come "Porzioni di territorio dove le condizioni di pericolosità geomorfologica sono tali da non porre limiti alle scelte urbanistiche: gli interventi sia pubblici, sia privati, sono di norma consentiti nel rispetto delle prescrizioni del D.M. 11/03/1988 e del D.M. 14/01/2008 e s.m.i."



Porzioni di territorio dove le condizioni di pericolosità geomorfologica sono tali da non porre limiti alle scelte urbanistiche: gli interventi sia pubblici, sia privati, sono di norma consentiti nel rispetto delle prescrizioni del D.M.L.P. 11/3/1988.



L'area in esame è compresa nella piana fluviale alessandrina, formatasi a seguito di ripetuti fenomeni di sovralluvionamento ed erosione, succedutisi nel corso del Quaternario. In particolare, la piana di Alessandria risulta essere stata soggetta, tra la fine del Pleistocene e l'inizio dell'Olocene, a ripetute divagazioni del fiume Tanaro (a Nord) e del torrente Orba e del fiume Bormida (a Sud), in condizioni di media energia cinetica, che hanno portato alla deposizione di sedimenti prevalentemente limo-



sabbiosi. Solo in tempi geologicamente più recenti (Olocene medio superiore) la confluenza tra Tanaro e Bormida ha assunto l'attuale configurazione, isolando un "cuneo" a topografia lievemente sopraelevata (pochi metri) su cui sorge l'abitato di Alessandria.

In conseguenza del processo deposizionale sopra descritto, la situazione geologica superficiale è attualmente la seguente:

- lungo una fascia che dal centro di Alessandria si protende verso Sud-Ovest affiorano ancora i sedimenti del Pleistocene superiore - Olocene inferiore, prevalentemente limo-argillosi;
- a Nord-Ovest e a Sud-Est di tale fascia si incontrano terreni rimaneggiati dall'attività recente, rispettivamente del Tanaro e del Bormida, con presenza di sedimenti a granulometria eterogenea (sabbiosa, ghiaiosa, argillosa), deposti a quota lievemente più bassa (anche se nella zona non si notano tracce di veri e propri terrazzamenti fluviali).

§ 2.4. Situazione geologica locale

La morfologia pressoché pianeggiante del sito è caratterizzata dalla presenza esclusiva di vasti depositi di sedimenti tardo pleistocenici, in parte attribuibili alle *alluvioni postglaciali* ed in parte al *fluviale recente*.

Tali alluvioni, prevalentemente limo-sabbiose hanno una potenza di alcuni metri e posano su passate ghiaiose poste generalmente ad una profondità di $7 \div 9$ m.

Dai risultati della prova penetrometrica, appositamente realizzata, si può risalire ad una stratigrafia, costituita da una bancata superficiale di limi, localmente argillosi, di colore nocciola, molto sciolti, sino a circa 4.50 m di profondità, che passano in limi argillosi più compatti e con valori di coesione che crescono in modo lineare con la profondità sino alla profondità di indagine di 6.90 m. Seguono ghiaie, in matrice limosa addensata sino al totale arresto della sonda penetrometrica (8.10 m).

§ 2.5. Situazione idrogeologica locale

Così come facilmente intuibile, l'idrogeologia locale è condizionata



quasi esclusivamente dal regime delle aste fluviali più importanti, che instaurano una falda permeante l'intero materasso alluvionale, con variazioni di quota direttamente interdipendenti dal livello del Bormida e del Tanaro. Si nota che non sono presenti, in zona, linee di drenaggio di importanza significativa. Si allega una tavola della soggiacenza media annua locale, da cui si evince che la quota media della superficie della falda freatica è pari a circa 85 m s.l.m. che corrisponde ad una profondità (media annua) di circa 9 m da piano campagna.





§ 3. CLASSIFICAZIONE SISMICA E CARATTERIZZAZIONE DEI TERRENI AI SENSI DELLE NTC 2018

§ 3.1. Cenni sulla sismicità regionale

Il territorio regionale piemontese è circondato a Nord, ad Ovest e a Sud dal sistema alpino occidentale, catena collisionale originatasi a partire dal Cretaceo per lo scontro fra le placche Europea ed Adriatica. Il contesto tettonico e i regimi geodinamici attivi portano la regione ad essere interessata da una sensibile attività sismica, generalmente modesta come intensità, ma notevole come frequenza.

Gli epicentri si concentrano lungo due direttrici:

- una segue la direzione dell'Arco Alpino occidentale nella sua parte interna (limite fra le unità penniniche e la pianura padana);
- l'altra, più dispersa, segue l'allineamento dei massicci cristallini esterni (fronte Penninico).

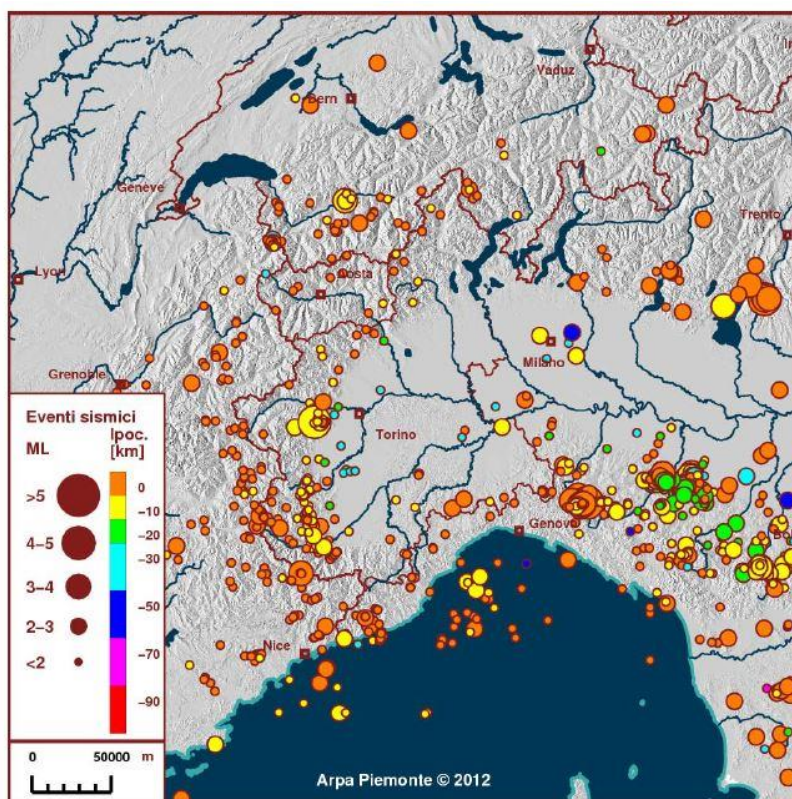


Figura 1 - Mappa della sismicità nel 2011 - I cerchi indicano la posizione degli epicentri, la dimensione dei simboli è proporzionale alla magnitudo e il colore è in funzione della profondità ipocentrale.



Le due direttrici convergono nella zona del Cuneese, per riaprirsi a ventaglio verso la costa interessando il Nizzardo e l'Imperiese. Un'ulteriore area di attività sismica per il Piemonte è costituita dall'estremità settentrionale degli Appennini ed interessa le zone sud-orientali della regione. Per approfondimenti relativi alla caratterizzazione della sismicità del territorio piemontese ed alla descrizione dei fenomeni, nonché sulla rete sismica e sulle attività di monitoraggio gestite dal Dipartimento Sistemi Previsionali di Arpa Piemonte in collaborazione con l'Università di Genova, si rimanda alla sezione tematica presente nel sito web di Arpa Piemonte

Il Comune di Alessandria ricade in zona sismica **3**. Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, l'effetto della risposta sismica locale si valuta mediante specifiche analisi, da eseguire con le modalità indicate nel § 7.11.3 (*delle NTC 2018*). In alternativa, qualora le condizioni stratigrafiche e le proprietà dei terreni siano chiaramente riconducibili alle categorie definite nella Tab. 3.2.II, si può fare riferimento a un approccio semplificato che si basa sulla classificazione del sottosuolo in funzione dei valori della velocità di propagazione delle onde di taglio, V_s .

I valori dei parametri meccanici necessari per le analisi di risposta sismica locale o delle velocità V_s per l'approccio semplificato costituiscono parte integrante della caratterizzazione geotecnica dei terreni compresi nel volume significativo, di cui al § 6.2.2 (*delle NTC 2018*). I valori di V_s sono ottenuti mediante specifiche prove oppure, con giustificata motivazione e limitatamente all'approccio semplificato, sono valutati tramite relazioni empiriche di comprovata affidabilità con i risultati di altre prove in sito, quali ad esempio le prove penetrometriche dinamiche per i terreni a grana grossa e le prove penetrometriche statiche. La classificazione del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio, $V_{s,eq}$ (in m/s).

Tab. 3.2.II – *Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato.*

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.
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.
C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.
E	Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.

In base ai risultati di alcune prove sismiche MASW, realizzate in Alessandria, i terreni in esame sono riconducibili alla categoria di suolo C ovvero “*Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti*”, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 e 360 m/s.”

Con riferimento alla tabella 2.4.1. delle N.T.C. 2018 l'opera in progetto è dotata delle seguenti caratteristiche:

Vita nominale V_N [anni] ≥ 50

Classe d'uso II (normale affollamento)

Ne consegue che il periodo di riferimento per l'azione sismica è:

$$V_R = V_N \cdot C_U$$

Per cui essendo dalla tabella 2.4.II delle N.C.T. 2018 (per classe II):

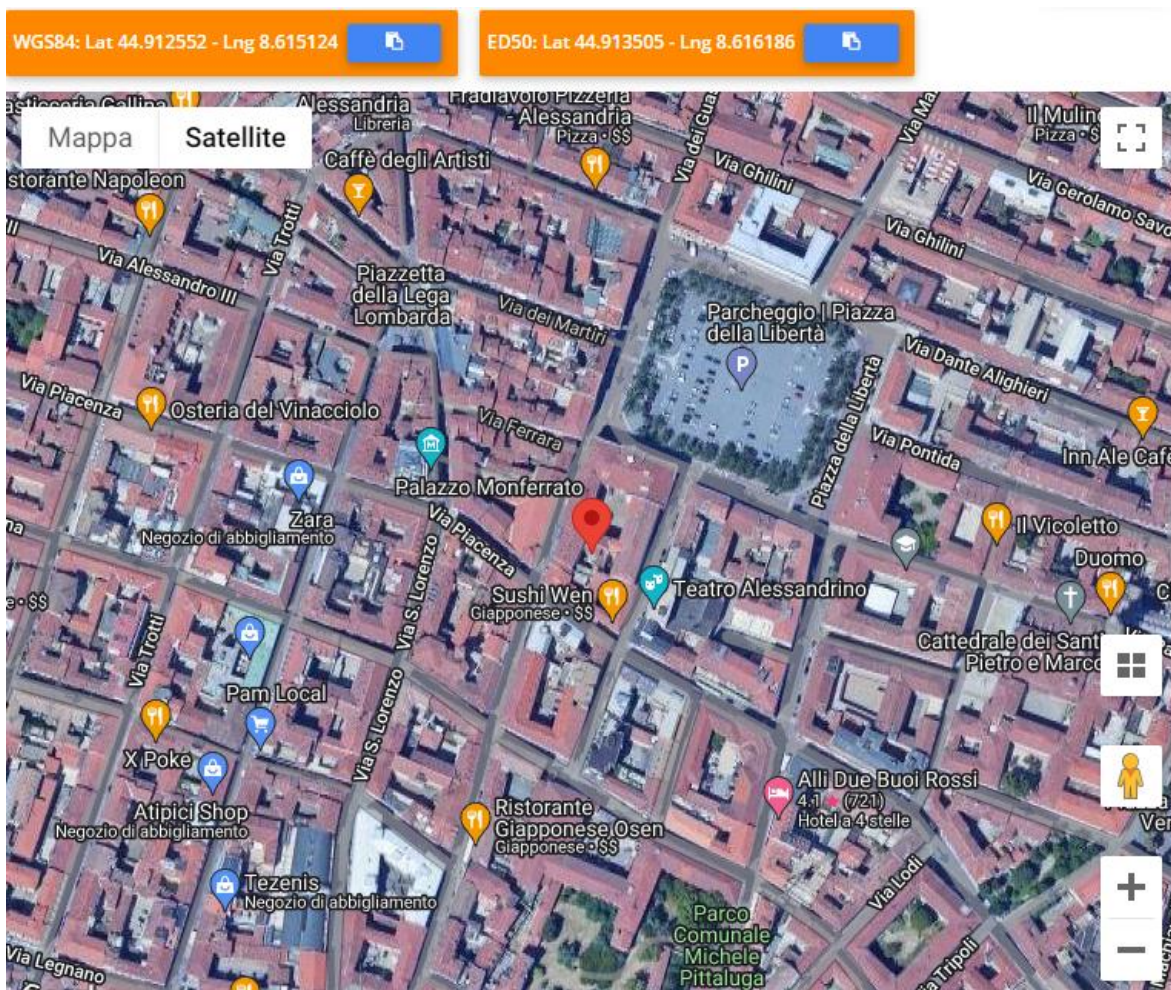
$$C_U = 1 \text{ si ha } V_R \geq 50 \text{ anni.}$$

Le coordinate medie del sito (espresse in WGS84) sono:


latitudine: 44,912552

longitudine: 8,615124

I parametri geografici e sismici sono stati ricavati con l'ausilio del programma Geostru PS - *Parametri sismici 2017*, come di seguito riportato.




Stati limite




Classe Edificio

II. Affollamento normale. Assenza di funz. pubbliche e sociali...



Vita Nominale

50



Interpolazione

Media ponderata

CU = 1

Stato Limite	Tr [anni]	a _g [g]	F _o	T _c * [s]
Operatività (SLO)	30	0.018	2.531	0.161
Danno (SLD)	50	0.024	2.523	0.193
Salvaguardia vita (SLV)	475	0.057	2.565	0.278
Prevenzione collasso (SLC)	975	0.073	2.567	0.287
Periodo di riferimento per l'azione sismica:	50			

Coefficienti sismici

Tipo

Stabilità dei pendii e fondazioni

☐ Muri di sostegno che non sono in grado di subire spostamenti.

H (m)

1

us (m)

0.1

Cat. Sottosuolo

Cat. Topografica

C

T1

SLO

SLD

SLV

SLC

SS Amplificazione stratigrafica

1,50

1,50

1,50

1,50

CC Coeff. funz categoria

1,92

1,81

1,60

1,59

ST Amplificazione topografica

1,00

1,00

1,00

1,00

☐ Acc.ne massima attesa al sito [m/s²]

0.6

Coefficienti

SLO

SLD

SLV

SLC

kh

0.005

0.007

0.017

0.022

kv

0.003

0.004

0.008

0.011

Amax [m/s²]

0.267

0.351

0.833

1.069

Beta

0.200

0.200

0.200

0.200



§ 3.2. Stabilità nei confronti della liquefazione

Il sito in cui è ubicata la costruzione deve essere stabile nei confronti della liquefazione, intendendo con tale termine quei fenomeni associati alla perdita di resistenza al taglio o ad accumulo di deformazioni plastiche in terreni saturi, prevalentemente sabbiosi, sollecitati da azioni cicliche e dinamiche che agiscono in condizioni non drenate.

Se il terreno risulta suscettibile di liquefazione e gli effetti conseguenti appaiono tali da influire sulle condizioni di stabilità di pendii o manufatti, occorre procedere ad interventi di consolidamento del terreno e/o trasferire il carico a strati di terreno non suscettibili di liquefazione.

In assenza di interventi di miglioramento del terreno, l'impiego di fondazioni profonde richiede comunque la valutazione della riduzione della capacità portante e degli incrementi delle sollecitazioni indotti nei pali.

§ 3.3. Esclusione della verifica a liquefazione

La verifica a liquefazione può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti circostanze:

1. accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di $0,1g$;
2. profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
3. depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N_1)_{60} > 30$ oppure $q_{c1N} > 180$ dove $(N_1)_{60}$ è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e q_{c1N} è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;
4. distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Fig. 7.11.1(a) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c < 3,5$ e in Fig. 7.11.1(b) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c > 3,5$.

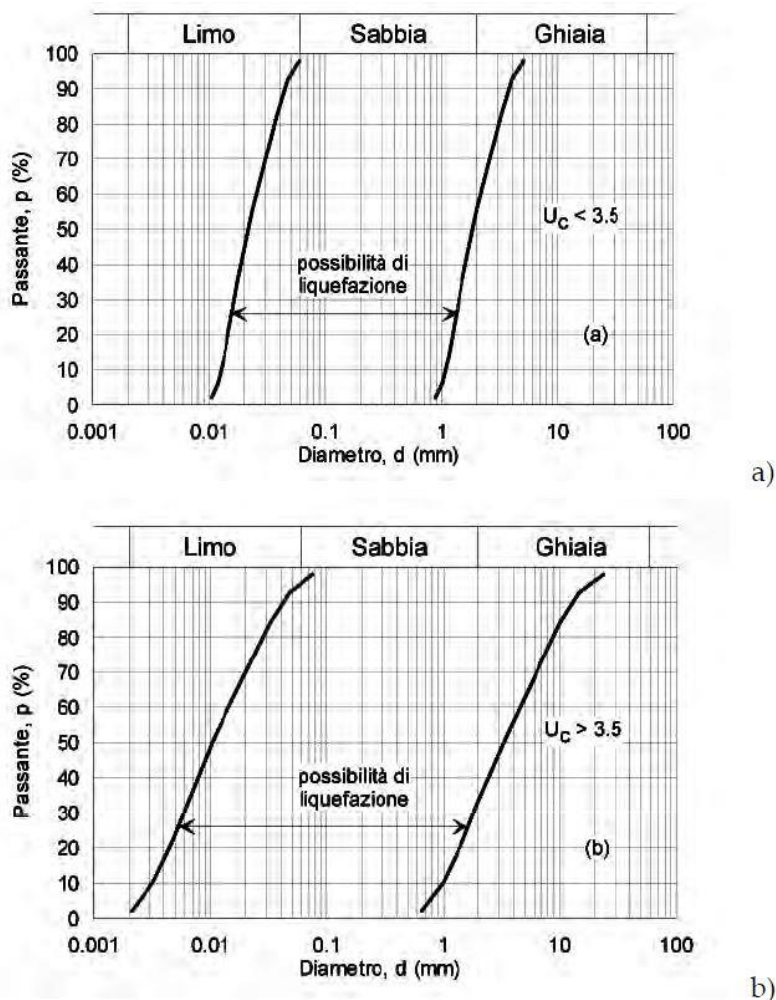


Fig. 7.11.1 – Fusi granulometrici di terreni suscettibili di liquefazione

Nel nostro caso il territorio comunale e, in particolare, il sito di intervento, ricade in una zona in cui l'accelerazione massima, attesa al piano campagna in assenza di manufatti, (condizioni di campo libero) è pari, (con riferimento allo stato limite SLV e tempo di ritorno $T_r = 475$ anni), al valore di 0.057 g e minore di 0,1g.

Si verifica, pertanto, la condizione di esclusione di verifica delle condizioni di liquefazione di cui al punto 1 del capitolo 7.11.3.4.2 delle N.T.C. 2018.



§ 4. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEI MATERIALI

§ 4.1. Descrizione della metodologia adottata

Per la caratterizzazione geotecnica dei terreni su cui ricade l'intervento, si sono utilizzati i risultati di una prova penetrometrica dinamica SCPT, con penetrometro superpesante, secondo lo standard DPSH, realizzata dalla ditta Sondeco di Torino.

Attraverso l'esecuzione delle prove penetrometriche è possibile ottenere i parametri di resistenza del terreno, parametri che permettono di caratterizzare, da un punto di vista quantitativo, le formazioni interessate dall'opera in progetto.

Nelle prove penetrometriche dinamiche, i parametri geomeccanici, caratterizzanti il terreno, vengono correlati alla resistenza che il terreno stesso oppone all'avanzamento di una punta conica infissa a percussione.

Nei successivi paragrafi verranno descritte dettagliatamente le attrezzature e le modalità di indagine adottate e quindi verranno riportati tutti i risultati ottenuti.

Prove DP: modalità di esecuzione ed attrezzatura

La prova penetrometrica dinamica consiste nell'infiggere verticalmente nel terreno, mediante battitura, una punta conica di dimensioni assegnate. La battitura viene effettuata lasciando cadere un maglio di dato peso da un'altezza costante. L'energia del maglio viene trasmessa alla punta attraverso una testa di battuta collegata alla punta da una batteria di aste. A differenza della prova SPT la prova penetrometrica dinamica può essere eseguita direttamente da piano campagna ed in modo continuo senza l'esecuzione di un foro. La resistenza del terreno viene valutata dal numero di colpi necessari alla penetrazione della punta per una data lunghezza.

Esistono diverse metodologie di indagine per le prove DP, nel caso in esame, in particolare, si è utilizzato un penetrometro superpesante (DPSH - "Meardi - AGI") tipo Pagani modello TG 73/100, semovente.

Le caratteristiche principali della prova possono essere così sintetizzate



- Peso del maglio	73.0 Kg
- Altezza di caduta	75 cm
- Diametro della punta conica	51.0 mm
- Angolo di apertura della punta conica	60°
- Misurazione	ogni 30 cm.

§ 4.2. Interpretazione delle prove penetrometriche

In considerazione del fatto che risulta impossibile o quanto meno particolarmente oneroso prelevare campioni indisturbati in terreni granulari, l'impiego di prove in sito, rappresenta il più delle volte l'unica possibilità di pervenire alla caratterizzazione meccanica di tali depositi. Per tale ragione si sono ottenute correlazioni empiriche tra i risultati della prova penetrometriche ed alcuni parametri fisico - meccanici dei terreni granulari. Le correlazioni empiriche disponibili in letteratura consentono di stimare:

- la densità relativa;
- l'angolo di resistenza al taglio;
- la resistenza alla liquefazione;
- la deformabilità.

In particolare, la maggior parte delle correlazioni fa riferimento al valore di N_{SPT} ; per questo motivo nel caso vengano effettuate prove DP si utilizzano prima formulazioni che permettono di risalire dai valori di N_{10} , N_{30} al corrispondente valore di N_{SPT} e quindi si procede alla caratterizzazione geotecnica del terreno.

Da un'indagine svolta nei depositi fluvioglaciali dell'area torinese confrontando i risultati di prove dinamiche con penetrometro "Meardi - AGI" e prove SPT, si è potuta ricavare la seguente relazione tra i risultati:

$$\frac{N_{30}}{N_{SPT}} \cong 0.57$$

Anche in un'altra esperienza fatta dallo Studio Geotecnico Italiano con lo stesso tipo di penetrometro dinamico nei depositi fluviolacustri della pianura di Sondrio si sono ottenuti risultati del tutto simili, in particolare si



è ricavato:
$$\frac{N_{30}}{N_{SPT}} \cong 0.50$$

Con riferimento anche ad altre prove eseguite in terreni a comportamento geotecnico simili a quelli in esame, si è visto che il rapporto tra il numero di colpi delle prove penetrometriche, non supera mai il valore di 0.60, valore di riferimento assunto per l'interpretazione delle prove in esame.

Densità relativa

La resistenza al taglio e la rigidezza di un terreno granulare dipendono dallo stato di addensamento del deposito (Terzaghi e Peck 1948), che può essere convenientemente espresso attraverso il parametro della densità relativa (D_R). La dipendenza $N_{SPT} = f(D_R, \sigma'_{v0})$ è nota sin dai primi lavori di Gibbs e Holtz (1957), come pure la formulazione matematica di tale legame che è stata proposta da Meyerhof (1957) utilizzando i risultati sperimentali di Gibbs e Holtz (1957). Tale correlazione è stata rivista e corretta, nel corso del tempo, da diversi altri autori (tra gli ultimi studi Cubrinovski e Ishihara (1999)) per tenere conto di alcuni fattori trascurati nella prima formulazione e che portavano ad una sovrastima della densità relativa dei depositi con risultati, quindi, a sfavore di sicurezza.

Nel caso in esame si adottano le correlazioni di Skempton (1986) che ha riformulato l'espressione di Meyerhof tenendo conto dei seguenti aspetti:

- risulta conveniente normalizzare i valori N_{SPT} misurati rispetto alla tensione verticale efficace in modo da ottenere il valore N_1 ovvero quello che corrisponde ad una σ'_{v0} di 1 bar = 98 kPa;
- è inoltre necessario normalizzare i valori N_{SPT} rispetto all'effettivo rendimento energetico del sistema di battitura determinando $(N_1)_{60}$.

$$(N_1)_{60} = N_{SPT} \cdot C_N \frac{ER}{60}$$

Considerata la tipologia dell'attrezzatura usata per l'esecuzione delle prove in esame, come avviene nella maggior parte dei casi in Italia, si ha un rendimento energetico del 60% e quindi si pone $N_{60} = N_{SPT}$.

I valori di C_N possono essere valutati sulla base dei criteri formulati



da Seed et al. (1983) e Liao e Withman (1986). In particolare, Liao e Whitman (1986) propongono la seguente formula:

$$C_N = \left(\frac{p_a}{\sigma'_{v0}} \right)^{0.5}$$

dove p_a è la pressione atmosferica.

Il legame tra valore $(N_1)_{60}$ e la densità relativa D_R diventa pertanto il seguente:

$$(N_1)_{60} / D_R = (a+b)$$

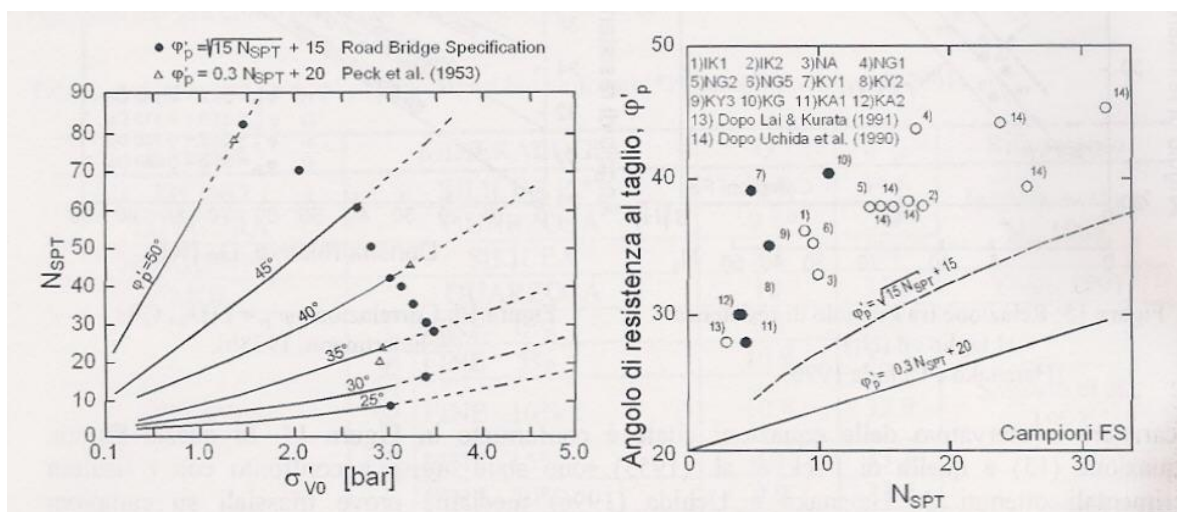
la costante $A = (a+b)$ è stata tabellata da Skempton e dipende dalla storia tensionale, dalla granulometria e dall'età del deposito.

Resistenza al taglio - terreni granulari

La determinazione dell'angolo di resistenza al taglio di picco (ϕ'_p) in condizioni drenate può essere effettuata utilizzando due diversi tipi di correlazioni empiriche:

- le correlazioni empiriche tra N_{SPT} e ϕ'_p (ad es. Peck et al. 1953, De Mello 1971);
- le correlazioni empiriche del tipo $\phi'_p = f(D_R, \text{granulometria})$ con $D_R = f(N_{SPT}, \sigma'_{v0})$ (ad es. Schmertmann 1978, Bolton 1986).

La correlazione empirica tra N_{SPT} e ϕ'_p , proposta da De Mello (1971) sulla base dei risultati di laboratorio ottenuti da Gibbs e Holtz (1957), è riportata in Figura.



Correlazione tra N_{SPT} e ϕ'_p , proposta da De Mello

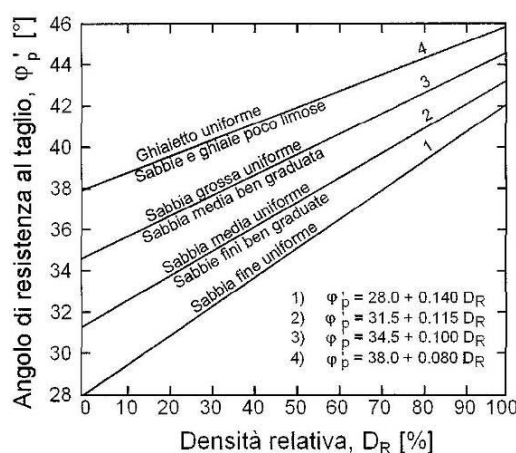
Sono disponibili in letteratura altre correlazioni, più semplici di quella



riportata in Figura 12. Tali correlazioni hanno un'espressione analitica simile a quella riportata di seguito:

$$\varphi'_P = (15 \cdot N_{SPT})^{0.5} + 15 \text{ con } N_{SPT} > 5 \text{ (Japan Road Association, 1990)}$$

Tale relazione che non tiene conto in maniera esplicita di σ'_{v0} e risulta conservativa, verrà adottata per l'interpretazione delle prove in esame. In alternativa alle relazioni prima descritte si può determinare φ'_P una volta nota la densità relativa ricorrendo, ad esempio, alla correlazione proposta da Schmertmann (1978) riportata nella figura sottostante.



Correlazione di Schmertmann

Resistenza al taglio - terreni a grana fine

L'uso della prova SPT nei terreni a grana fine o nelle rocce tenere è meno frequente che nei terreni granulari. Nelle correlazioni empiriche tra N_{SPT} e i parametri di interesse, ad esempio la resistenza al taglio non drenata (C_u), inoltre, presentano una notevole variabilità e spesso forniscono indicazioni contraddittorie, cosicché appare poco significativo ottenere un valore di C_u da tali correlazioni. I risultati delle prove penetrometriche sono per lo più utilizzati per ottenere una valutazione qualitativa della consistenza del terreno del tipo riportato nella tabella seguente.

Consistenza	N_{SPT}
Molle	2
Tenera	4
Media	8
Compatta	15
Molto compatta	30
Dura	> 30

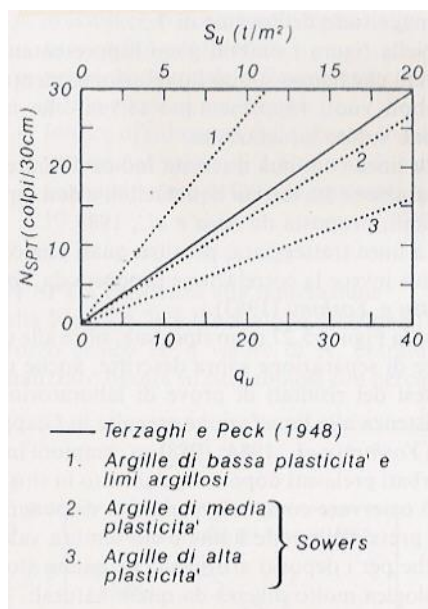


Tra le correlazioni presenti in letteratura tra C_u e N_{SPT} si riporta ad esempio quella di Stroud (1974), ricavata per argille sensitive:

$$C_u = f_1 \cdot N_{SPT}$$

con $f_1 = 3.2 \div 7.6$ (i valori decrescono al crescere dell'indice di plasticità).

Una ulteriore stima della C_u si può ricavare dal grafico riportato di seguito ricavato dal NAV-FAC Design Manual (1982). Nei depositi di elevata sensitività la correlazione indicata può portare ad una sottostima di C_u , ma il risultato ottenibile, in fase di progettazione, risulta comunque cautelativo.



Un'altra recente correlazione (Scuderi 2017) consente di correlare i valori di $N_{SPT(60)}$ ossia i valori di N_{SPT} normalizzati, con la coesione C_u , in funzione sia della plasticità delle argille, sia della tensione litostatica efficace: tale procedimento permette di evitare inopportune sovrastime della C_u per elevate profondità. La correlazione è la seguente:

$$C_u = \frac{N_{60} \cdot \alpha}{\sqrt{\sigma_v} + 1} \quad [\text{Kg/cm}^2]$$

In cui:

σ_v = tensione litostratigrafica efficace alla quota di esecuzione della prova in Kg/cm²



$\alpha = 0.05$ per argille a media plasticità

$\alpha = 0.07$ per argille ad alta plasticità

Nei livelli coesivi, pertanto, sarà utilizzata quest'ultima correlazione.

§ 4.3. Descrizione delle prove penetrometriche

Dai risultati della prova penetrometrica si può risalire ad una stratigrafia, costituita da una bancata superficiale di limi, localmente argillosi, di colore nocciola, molto sciolti, sino a circa 4.5 m di profondità, che passano in limi argillosi più compatti e con valori di coesione che crescono in modo lineare con la profondità sino alla profondità di indagine di 6.90 m. Seguono ghiaie, in matrice limosa addensata sino al totale arresto della sonda penetrometrica (8.10 m).

La successione delle 3 unità geotecniche, pertanto, è stato esplicitata nella tabella riassuntiva riportata di seguito.

§ 4.4. Assegnazione dei parametri geotecnici

Le N.T.C. 2008 e le N.T.C.2018, attualmente in vigore, hanno sostituito il concetto di separazione del sottosuolo in vari elementi stratigrafici a cui venivano assegnati i valori medi, perché la nuova normativa non considera i valori medi sufficientemente cautelativi. Le Norme richiedono di ricavare il valore caratteristico di resistenza per ogni intervallo omogeneo di resistenza ed individuato come “strato medio”, il frattile 5% della resistenza, ossia quel valore che ha il 5% di probabilità di venire minorato. Per il calcolo del 5° percentile si fa ricorso alla seguente formula:

$$R_K = R_m \pm t_{n-1}^{0.95} \left(\frac{s}{\sqrt{n-1}} \right)$$

dove

R_K = valore caratteristico della resistenza considerata

R_m = valore medio della resistenza considerata

T = valore della distribuzione di Student a $n-1$ gradi di libertà con probabilità $u = 95\%$ (ossia $1-\alpha = 0.95$ o alternativamente $\alpha = 0.05$).

s = deviazione standard del campione di dati



n = numero di dati

Sulla base di tali considerazioni (si veda a questo proposito la tabella di calcolo con l'elaborazione statistica dei risultati, riportata in allegato) è possibile ricostruire una successione geotecnica media per le varie unità.

Riassumendo, si hanno i seguenti valori caratteristici dei parametri di resistenza dei diversi livelli geotecnici individuati:

livello geotecnico	Profondità [m]	Angolo d'attrito interno φ [°]	Coesione non drenata C_u [kPa]	Peso di volume naturale γ [kN/m ³]
<i>limi argillosi sciolti, con modeste caratteristiche di resistenza</i>	0.00 ÷ 4.50	-	17.3	17.0
<i>limi argillosi più compatti, sovraconsolidati</i>	4.50 ÷ 6.90	-	69.2	19.0
<i>ghiaie addensate in matrice limosa</i>	6.90 ÷ 8.10	38.3	-	21

I primi 2 livelli geotecnici sono costituiti da terreni a comportamento coesivo, ovvero terreni caratterizzabili con un valore di coesione e da un angolo di attrito pari a zero.

Per l'ultimo strato, costituito da ghiaie addensate, il comportamento geomeccanico è legato al solo valore dell'angolo d'attrito interno φ .



§ 5. CONSIDERAZIONI IDROGEOLOGICHE.

La recente mappa della pericolosità e del rischio di alluvione del PGRA nel comune di Alessandria, ha evidenziato che l'area in esame è soggetta a potenziali fenomeni di allagamento, calcolati in base a verifiche idrologiche effettuate con tempi di ritorno pari a 200 anni. Nel presente paragrafo si valuterà, pertanto, l'entità del tirante idrico locale, per valutare le condizioni di eventuale interferenza con interventi edilizi la cui destinazione d'uso comporti la presenza continuativa di persone.

Si applicano i disposti della recente Delibera di Consiglio Comunale n. 16 del 14/03/2024 avente per oggetto "DECRETO DEL SEGRETARIO GENERALE DELL'AUTORITÀ DI BACINO DISTRETTUALE DEL FIUME PO N. 121 DEL 26.10.2022 E DELIBERAZIONE DELLA GIUNTA REGIONALE N. 27-6373 DEL 28.12.2022. – VARIANTE STRUTTURALE AL P.R.G.C. AI SENSI DEL C. 4 ART. 17 DELLA L.R 56/77 E S.M.I. DI ADEGUAMENTO AL PIANO DI ASSETTO IDROGEOLOGICO (PAI). DISPOSIZIONI TRANSITORIE ATTO DI INDIRIZZO (DELIBERAZIONE PROPOSTA DI GIUNTA N. 324 DEL 15/12/2023).

In tale delibera si precisa che, per evitare un aggravio allo stallo abilitativo della gran parte degli interventi edilizi proposti, ricadenti nella fascia C del PAI a tergo del "limite di progetto tra la fascia B e la fascia C", in applicazione delle norme di attuazione dello stesso PAI e della Circolare esplicativa regionale 7/LAP/1996, oltre alla verifica dei disposti delle Norme di Attuazione del PRGC vigente, come di seguito specificato:

- a) qualora all'interno dei centri e nuclei abitati emergano ambiti caratterizzati da tiranti idraulici inferiori a 30 cm e velocità inferiori a 0.60 m/sec, seppur allagabili per la piena di riferimento duecentennale, gli interventi edilizi saranno ammessi nei limiti stabiliti dalle Norme di Attuazione del PRGC, redigendo le verifiche idrauliche stabilite dalla DGR 27- 6373/2022 e previa presentazione di atto unilaterale di rinuncia al risarcimento in caso di danno derivante da esondazione (da registrare e trascrivere presso la competente conservatoria dei RR.II.), per gli*



interventi comportanti aumento di carico antropico, nonché le nuove costruzioni e gli ampliamenti. In caso di realizzazione di locali interrati e seminterrati, dovranno essere previsti idonei accorgimenti tecnici e misure di protezione (quali paratie in corrispondenza degli accessi, ecc...) atti a impedire l'allagabilità dei locali e il rischio per gli utilizzatori degli stessi;

- b) qualora all'interno dei centri e nuclei abitati emergano invece ambiti caratterizzati da parametri superiori ai limiti predetti (tiranti superiori a 30 cm o velocità superiori a 0.60 m/sec), gli interventi edilizi saranno ammessi limitatamente a quanto stabilito da: – Art. 39 delle Norme di Attuazione del PAI; – Art. 5 c. 6 lett. b), c), ed f) delle Norme di Attuazione del PRG; – Art. 65 delle Norme di Attuazione del PRGC (ma con un limite massimo per le destinazioni non residenziali del 10% di incremento della superficie e comunque fino ad un massimo di 250 mq); – Art. 74 c. 1 delle Norme di Attuazione del PRGC. Saranno inoltre ammissibili i manufatti pertinenziali che non comportano incremento dei parametri edilizi volumetrici o superficiali, di cui all'Art. 5 c. 2 delle Norme di Attuazione del PRG, (piscine, impianti tecnologici a servizio degli edifici, aree ludiche, ecc....), e il completamento di fabbricati regolarmente concessionati ove risultino realizzate le opere strutturali e l'involucro esterno risulti al rustico. In tutti i casi è vietata la realizzazione di locali interrati e seminterrati, e per gli interventi al piano terreno dovranno essere previsti idonei accorgimenti tecnici e misure di protezione (quali paratie in corrispondenza degli accessi, ecc...) atti a impedire l'allagabilità dei locali abitabili. Tutti gli interventi edilizi predetti non devono comportare incremento di carico antropico e le relative pratiche dovranno essere corredate dalle verifiche idrauliche stabilite dalla DGR 27–6373/2022 e dall'atto unilaterale di rinuncia al risarcimento in caso di danno derivante da esondazione (da registrare e trascrivere presso la competente conservatoria dei RR.II.).”*

Il Comune di Alessandria ha richiesto alla Regione Piemonte l'invio della documentazione istruttoria digitale, relativa agli studi idraulici



condotti sull'intera asta dall'Università di Padova, recepiti con note di trasmissione del Settore Difesa del Suolo della Regione Piemonte – n. 30771 del 17.07.2023, n. 82936 del 22.09.2023 e n. 95706 del 31.10.2023, sulla base dei quali è stata definita la variante al PAI decretata in oggetto;

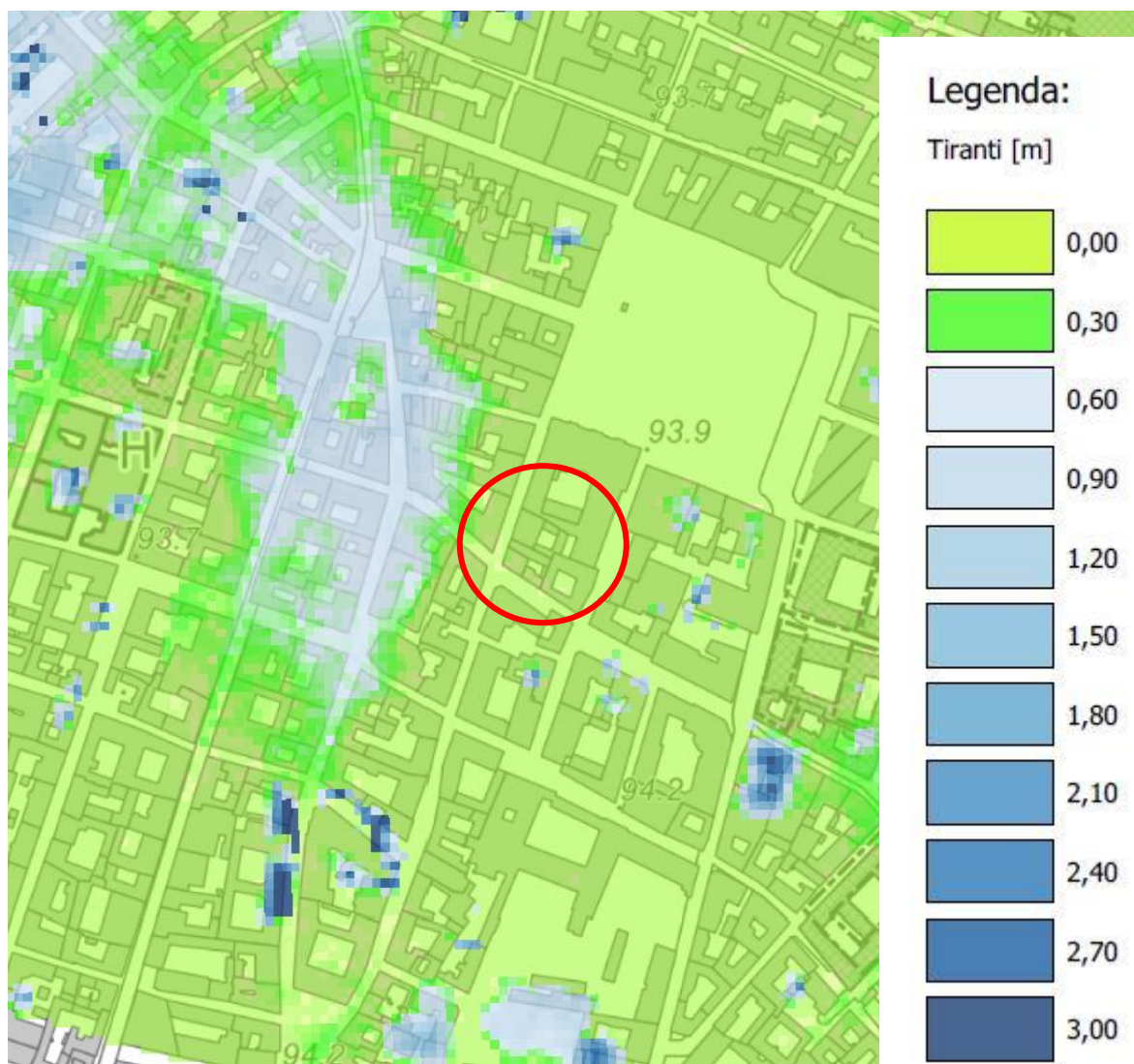
Tali documenti in formato TIF raster, illustrano il campo delle velocità e dei tiranti idrici nel territorio comunale di Alessandria.

Si precisa, inoltre che praticamente in tutto l'urbanizzato, ricadente nella fascia C del PAI, a tergo del "limite di progetto tra la fascia B e la fascia C, le velocità sono sempre inferiori al valore soglia pari a 0.6 m/s.

Per tale motivo, il parametro dirimente risulta il tirante idrico.

Tali tiranti sono stati riscontrati tramite interrogazione delle carte TIF raster dei tiranti: si osserva che il valore di tale tiranti, su tutta l'area della costruzione, è sempre pari a 10 cm.

Per tale motivo si ricade in quanto stabilito dalla voce "a" di cui alla Deliberazione di C.C. n. 16 del 15/03/2024,



In particolare “gli interventi edilizi saranno ammessi nei limiti stabiliti dalle Norme di Attuazione del PRGC, redigendo le verifiche idrauliche stabilite dalla DGR 27– 6373/2022 e previa presentazione di atto unilaterale di rinuncia al risarcimento in caso di danno derivante da esondazione (da registrare e trascrivere presso la competente conservatoria dei RR.II.), per gli interventi comportanti aumento di carico antropico, nonché le nuove costruzioni e gli ampliamenti. In caso di realizzazione di locali interrati e seminterrati, dovranno essere previsti idonei accorgimenti tecnici e misure di protezione (quali paratie in corrispondenza degli accessi, ecc...) atti a impedire l’allagabilità dei locali e il rischio per gli utilizzatori degli stessi;



§ 6. CONSIDERAZIONI E MODALITA' OPERATIVE

La ricostruzione della stratigrafia locale è stata eseguita, tramite i risultati di 1 prova penetrometrica dinamica SCPT.

Essa ha consentito di ricostruire la stratigrafia geotecnica del sito, suddividendo i terreni di fondazione in tre unità geotecniche sovrapposte, a cui sono poi stati assegnati i parametri di resistenza caratteristici.

Il sito presenta condizioni morfologiche piuttosto regolari, si tratta, infatti, di un terreno praticamente pianeggiante e con modeste caratteristiche geotecniche, soprattutto nel primo strato.

La prova penetrometrica ha mostrato, infatti, la presenza di una coltre sciolta, con spessore di circa 4.50 m e con scadenti caratteristiche geotecniche.

Si nota che la costruzione è dotata di un piano interrato per cui le fondazioni sono poste ad almeno -3 m da piano strada.

Gli interventi di ristrutturazione non cambiano in maniera significativa i carichi sulle fondazioni, per cui il quadro tensionale di progetto rimane molto simile a quello attuale.

In ogni caso, sulla base dei parametri di resistenza indicati, dei carichi di progetto e delle fondazioni ritenute più opportune sarà possibile effettuare un calcolo geotecnico dell'insieme terreno-opere di fondazione ai sensi delle NTC 2018.

Eventuali interventi di consolidamento delle fondazioni dovranno essere preceduti da una serie di pozzetti esplorativi, che avranno il compito di valutare la geometria e la tipologia delle fondazioni.

Dovrà essere verificata e sostituita, qualora necessario, l'intera rete di scarico delle acque piovane, provenienti dalle falde del tetto, incluse quelle che ricadono direttamente sulla corte interna, che dovranno essere intercettate da apposite caditoie ed allontanata dal sistema di drenaggio.

Si raccomanda che eventuali scavi rimangano aperti per il minor tempo possibile al fine di non innescare moti di filtrazione anomali all'interno dei terreni.

Dovranno essere altresì predisposte tutte le misure per impedire



risalite di umidità all'interno della struttura per capillarità dalle fondazioni.

Particolare cura dovrà essere riservata nella realizzazione di fossi e di canalette perimetrali alle aree di scavo.

La prova sismica ha permesso di classificare i suoli di fondazione come appartenenti alla tipologia C.

Per la verifica puntuale del tirante idrico locale, si è effettuato un'interrogazione delle carte raster, riportate in allegato alla più volte citata delibera di Consiglio Comunale n. 16 del 15/03/2024.

Tale verifica ha mostrato valori molto contenuti (10 cm): ciò consente di inserire l'area nella classe "a" di cui alla Deliberazione C.C.. n. 16 del 14/03/2024. Per tale motivo si applicano i disposti di cui alle Norme Tecniche di Attuazione per le aree in Classe I del PRGC, oltre alle norme aggiuntive, per la classe a), precedentemente elencate.

A livello territoriale/programmatorio non si riscontrano elementi, da un punto di vista geologico ed idrogeologico, che possano essere di impedimento alla realizzazione delle opere in progetto.

Anche sulla scorta dei risultati del rilievo geologico e delle indagini in sito, nonché da un esame sulla compatibilità dell'intervento in progetto con la situazione geomorfologica locale, da un punto di vista geologico tecnico, non si riscontrano problematiche particolari all'autorizzazione degli interventi in progetto.

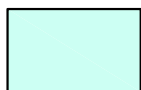
Documento firmato digitalmente

ing. geol. Giuseppe Massone

ALLEGATO: INQUADRAMENTO GEOLOGICO



LEGENDA



Alluvioni prevalentemente argillose della superficie principale della pianura a Sud del Po, attribuibili in parte alle Alluvioni postglaciali e in parte al Fluviale recente.



ALLEGATO: PROVA PENETROMETRICA

Certificato n° 1572 del 30/05/2024




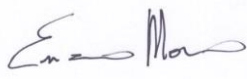

S.E. Costruzioni S.r.l.

CANTIERE: VIA S. GIACOMO DELLA VITTORIA, 8-16

ALESSANDRIA

INDAGINE GEOGNOSTICA

Note tecnico – esecutive

Rev.	Data	Redazione	Verifica	Approvazione	Descrizione
Ø	30/05/2024	dott. Stellato S. 	dott. geol. Mosso E. 	dott. geol. Chiesa G. 	Prima Emissione

Sondeco S.r.l. - Strada della Commenda 11 - 10149 Torino - Tel 011.7393610

sondeco@sondeco.it - sondeco@pec.it - www.sondeco.it

C.F. e P. IVA 06855970015 - CCIAA TO 818733 - Cap. Soc. € 25.000,00 i.v.

Certificato n° 1572 del 30/05/2024**S.E. Costruzioni S.r.l.****INDAGINE GEOGNOSTICA****Via S. Giacomo della Vittoria, 8-16 - Alessandria**

Su incarico di “S.E. Costruzioni S.r.l.” è stata eseguita nella giornata del 30 maggio 2024 una indagine geognostica costituita da n° 1 prova penetrometrica dinamica (DPSH), ubicata presso il cortile interno di uno stabile residenziale sito in Via San Giacomo della Vittoria n° 8-16 (Fig. 1 e 2), nel territorio comunale di Alessandria.

L'indagine aveva lo scopo di verificare l'assetto litostratigrafico e le caratteristiche geotecniche dei materiali presenti in corrispondenza all'edificio a supporto del progetto di recupero mediante ristrutturazione straordinaria dello stabile esistente.

PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE TIPO DPSH

Per l'esecuzione dell'indagine si è utilizzato un penetrometro dinamico superpesante (DPSH - “Meardi - AGI”) tipo Pagani modello TG 63/100, semovente, avente le seguenti caratteristiche standard:

CARATTERISTICHE TECNICHE PENETROMETRO DINAMICO “PAGANI 63/100” (CONFIGURAZIONE AGI)	
Peso massa battente	73 kg
Altezza di caduta libera	0,75 m
Diametro punta conica	51,00 mm
Area di base della punta	20,43 cm ²
Angolo di apertura della punta	60°
Lunghezza delle aste	1,00 m
Peso di 1 asta	6.31 Kg/m
Avanzamento punta	0,30 m
Numero colpi	N ₍₃₀₎
Lavoro specifico per colpo	265 KJ/m ²
Norma di riferimento	A.G.I. 1977

Tabella 1

Certificato n° 1572 del 30/05/2024

La verticale penetrometrica, denominata *DPSH1*, è stata spinta fino alla profondità di rifiuto alla penetrazione. La profondità raggiunta è riportata nella seguente **Tabella 2**:

Prova n°	Coordinate del punto di indagine (GPS – gradi decimali)	Profondità da p.c. (m)
DPSH1	44.912517° 8.615058°	8.10 (Rifiuto)

Tabella 2

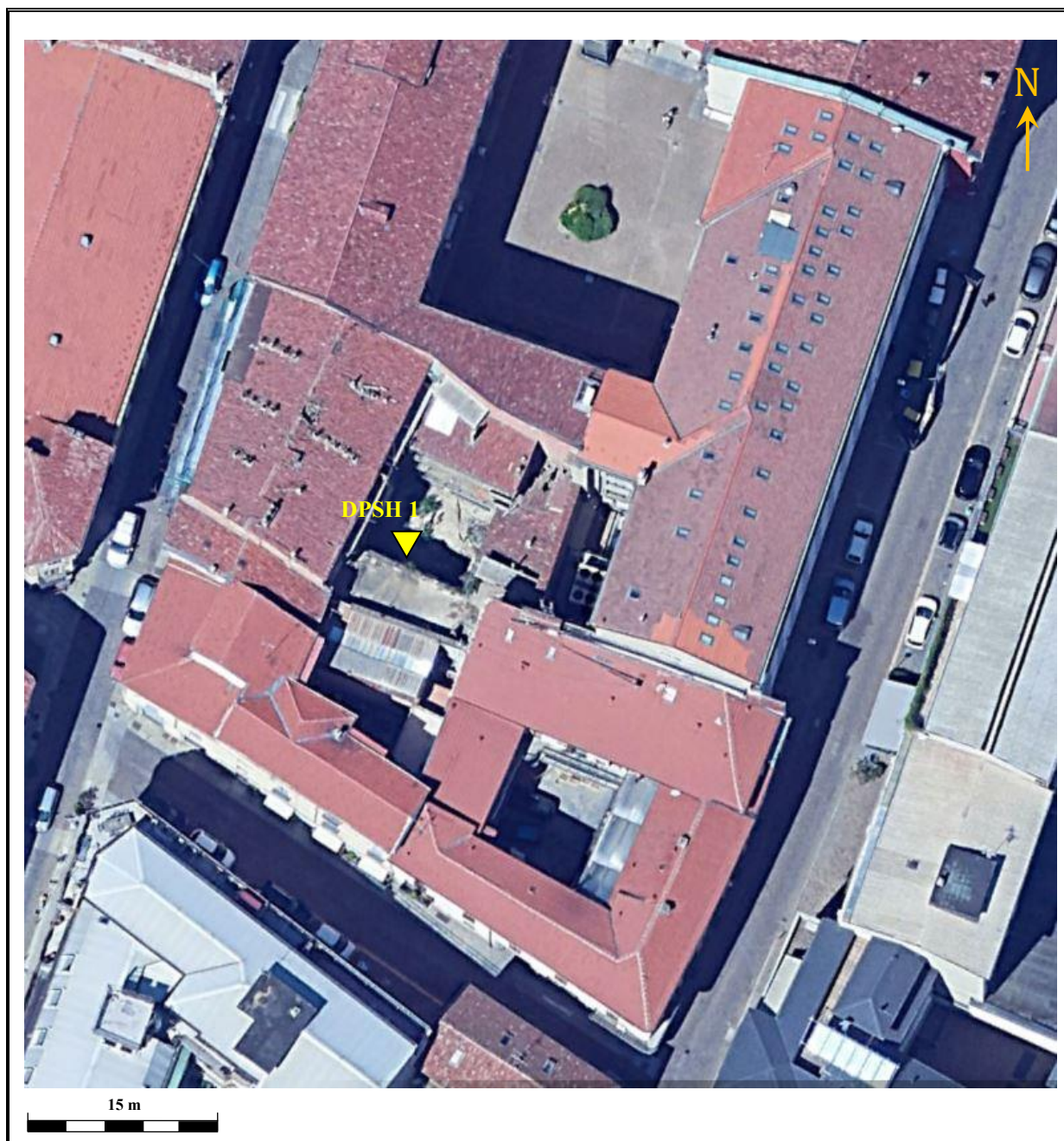
Si trasmettono in allegato i risultati ed i diagrammi delle indagini eseguite.

Certificato n° 1572 del 30/05/2024



Fig. 1: Inquadramento area di indagine.

(immagine satellitare estratta da Google Earth Pro)

Certificato n° 1572 del 30/05/2024**Fig. 2:** Ubicazione delle indagini eseguite.*(immagine satellitare estratta da Google Earth Pro)*

Certificato n° 1572 del 30/05/2024

**Allegato
penetrometrico**

Certificato n° 1572 del 30/05/2024

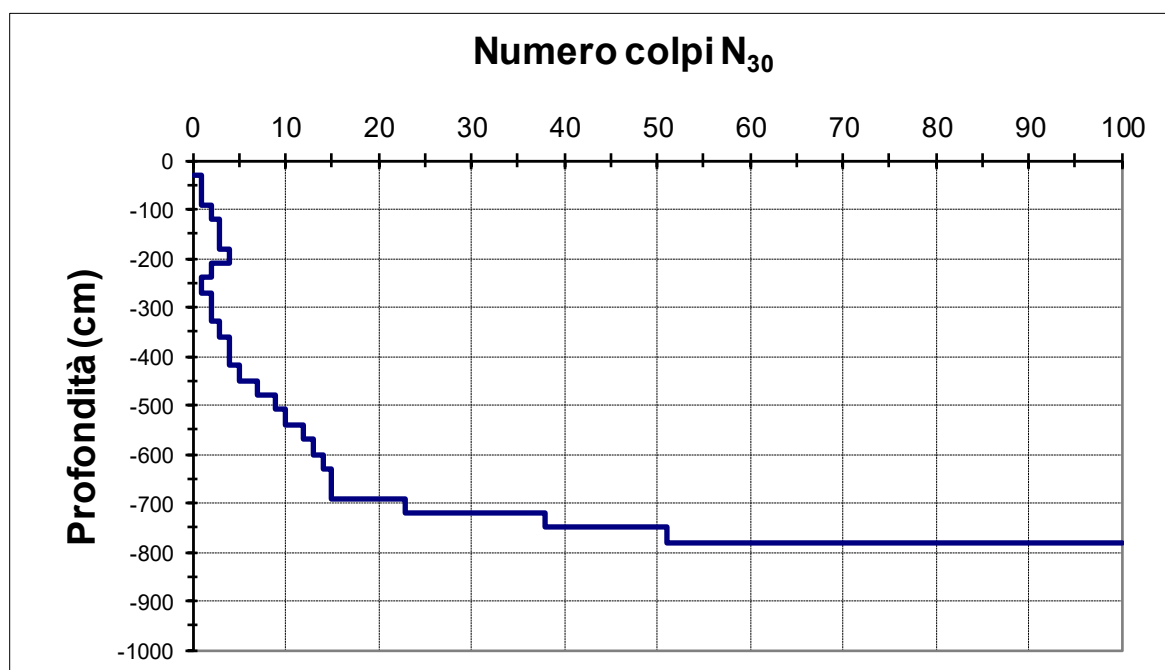
**Committente: S.E. Costruzioni S.r.l.****Località: Alessandria****Cantiere: Via S. Giacomo della Vittoria, 8-16****Data: 30/05/24****Prova n° DPSH 1**

Penetrometro dinamico tipo Pagani Tg 63/100

Livello falda alla data di esecuzione: non rilevata

Quota di riferimento: piano cortile

Quota (cm)	N° colpi	Quota (cm)	N° colpi	Quota (cm)	N° colpi	Quota (cm)	N° colpi
		510	9	1020		1530	
30	Preforo	540	10	1050		1560	
60	1	570	12	1080		1590	
90	1	600	13	1110		1620	
120	2	630	14	1140		1650	
150	3	660	15	1170		1680	
180	3	690	15	1200		1710	
210	4	720	23	1230		1740	
240	2	750	38	1260		1770	
270	1	780	51	1290		1800	
300	2	810	R	1320		1830	
330	2	840		1350		1860	
360	3	870		1380		1890	
390	4	900		1410		1920	
420	4	930		1440		1950	
450	5	960		1470		1980	
480	7	990		1500		2010	



Certificato n° 1572 del 30/05/2024

**Allegato
fotografico**

Certificato n° 1572 del 30/05/2024



Foto 1: Posizionamento prova penetrometrica dinamica DPSH 1.



Foto 2: Posizionamento prova penetrometrica DPSH 1 (altra prospettiva).



**ALLEGATO: PARAMETRI CARATTERISTICI DA PROVA
PENETROMETRICA**

PARAMETRI CARATTERISTICI RICAVATI CON LA FORMULA DI STUDENT: COESIONE NON DRENATA Cu E ANGOLO D'ATTRITO INTERNO

	σ_{vo} [kg/cm ²]	P1	N _{SPT} medio	C _N	N _{SPT} normalizzato	N _{SPT}	C _u min [kg/cm ²]	C _u max [kg/cm ²]	C _u media [kg/cm ²]	φ [°] Road Bridge Specification	φ [°] Japanese National Railway	φ [°] De Mello	φ [°] medio
0.00													
0.30	0.057	Preforo											
0.60	0.114	1	1.75	1.419	2.490	1.754	0.083	0.116	0.100				
0.90	0.171	1	1.75	1.382	2.424	1.754	0.081	0.113	0.097				
1.20	0.228	2	3.51	1.346	4.725	3.509	0.158	0.222	0.190				
1.50	0.285	3	5.26	1.313	6.910	5.263	0.232	0.325	0.279				
1.80	0.342	3	5.26	1.281	6.742	5.263	0.227	0.318	0.273				
2.10	0.399	4	7.02	1.251	8.776	7.018	0.297	0.415	0.356				
2.40	0.456	2	3.51	1.221	4.286	3.509	0.145	0.204	0.174				
2.70	0.513	1	1.75	1.194	2.094	1.754	0.071	0.100	0.086				
3.00	0.570	2	3.51	1.167	4.096	3.509	0.140	0.196	0.168				
3.30	0.627	2	3.51	1.142	4.007	3.509	0.138	0.193	0.165				
3.60	0.684	3	5.26	1.118	5.883	5.263	0.203	0.284	0.243				
3.90	0.741	4	7.02	1.094	7.681	7.018	0.266	0.372	0.319				
4.20	0.798	4	7.02	1.072	7.524	7.018	0.262	0.366	0.314				
4.50	0.855	5	8.77	1.051	9.217	8.772	0.322	0.451	0.386				
4.80	0.912	7	12.28	1.030	12.652	12.281	0.444	0.622	0.533				
5.10	0.969	9	15.79	1.010	15.954	15.789	0.563	0.788	0.675				
5.40	1.026	10	17.54	0.991	17.393	17.393	0.611	0.855	0.733				
5.70	1.083	12	21.05	0.973	20.486	20.486	0.710	0.994	0.852				
6.00	1.140	13	22.81	0.955	21.790	21.790	0.745	1.043	0.894				
6.30	1.197	14	24.56	0.938	23.048	23.048	0.777	1.088	0.933				
6.60	1.254	15	26.32	0.922	24.262	24.262	0.808	1.131	0.970				
6.90	1.311	15	26.32	0.906	23.844	23.844	0.784	1.098	0.941				
7.20	1.368	23	40.35	0.891	35.942	35.942	1.168	1.635	1.401	38.219	37.783	32.061	36.021
7.50	1.425	38	66.67	0.876	58.394	58.394	1.875	2.625	2.250	44.596	44.518	33.879	40.998
7.80	1.482	51	89.47	0.862	77.088	77.088	2.447	3.425	2.936	49.005	50.126	34.910	44.680
8.10	1.539	Rifiuto											

N_{SPT} medio

valore medio	deviaz. Standard
0.225	0.099
num. Dati	Student
14	1.771
valore caratteristico	
0.176	[daN/cm ²]

4.637

17.30 KPa

valore medio	deviaz. Standard
0.816	0.154
num. Dati	Student
8	1.895
valore caratteristico	
0.706	[daN/cm ²]

19.862

69.20 KPa

valore medio	deviaz. Standard	COV (coeff. variaz)
40.5663	4.346	0.10713167
valore caratteristico		
38.393	[°]	