



COMUNE DI ASTI

SETTORE LAVORI PUBBLICI ED EDILIZIA PUBBLICA
SERVIZIO SUOLO EXTRAURBANO



Finanziato
dall'Unione europea
NextGenerationEU

PROGETTO:

PNRR - Interventi per la resilienza, la valorizzazione del territorio e l'efficienza energetica dei Comuni – M2C4 – Investimento 2.2

OPERE DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA INFRASTRUTTURE VIABILI SUOLO EXTRAURBANO

SERVIZIO DI PROGETTAZIONE ESECUTIVA DELLE OPERE E DELLE STRUTTURE, DENUNCIA STRUTTURE IN ZONA SISMICA, RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA SONDAGGI E PROVE, DIREZIONE LAVORI E COORDINAMENTO DELLA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE ED ESECUZIONE



PROGETTO ESECUTIVO
ai sensi del D.Lgs 50/2016 e s.m.i.

ALLEGATO N°

16.6

RELAZIONE GEOLOGICA INTERVENTO 5.A

DATA:

Novembre 2022

PROTOCOLLO:

061-2022

SCALA:

PROGETTISTI:

Ing. Giorgio Scioldo Ing.
Roberto Sperandio

GEOLOGO:

Geol. Massimo Castellaro

TIMBRI E FIRME:



REV.:	REDATTO:	VALIDATO:	VERIFICATO:	DATA:	RESPONSABILE PROCEDIMENTO:
1	Massimo Castellaro	Roberto Sperandio	Giorgio Scioldo		



studio associato
INGEOPROJECT

SEDE LEGALE:

Ufficio TORINO
Corso Matteotti, 12 - 10121 Torino
Tel +39 0115 113490
pec: ingeoproject@pec.it

referente:
Ing. Giorgio SCIOLDO

UFFICIO OPERATIVO:

Ufficio CUNEO
Corso Dante, 64 - 12100 Cuneo
tel +39 0171 681817
e-mail: info@ingeoproject.it

referente:
Ing. Roberto SPERANDIO

REGIONE PIEMONTE

PROVINCIA DI ASTI



COMUNE DI ASTI

OPERE DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA INFRASTRUTTURE VIABILI SUOLO EXTRAURBANO SUB INTERVENTO 5.A – STRADA VALMAIRONE

RELAZIONE GEOLOGICA

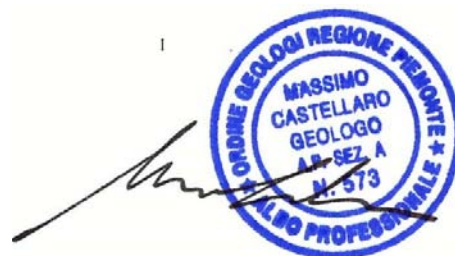
"CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOLOGICA DEL SITO" AI SENSI
DELL'ART. 6.2.1. DEL D.M. 17/01/2018 "NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI"
– ART. 11 N.T.A. DEL P.R.G.C.

INDAGINI, CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOTECNICA

AI SENSI DELL'ART. 6.2.2. DEL D.M. 17/01/2018 "NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI"
D.M. 11/03/88 N. 47 E S.M.I.

Asti, novembre 2022

Il Tecnico incaricato



(Firmato digitalmente)

Dott. Geol. Massimo Castellaro

Iscrizione Albo dei Geologi Professionisti del Piemonte Sez. A n. 573

Via E. Giovanelli, 28 – 14100 ASTI

Tel. e fax: 0141 351106 – Cell. 393 9558998

email: studio.castellaro@libero.it - www.geocontest.eu

1. PREMESSA E LOCALIZZAZIONE DELL'AREA D'INTERVENTO

Su incarico della Committenza, viene redatta la presente **Relazione Geologica, di indagini, caratterizzazione e modellazione Geotecnica**, a completamento ed integrazione degli atti progettuali riguardanti le **opere di manutenzione straordinaria infrastrutture viabili suolo extraurbano, relativamente al subintervento 5.A in Strada Valmairone nel Comune di Asti**.

Verranno delineate, per tanto, le principali caratteristiche geologiche, geomorfologiche, idrogeologiche, geotecniche e sismiche del sito sul quale prevedono le opere di consolidamento del ponte n. 13 sul Rio Rilate (vedi tavole progettuali redatte dallo Studio Ingeoproject a cui si rimanda per i dettagli). Sostanzialmente è prevista la demolizione dei muri in mattoni ammalorati a ridosso delle spalle ed il successivo ripristino delle stesse in calcestruzzo armato.



Per quanto concerne gli aspetti di tipo geologico – geotecnici, la presente relazione viene redatta ai sensi dei:

- **D.M. LL. PP. 11/03/1988 n. 47** recante “Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione” e relative Istruzioni applicative con Circ. LL.PP. 24/09/1988 n° 30483;
- **D.M. 17/01/2018 “Aggiornamento delle nuove Norme Tecniche per le Costruzioni”**. Si precisa che la presente relazione comprende parte dei contenuti di cui al punto 6.2.2 NTC 2018 e 6.2.2.5 circ. 7/2019 C.S.LL.PP. e non comprende i contenuti di cui ai punti dal 6.2.3 al 6.2.6 delle NTC 2018 (ed in particolare il punto 6.2.4 inerente le “verifiche della sicurezza e delle prestazioni”) ovvero “le analisi per il dimensionamento geotecnico delle opere”; tali punti dovranno essere oggetto d'esame all'interno di apposita relazione da predisporre a cura del progettista strutturale nell'ambito della progettazione geotecnico-strutturale delle opere in progetto;
- **Piano Regolatore Generale – Art. 11** – Aggiornato alla Variante Parziale n°35 approvata con D.C.C. n°89 del 16/12/2009 ed alla Variante Strutturale di adeguamento alla Circolare P.G.R. 8 maggio 1996 n°7 LAP ed al Piano per l'Assetto Idrogeologico;
- **O.P.C.M. n. 3274 del 20/03/2003 e succ. modifiche del 2005**, contenente “Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e normative tecniche per la costruzione in zona sismica”;
- **O.P.C.M. n. 3519 del 28/04/2006** riferita all'adozione della mappa di pericolosità a livello nazionale predisposta dall'INGV e aggiornamento della classificazione sismica del territorio della Regione Piemonte di cui alla **D.G.R. del 30 dicembre 2019, n.6-887**.

Lo studio di seguito riportato consiste in un prima parte di inquadramenti geologico – geomorfologici dell'area vasta, seguita da una caratterizzazione idrogeologica ed in una parte di aspetti geotecnici, in cui sono esposti i risultati delle indagini geognostiche *svolte in situ*.

Il sito d'indagine è localizzato in area rurale, presso la località di Valmairone ad una **quota di circa 144 m s.l.m.** ed è ubicato sulla Carta Tecnica Regionale in scala 1:10.000, (**BDTRE Piemonte**) riportata nella corografia di **Fig. 1.**



Per quanto riguarda gli inquadramenti catastali ed urbanistici, si rimanda alla planimetria generale redatta dal progettista, mentre il presente studio si è basato in particolare:

- sui dati rilevati durante vari sopralluoghi eseguiti sull'area d'intervento e su un suo intorno significativo;

- sulla consultazione di cartografie geologiche e geomorfologiche specifiche riguardanti l'area in esame, nonché sugli elaborati geologici allegati al P.R.G.C. in scala 1:10.000;
- su pubblicazioni scientifiche e dati bibliografici;
- su una indagine geognostica in situ condotta con penetrometro super-pesante Pagani "TG 63-200 kN" e consistita in n°1 prova penetrometrica dinamica S.C.P.T.

2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO

2.1. Assetto geologico

Dal punto di vista geo-litologico locale, anche sulla base delle indicazioni riportate sul Foglio 69 "ASTI" della Carta Geologica d'Italia in scala 1:100.000 (seconda edizione, 1970), il lotto in esame ricade entro l'area di affioramento delle "Sabbie di Asti" siglate "Ps" sulla C.G.I. (vedi stralcio di **Fig. 2**) costituenti il locale substrato.

Il territorio comunale di Asti si estende per circa il 50%, su un'area semi-pianeggiante costituita dagli apporti successivi di eventi alluvionali del F. Tanaro e dei suoi affluenti; tali depositi sono costituiti da sedimenti di origine fluviale, successivamente rimodellati, almeno nei livelli più superficiali, dal corso d'acqua principale che attraversa in direzione circa SE-NW il territorio; la restante porzione comunale è rappresentata da sedimenti marini limoso-sabbiosi e sabbioso-argillosi.

L'assetto geologico generale, ricostruito anche dalle numerose indagini svolte nel sottosuolo, è da ricondursi principalmente al **Bacino Terziario Ligure-Piemontese**.

Il **Bacino terziario Ligure Piemontese** strutturalmente si può considerare composto da tre grandi Unità:

- **L'Unità del Basso Monferrato** posta a Nord, costituita da terreni e rocce prevalentemente sedimentari, che formano i rilievi collinari che si estendono da Torino a Casale-Voghera (Collina Torino-Casale);
- **L'Unità della Sinclinale (o Bacino) di Asti**, posta al centro, costituita da una successione di terreni sedimentari marnosi e arenacei nelle formazioni più profonde; argillosi e sabbiosi nelle formazioni più superficiali (Argille Azzurre del Lugagnano e Sabbie di Asti e Villafranchiano);
- **L'Unità delle Langhe**, posta a Sud quindi al margine del Bacino Terziario stesso, costituita da successioni di alternanze di formazioni di materiali sedimentari marnosi e arenaceo-sabbiosi.

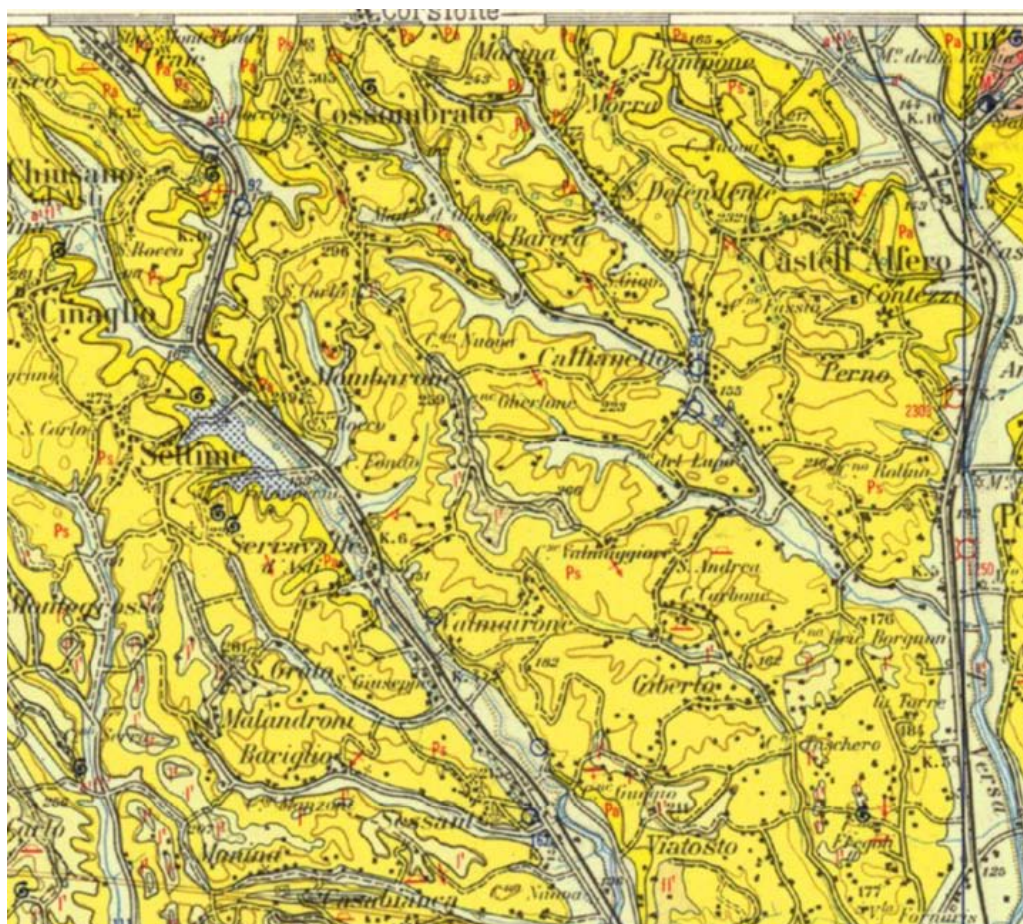


Fig. 2a – Stralcio della Carta Geologica d'Italia Foglio 69 "Asti"

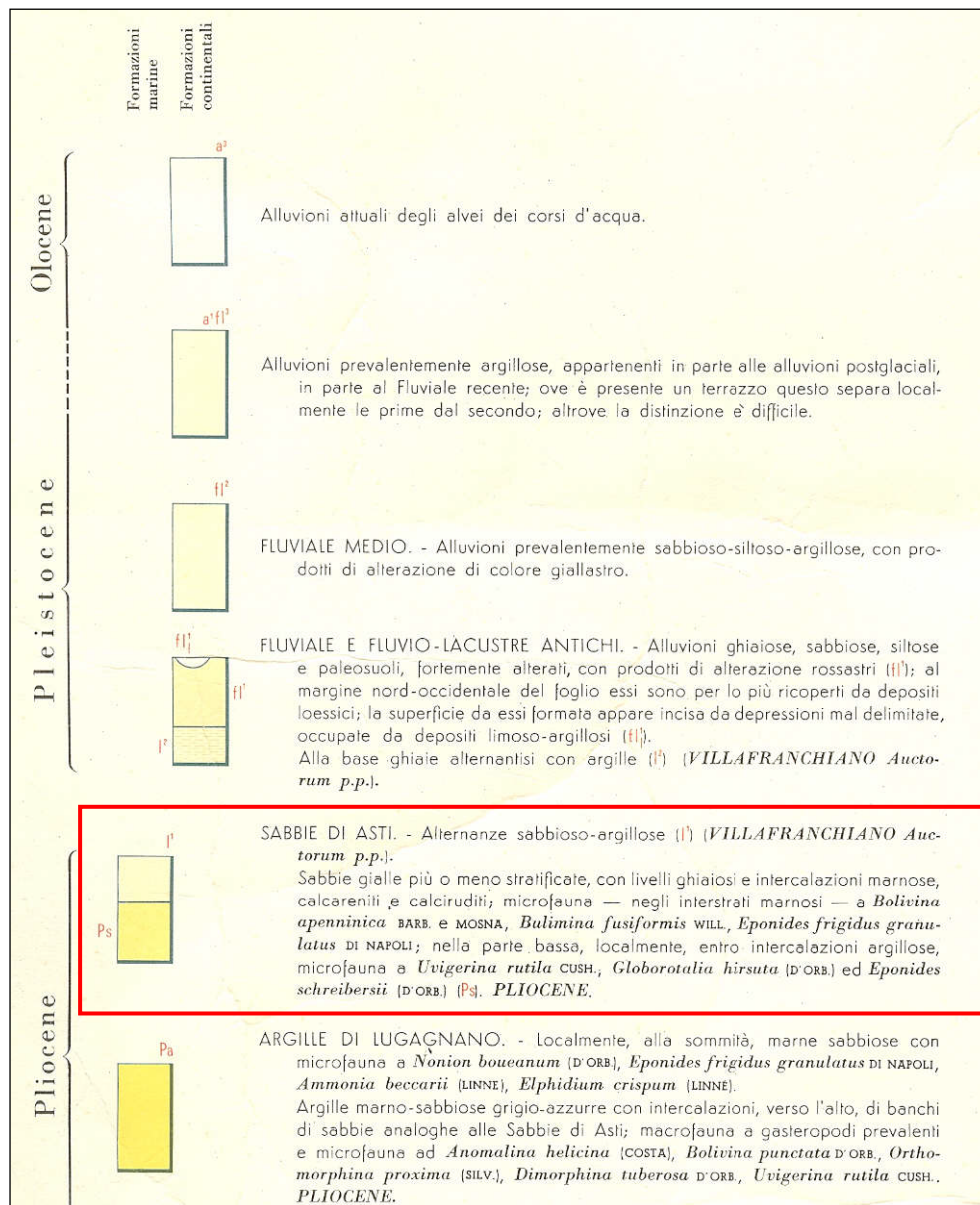


Fig. 2b – Legenda della Carta Geologica d'Italia Foglio 69 "Asti"

Dal punto di vista geologico locale, l'area in questione è caratterizzata da terreni sedimentari appartenenti a formazioni di età pliocenica che costituiscono il nucleo di una sinclinale con asse circa E-W e giaciture pressoché di circa 10°-15°.

Secondo quanto riportato dalla cartografia ufficiale, il settore in studio è caratterizzato dalla presenza, in sequenza dal basso verso l'alto, dei seguenti litotipi:

- **Formazione delle Argille di Lugagnano (Pliocene medio-inferiore):** denominate *Pa* nella C.G.I. "ASTI", rappresentano sedimenti di mare aperto, non troppo profondo di piattaforma continentale; sono argille limoso-marnose grigio-azzurre, a volte debolmente sabbiose, compatte, con abbondanti resti fossili (in prevalenza gasteropodi); la potenza si aggira sui 70-80 m mentre la giacitura è tranquilla con inclinazione degli strati poco accentuate ed immersione verso S;
- **Formazione della Sabbie di Asti (Pliocene medio-superiore):** denominate *Ps* nella C.G.I. "ASTI", affiorano in continuità stratigrafica sulle *Argille di Lugagnano*; si tratta di una formazione costituita prevalentemente da "sabbie gialle più o meno stratificate con livelli ghiaiosi ed intercalazioni marnose, calcareniti e calciruditi (Pliocene)"; questa formazione rappresenterebbe un deposito marino avvenuto a profondità limitate (10 – 40 m) e controllato dalla forte energia idrodinamica del moto ondoso e delle correnti di marea;
- **Complesso Villafranchiano (Pliocene sup.-Pliocene inf.):** denominato *I¹* nella C.G.I. "ASTI", rappresentato da un'Unità inferiore prevalentemente sabbioso-limosa con intercalazioni di argille varicolori di ambiente di transizione tra quello marino e quello continentale; l'Unità superiore è costituita invece da alternanze di argille e ghiaie, indici di un ambiente deposizionale continentale fluvio-palustre; recenti studi attribuiscono a tale complesso una ulteriore suddivisione in quattro Unità: quella di Ferrere, di San Martino, di Cascina Gherba e di Maretto.

Depositi alluvionali di fondovalle (denominati *a^{1ff3}* nella C.G.I. "ASTI") costituiti da materiali prevalentemente sabbioso-siltoso-argillosi (di età pleistocenica) sovrastanti materiali a granulometria prevalentemente argillosa (Pleistocene-Olocene), ricoprono le precedenti Formazioni

rappresentanti il substrato. Tale substrato ed i depositi alluvionali risultano parzialmente mascherati da una estesa coltre di copertura di origine eluvio-colluviale, tipicamente di natura limoso-sabbiosa e/o limoso-sabbiosa; la coltre superficiale presenta spessori variabili, che possono raggiungere valori di alcuni metri nelle zone a bassa acclività e di raccordo tra versante e pianura.

2.1.1 Rapporti con gli strumenti urbanistici comunali (P.R.G.C.)

Secondo quanto riporta la "Carta di Sintesi della pericolosità geomorfologica e dell'idoneità all'utilizzazione urbanistica, alla scala 1:10.000" (redatta dalla Dott.ssa Geol. Felicita Deriu) allegata alla Variante Strutturale di Adeguamento al Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.) del P.R.G.C. (vedi stralcio di **Fig. 3**), i terreni d'interesse ricadono in **Classe IIIa2**: l'art. 11 delle N.T.A. definisce e prevede:

"Porzioni di territorio nelle quali gli elementi di pericolosità geomorfologica e di rischio, derivanti questi ultimi dalla urbanizzazione dell'area, sono tali da impedirne l'utilizzo qualora non edificate, richiedendo, viceversa, la previsione di interventi di riassetto territoriale a tutela del patrimonio esistente. Questa classe raggruppa le aree maggiormente vulnerabili del territorio comunale, comprendendo sia le aree ubicate nei versanti collinari in precarie condizioni di stabilità, sia le aree alluvionabili da acque ad elevata energia". In particolare la classe IIIa2 viene indicata in presenza di *"aree inedificate o parzialmente edificate, interessate da fenomeni di esondazione ad elevata energia e con altezze idrometriche maggiori di 0,5 m; aree di pertinenza fluviale, aree inondabili con intensità del processo da molto elevata (Aree EeA) a elevata (Aree EbA): aree ricomprese in Fascia A e in Fascia B individuate nel PAI per le quali il rischio di natura idraulica è stato considerato ineliminabile, inidonee a nuovi insediamenti.*

All'interno di queste aree è vietato realizzare nuove costruzioni ed opere di urbanizzazione; sono esclusivamente consentiti gli interventi di sistemazione

idrogeologica e riassetto territoriale di carattere pubblico a tutela del patrimonio esistente per rimuovere o contenere gli elementi di rischio esistenti''.

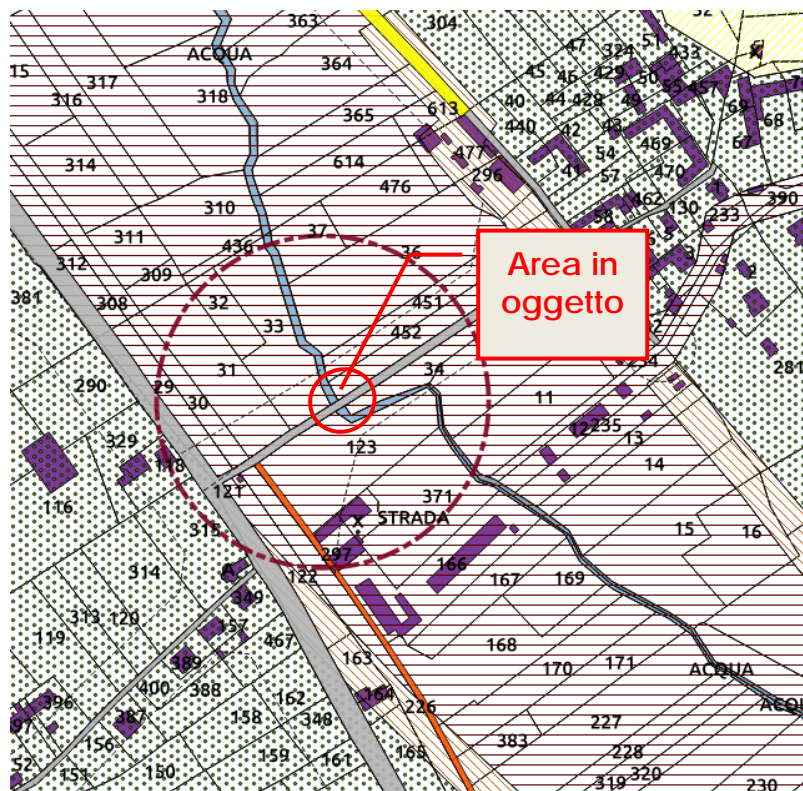


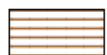
Fig. 3 – Stralcio della Carta di Sintesi e legenda del P.R.G.C.

Classe III - Settori a pericolosità geomorfologica elevata, con forti limitazioni urbanistiche

Porzioni di territorio nelle quali gli elementi di pericolosità geomorfologica e di rischio, derivanti questi ultimi dall'urbanizzazione dell'area, sono tali da impedire l'utilizzo qualora inedificate, richiedendo, viceversa, la previsione d'interventi di riassetto territoriale a tutela del patrimonio esistente.



CLASSE IIIa1 - aree inedificate, ubicate nei versanti collinari caratterizzati da condizioni geomorfologiche poco favorevoli, ad elevata propensione al dissesto, inidonee a nuovi insediamenti.



CLASSE IIIa2 - aree inedificate o parzialmente edificate interessate da fenomeni d'esondazione a elevata energia e con altezze idrometriche maggiori di 0,5 m; aree di pertinenza fluviale, aree inondabili con intensità del processo da molto elevata (Aree EeA) a elevata (Aree EbA); aree ricomprese in Fascia A e in Fascia B individuate nel PAI per le quali il rischio di natura idraulica è stato considerato ineliminabile, inidonee a nuovi insediamenti.
Aree inondabili e/o soggette a erosione torrentizia: fasce della larghezza di 25 m lungo le sponde dei corsi d'acqua interessati da processi prevalentemente lineari ad intensità media/moderata "EmL"; fasce della larghezza di 10 m lungo le sponde dei rii minori (Fasce di rispetto Art. 29 L. R. 05.12.1977 n. 56, R. D. 24.07.1904 n. 523).

**Non sussistono, dunque, in questo contesto
vincoli alla realizzazione del progetto**

2.2. Assetto geomorfologico generale e locale

Per quanto riguarda la morfologia generale, la Provincia di Asti si viene a collocare nell'area del Monferrato dove si è sviluppato tutto un susseguirsi di dolci colline incise da valli; le quote vanno dai 121 m del capoluogo ai 759 m del comune di Roccaverano. Tali colline, caratteristiche del Monferrato, presentano una variegata tipologia di terreni che vanno dalle cosiddette "terre bianche" ricche in fossili, alle "terre rosse" ricche di limo ed argilla e alle "terre grasse" tipiche delle aree alluvionali di fondovalle.

Dal punto di vista geomorfologico generale, l'area di studio corrisponde al relitto di un'estesa pianura compresa tra i rilievi della Collina di Torino - Monferrato a N e quelli delle Langhe a S e che rappresentava il collegamento tra la pianura cuneese e quella alessandrina. Da un substrato terziario si passa ad una sottile, ma diffusa copertura di depositi fluviali prevalentemente limosi, riferibili al Pleistocene medio-superiore. Tracce di un corso d'acqua a meandri con raggio di curvatura chilometrico e direzione di flusso E - W, risultano conservati in maniera estesa. Quest'ultimo, come descritto in dettaglio successivamente, rappresentava il collettore meridionale del bacino piemontese (Forno M.G., 1982).

Nel settore occidentale questa originaria pianura fluviale appare conservata in modo più continuo ed è rappresentata dall'Altopiano di Poirino: è caratterizzato da una superficie debolmente ondulata e modestamente disseccata dal reticolato idrografico sovrainposto.

Nel settore orientale corrispondente ai Rilievi dell'Astigiano, detta pianura fluviale appare sensibilmente obliterata e caratterizzata da una morfologia più accidentata dovuta alla presenza di una notevole densità del reticolato idrografico.

Dal punto di vista geomorfologico locale l'area in oggetto si colloca su di un settore di fondovalle, ad una quota di circa 144 m s.l.m., coinvolto da fenomeni di esondazione del Rio Rilate.

3. INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO

In generale il Bacino Terziario Piemontese è contraddistinto da una serie di complessi idrogeologici con differenti caratteristiche.

Dal basso verso l'alto si possono distinguere:

- **Complesso limoso argilloso:** corrispondente alle ARGILLE DI LUGAGNANO, impermeabili, che rappresentano la base del sovrastante Complesso sabbioso.
- **Complesso sabbioso:** corrispondente ai depositi sabbiosi pliocenici (SABBIE DI ASTI), costituiti da alternanze di livelli sabbiosi permeabili, livelli sabbioso limosi e limoso sabbiosi semipermeabili e livelli limoso argillosi impermeabili; si tratta di un sistema acquifero multifalda, in cui i vari livelli acquiferi, con ridotta continuità laterale, possono essere intercomunicanti verticalmente.
- **Complesso delle alternanze (argille, ghiaie, sabbie):** corrispondente alla parte superiore del Villafranchiano inferiore, al VILLAFRANCHIANO SUPERIORE ed ai depositi fluviali del PLEISTOCENE MEDIO SUPERIORE, è costituito da un'alternanza di livelli limoso argillosi impermeabili o semipermeabili e livelli ghiaioso sabbiosi permeabili; si tratta di un sistema acquifero multifalda in cui i vari livelli acquiferi sono tra loro intercomunicanti.
- **Complesso dei depositi alluvionali:** con permeabilità e spessore variabili, sede di una falda libera in equilibrio con il reticolo idrografico.

Nel dettaglio gli interventi in oggetto si localizzeranno nell'areale del sistema acquifero ospitato nei terreni appartenenti al **Complesso sabbioso**. Dal punto di vista idrogeologico locale, sia le SABBIE DI ASTI che le ARGILLE DI LUGAGNANO, si caratterizzano per la presenza di orizzonti acquiferi la cui produttività risulta variabile in funzione delle caratteristiche di permeabilità dei depositi e dell'entità e provenienza dell'alimentazione.

Si rammenta che, da dati bibliografici in possesso allo scrivente, confermati dalle misure piezometriche all'interno del foro di sondaggio della prova S.C.P.T. in situ, la falda acquifera in presenza di formazioni quali le SABBIE DI ASTI, nel contesto in esame, si colloca a profondità di qualche metro dal locale p.c. e coincidente con il livello del pelo libero dell'acqua contenuto nel Torrente Rilate.

4. ASPETTI GEOTECNICI: INDAGINI GEOGNOSTICHE *IN SITU*

La valutazione degli aspetti geotecnici e delle problematiche geotecniche è da ricondursi essenzialmente alla:

- Indagine geognostica *condotta in situ in corrispondenza delle opere in progetto e consistita in n°1 prova penetrometrica dinamica eseguita con penetrometro super-pesante TG 63-200 kN "Pagani"*;
- Ricostruzione dell'assetto stratigrafico locale;
- verifica di stabilità del versante;
- Parametrizzazione geotecnica dei terreni;
- Azione sismica: categoria del suolo.

4.1. Indagine geognostica in situ

Prove Penetrometriche Dinamiche (S.C.P.T.)

La valutazione delle caratteristiche geotecniche dei terreni è stata ottenuta dal valore di **N₂₀** (numero dei colpi necessario all'avanzamento di 20 cm), mediante formule di uso comune nella pratica geotecnica. I parametri che si ottengono sono essenzialmente quelli della resistenza dinamica e della densità relativa (D_r), che costituiscono la base di calcolo per l'elaborazione dei valori dell'angolo di resistenza al taglio (ϕ'), della coesione (c') e del peso di volume (γ), indispensabili per eseguire le verifiche della capacità portante

dei terreni di fondazioni e il calcolo dei cedimenti, tenendo conto dei sovraccarichi indotti sul terreno di fondazione in seguito all'edificazione in oggetto. Per l'esecuzione della prova si è utilizzato un Penetrometro Super-Pesante Pagani Tg 63/200 kN le cui caratteristiche sono riassunte nella tabella seguente:

Rif. Norme	DIN 4094
Peso Massa battente	63,5 Kg
Altezza di caduta libera	0,75 m
Peso sistema di battuta	0,63 Kg
Diametro punta conica	51,00 mm
Area di base punta	20,43 cm ²
Lunghezza delle aste	1 m
Peso aste a metro	6,31 Kg/m
Profondità giunzione prima asta	0,40 m
Avanzamento punta	0,20 m
Numero colpi per punta	N(20)
Coeff. Correlazione	1,489
Rivestimento/fanghi	No
Angolo di apertura punta	90°

PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE CONTINUE
(DYNAMIC PROBING)
DPSH

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.

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 riportare il numero di colpi di

una prova dinamica con N_{spt}. Il passaggio viene dato da:

$$N_{spt} = \beta_t N$$

Dove:

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

in cui Q è l'energia specifica per colpo e Q_{spt} 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

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

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.

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.

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 mt. ed immersione $d = 1$ mt..

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

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

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 mt.; correlazione valida per sabbie e ghiaie rappresenta valori medi. - Correlazione storica molto usata, valevole per prof. < 5 mt. per terreni sopra falda e < 8 mt. per terreni in falda (tensioni $< 8-10$ t/mq)
- Meyerhof 1956 - Correlazioni valide per terreni argillosi ed argillosi-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 mt. sopra falda e < 7 mt. 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° .

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°).

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 mt. sopra falda e > 15 mt. per terreni in falda) $\sigma > 15$ t/mq.

Shioi-Fukuni 1982 (JAPANESE NATIONAL 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 mt. sopra falda e > 15 mt. per terreni in falda) $\sigma > 15$ t/mq.

Meyerhof 1965 - Correlazione valida per terreni per sabbie con % di limo < 5% a profondità < 5 mt. e con % di limo > 5% a profondità < 3 mt.

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 Gamma

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

Peso di volume saturo

- Bowles 1982, Terzaghi-Peck 1948-1967. Correlazione valida per peso specifico del materiale pari a circa $\gamma = 2,65$ t/mc e per peso di volume secco variabile da 1,33 (Nspt = 0) a 1,99 (Nspt = 95)

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/sec)

- 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 (Q_c)

- Robertson 1983 Q_c

Modulo Edometrico-Confinato (M_o)

- Stroud e Butler (1975) - per litotipi a media plasticità, valida per litotipi argillosi a media-medio-alta plasticità - da esperienze su argille glaciali.

**Opere di manutenzione straordinaria infrastrutture viabili suolo extraurbano,
relativamente al subintervento 5.A in Strada Valmairone**

- Stroud e Butler (1975), per litotipi a medio-bassa plasticità ($IP < 20$), valida per litotipi argillosi a medio-bassa plasticità ($IP < 20$) - da esperienze su argille glaciali .
- Vesic (1970) correlazione valida per argille molli (valori minimi e massimi).
- Trofimenzov (1974), Mitchell e Gardner Modulo Confinato -Mo (Eed) (Kg/cm²)-, valida per litotipi argillosi e limosi-argillosi (rapporto $Q_c/N_{spt}=1.5-2.0$).
- Buismann- Sanglerat, valida per argille compatte ($N_{spt} < 30$) medie e molli ($N_{spt} < 4$) e argille sabbiose ($N_{spt}=6-12$).

Modulo Di Young (E_y)

Schultze-Menzenbach - (Min. e Max.), correlazione valida per limi coerenti e limi argillosi 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 Gamma

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

Peso di volume saturo

- Correlazione Bowles (1982), Terzaghi-Peck (1948-1967), valida per condizioni specifiche: peso specifico del materiale pari a circa $G=2,70$ (t/mc) e per indici dei vuoti variabili da 1,833 ($N_{spt}=0$) a 0,545 ($N_{spt}=28$)

PROVA D_1

Strumento utilizzato...DPSH TG 63-200 PAGANI

Prova eseguita in data 17/05/2022

Profondità prova 5.00 mt

Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità' (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	8.98	10.51	0.45	0.53
0.40	3	0.851	26.82	31.52	1.34	1.58
0.60	3	0.847	24.50	28.93	1.23	1.45
0.80	2	0.843	16.27	19.29	0.81	0.96
1.00	5	0.840	40.49	48.22	2.02	2.41
1.20	10	0.836	80.64	96.43	4.03	4.82
1.40	12	0.833	96.38	115.72	4.82	5.79
1.60	12	0.830	88.70	106.93	4.44	5.35
1.80	16	0.776	110.68	142.57	5.53	7.13
2.00	14	0.773	96.46	124.75	4.82	6.24
2.20	17	0.770	116.66	151.48	5.83	7.57

**Opere di manutenzione straordinaria infrastrutture viabili suolo extraurbano,
relativamente al subintervento 5.A in Strada Valmairone**

2.40	18	0.767	123.05	160.40	6.15	8.02
2.60	12	0.814	80.92	99.38	4.05	4.97
2.80	5	0.811	33.60	41.41	1.68	2.07
3.00	6	0.809	40.18	49.69	2.01	2.48
3.20	7	0.806	46.73	57.97	2.34	2.90
3.40	8	0.803	53.23	66.25	2.66	3.31
3.60	8	0.801	49.56	61.88	2.48	3.09
3.80	6	0.798	37.06	46.41	1.85	2.32
4.00	7	0.796	43.10	54.15	2.16	2.71
4.20	10	0.794	61.40	77.36	3.07	3.87
4.40	14	0.741	80.30	108.30	4.01	5.41
4.60	15	0.739	80.47	108.85	4.02	5.44
4.80	17	0.737	90.93	123.37	4.55	6.17
5.00	16	0.735	85.34	116.11	4.27	5.81

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm ²)	Tipo	Peso unita' di volume (t/m ³)	Peso unita' di volume saturo (t/m ³)	Tensione efficace (Kg/cm ²)	Coeff. di correlaz. con Nspt	NSPT	Descrizione
1	2.8	27.69	Incoerente	1.5	1.88	0.08	1.46	4.09	Terreno di copertura da sciolto a poco addensato
2.6	13.88	124.71	Incoerente - coesivo	2.1	2.1	0.32	1.47	20.43	Sabbie addensate, talora cementate delle "Sabbie di Asti"
4	6.71	53.97	Incoerente	1.73	1.92	0.61	1.49	10	Sabbie poco addensate delle "Sabbie di Asti"
5	14.4	106.8	Incoerente - coesivo	2.1	2.13	0.83	1.5	21.57	Sabbie addensate, talora cementate delle "Sabbie di Asti"

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA D_1

TERRENI COESIVI

Coesione non drenata

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Cu (Kg/cm ²)
Strato (2) Sabbie addensate, talora cementate delle "Sabbie di Asti"	20.43	1.00-2.60	Terzaghi-Peck	1.38

*Opere di manutenzione straordinaria infrastrutture viabili suolo extraurbano,
relativamente al subintervento 5.A in Strada Valmairone*

Strato (4) Sabbie addensate, talora cementate delle "Sabbie di Asti"	21.57	4.00-5.00	Terzaghi-Peck	1.46
--	-------	-----------	---------------	------

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Kg/cm ²)
Strato (2) Sabbie addensate, talora cementate delle "Sabbie di Asti"	20.43	1.00-2.60	Robertson (1983)	40.86
Strato (4) Sabbie addensate, talora cementate delle "Sabbie di Asti"	21.57	4.00-5.00	Robertson (1983)	43.14

Modulo Edometrico

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Eed (Kg/cm ²)
Strato (2) Sabbie addensate, talora cementate delle "Sabbie di Asti"	20.43	1.00-2.60	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	210.17
Strato (4) Sabbie addensate, talora cementate delle "Sabbie di Asti"	21.57	4.00-5.00	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	221.79

Modulo di Young

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Ey (Kg/cm ²)
Strato (2) Sabbie addensate, talora cementate delle "Sabbie di Asti"	20.43	1.00-2.60	Apollonia	204.30
Strato (4) Sabbie addensate, talora cementate delle "Sabbie di Asti"	21.57	4.00-5.00	Apollonia	215.70

Classificazione AGI

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
Strato (2) Sabbie addensate, talora cementate delle "Sabbie di Asti"	20.43	1.00-2.60	A.G.I. (1977)	MOLTO CONSISTENTE
Strato (4) Sabbie addensate, talora cementate delle "Sabbie di Asti"	21.57	4.00-5.00	A.G.I. (1977)	MOLTO CONSISTENTE

Peso unita' di volume

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unita' di volume (t/m ³)
Strato (2) Sabbie addensate, talora cementate delle "Sabbie di Asti"	20.43	1.00-2.60	Meyerhof	2.10
Strato (4) Sabbie addensate, talora cementate delle "Sabbie di Asti"	21.57	4.00-5.00	Meyerhof	2.10

Peso unita' di volume saturo

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unita' di volume saturo (t/m ³)
Strato (2) Sabbie addensate, talora cementate delle "Sabbie di Asti"	20.43	1.00-2.60	Meyerhof	2.10
Strato (4) Sabbie addensate, talora cementate delle "Sabbie di Asti"	21.57	4.00-5.00	Meyerhof	2.13

Velocita' onde di taglio

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Velocita' onde di taglio (m/s)
Strato (2) Sabbie addensate, talora cementate delle "Sabbie di Asti"	20.43	1.00-2.60	Ohta & Goto (1978) Argille limose e argille di bassa plasticità	129.14
Strato (4) Sabbie addensate, talora cementate delle "Sabbie di Asti"	21.57	4.00-5.00	Ohta & Goto (1978) Argille limose e argille di bassa plasticità	155.58

TERRENI INCOERENTI

Densita' relativa

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Densita' relativa (%)
Strato (1) Terreno di copertura da sciolto a poco addensato	4.09	0.00-1.00	4.09	Meyerhof 1957	48.24
Strato (2) Sabbie addensate, talora cementate delle "Sabbie di Asti"	20.43	1.00-2.60	20.43	Meyerhof 1957	94.08
Strato (3) Sabbie poco addensate delle "Sabbie di Asti"	10.00	2.60-4.00	10.00	Meyerhof 1957	58.09
Strato (4) Sabbie addensate, talora cementate delle "Sabbie di Asti"	21.57	4.00-5.00	21.57	Meyerhof 1957	78.77

Angolo di resistenza al taglio

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato (1) Terreno di copertura da sciolto a poco addensato	4.09	0.00-1.00	4.09	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	22.83
Strato (2) Sabbie addensate, talora cementate	20.43	1.00-2.60	20.43	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	32.51

delle "Sabbie di Asti"					
Strato (3) Sabbie poco addensate delle "Sabbie di Asti"	10.00	2.60-4.00	10.00	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	27.25
Strato (4) Sabbie addensate, talora cementate delle "Sabbie di Asti"	21.57	4.00-5.00	21.57	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	32.99

Modulo di Young

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm ²)
Strato (1) Terreno di copertura da sciolto a poco addensato	4.09	0.00-1.00	4.09	Schmertmann (1978) (Sabbie)	32.72
Strato (2) Sabbie addensate, talora cementate delle "Sabbie di Asti"	20.43	1.00-2.60	20.43	Schmertmann (1978) (Sabbie)	163.44
Strato (3) Sabbie poco addensate delle "Sabbie di Asti"	10.00	2.60-4.00	10.00	Schmertmann (1978) (Sabbie)	80.00
Strato (4) Sabbie addensate, talora cementate delle "Sabbie di Asti"	21.57	4.00-5.00	21.57	Schmertmann (1978) (Sabbie)	172.56

Modulo Edometrico

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm ²)
Strato (1) Terreno di	4.09	0.00-1.00	4.09	Menzenbach e Malcev (Sabbia)	56.24

**Opere di manutenzione straordinaria infrastrutture viabili suolo extraurbano,
relativamente al subintervento 5.A in Strada Valmairone**

copertura da sciolto a poco addensato				media)	
Strato (2) Sabbie addensate, talora cementate delle "Sabbie di Asti"	20.43	1.00-2.60	20.43	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)	129.12
Strato (3) Sabbie poco addensate delle "Sabbie di Asti"	10.00	2.60-4.00	10.00	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)	82.60
Strato (4) Sabbie addensate, talora cementate delle "Sabbie di Asti"	21.57	4.00-5.00	21.57	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)	134.20

Classificazione AGI

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Classificazione AGI
Strato (1) Terreno di copertura da sciolto a poco addensato	4.09	0.00-1.00	4.09	Classificazione A.G.I	POCO ADDENSATO
Strato (2) Sabbie addensate, talora cementate delle "Sabbie di Asti"	20.43	1.00-2.60	20.43	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO
Strato (3) Sabbie poco addensate delle "Sabbie di Asti"	10.00	2.60-4.00	10.00	Classificazione A.G.I	POCO ADDENSATO
Strato (4) Sabbie addensate, talora cementate delle "Sabbie di Asti"	21.57	4.00-5.00	21.57	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO

**Opere di manutenzione straordinaria infrastrutture viabili suolo extraurbano,
relativamente al subintervento 5.A in Strada Valmairone**

Peso unita' di volume

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Peso Unita' di Volume (t/m ³)
Strato (1) Terreno di copertura da sciolto a poco addensato	4.09	0.00-1.00	4.09	Meyerhof et al.	1.50
Strato (2) Sabbie addensate, talora cementate delle "Sabbie di Asti"	20.43	1.00-2.60	20.43	Meyerhof et al.	2.00
Strato (3) Sabbie poco addensate delle "Sabbie di Asti"	10.00	2.60-4.00	10.00	Meyerhof et al.	1.73
Strato (4) Sabbie addensate, talora cementate delle "Sabbie di Asti"	21.57	4.00-5.00	21.57	Meyerhof et al.	2.02

Peso unita' di volume saturo

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Peso Unita' Volume Saturo (t/m ³)
Strato (1) Terreno di copertura da sciolto a poco addensato	4.09	0.00-1.00	4.09	Terzaghi-Peck 1948-1967	1.88
Strato (2) Sabbie addensate, talora cementate delle "Sabbie di Asti"	20.43	1.00-2.60	20.43	Terzaghi-Peck 1948-1967	1.98
Strato (3) Sabbie poco addensate delle "Sabbie di Asti"	10.00	2.60-4.00	10.00	Terzaghi-Peck 1948-1967	1.92

**Opere di manutenzione straordinaria infrastrutture viabili suolo extraurbano,
relativamente al subintervento 5.A in Strada Valmairone**

Strato (4) Sabbie addensate, talora cementate delle "Sabbie di Asti"	21.57	4.00-5.00	21.57	Terzaghi-Peck 1948-1967	2.03
---	-------	-----------	-------	----------------------------	------

Modulo di Poisson

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Poisson
Strato (1) Terreno di copertura da sciolto a poco addensato	4.09	0.00-1.00	4.09	(A.G.I.)	0.35
Strato (2) Sabbie addensate, talora cementate delle "Sabbie di Asti"	20.43	1.00-2.60	20.43	(A.G.I.)	0.31
Strato (3) Sabbie poco addensate delle "Sabbie di Asti"	10.00	2.60-4.00	10.00	(A.G.I.)	0.33
Strato (4) Sabbie addensate, talora cementate delle "Sabbie di Asti"	21.57	4.00-5.00	21.57	(A.G.I.)	0.31

Modulo di deformazione a taglio dinamico

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	G (Kg/cm ²)
Strato (1) Terreno di copertura da sciolto a poco addensato	4.09	0.00-1.00	4.09	Ohsaki (Sabbie pulite)	244.31
Strato (2) Sabbie addensate, talora cementate delle "Sabbie di Asti"	20.43	1.00-2.60	20.43	Ohsaki (Sabbie pulite)	1108.07

**Opere di manutenzione straordinaria infrastrutture viabili suolo extraurbano,
relativamente al subintervento 5.A in Strada Valmairone**

Strato (3) Sabbie poco addensate delle "Sabbie di Asti"	10.00	2.60-4.00	10.00	Ohsaki (Sabbie pulite)	566.13
Strato (4) Sabbie addensate, talora cementate delle "Sabbie di Asti"	21.57	4.00-5.00	21.57	Ohsaki (Sabbie pulite)	1166.09

Velocita' onde di taglio

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Velocita' onde di taglio (m/s)
Strato (1) Terreno di copertura da sciolto a poco addensato	4.09	0.00-1.00	4.09	Ohta & Goto (1978) Limi	76.36
Strato (2) Sabbie addensate, talora cementate delle "Sabbie di Asti"	20.43	1.00-2.60	20.43	Ohta & Goto (1978) Limi	129.14
Strato (3) Sabbie poco addensate delle "Sabbie di Asti"	10.00	2.60-4.00	10.00	Ohta & Goto (1978) Limi	128.29
Strato (4) Sabbie addensate, talora cementate delle "Sabbie di Asti"	21.57	4.00-5.00	21.57	Ohta & Goto (1978) Limi	155.58

Coefficiente spinta a Riposo

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	K0
Strato (1) Terreno di copertura da sciolto a poco addensato	4.09	0.00-1.00	4.09	Navfac 1971-1982	0.77

**Opere di manutenzione straordinaria infrastrutture viabili suolo extraurbano,
relativamente al subintervento 5.A in Strada Valmairone**

Strato (2) Sabbie addensate, talora cementate delle "Sabbie di Asti"	20.43	1.00-2.60	20.43	Navfac 1971- 1982	4.12
Strato (3) Sabbie poco addensate delle "Sabbie di Asti"	10.00	2.60-4.00	10.00	Navfac 1971- 1982	2.10
Strato (4) Sabbie addensate, talora cementate delle "Sabbie di Asti"	21.57	4.00-5.00	21.57	Navfac 1971- 1982	4.32

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Qc (Kg/cm ²)
Strato (1) Terreno di copertura da sciolto a poco addensato	4.09	0.00-1.00	4.09	Robertson 1983	8.18
Strato (2) Sabbie addensate, talora cementate delle "Sabbie di Asti"	20.43	1.00-2.60	20.43	Robertson 1983	40.86
Strato (3) Sabbie poco addensate delle "Sabbie di Asti"	10.00	2.60-4.00	10.00	Robertson 1983	20.00
Strato (4) Sabbie addensate, talora cementate delle "Sabbie di Asti"	21.57	4.00-5.00	21.57	Robertson 1983	43.14

4.2. Azione sismica: categoria del suolo di fondazione

Ai sensi dell'O.P.C.M. n. 3274 del 20/03/2003 e succ. modifiche (aggiornamento 15/01/2005) e dell'O.P.C.M. n. 3519 del 20/04/2006 con nuova classificazione sismica del territorio della Regione Piemonte con **D.G.R. del 30 dicembre 2019, n.6-887**, il numero di zone sismiche è fissato pari a 4, corrispondenti ai 4 valori di accelerazione orizzontale (a_g / g) di ancoraggio dello spettro di risposta elastico. Il **Comune di Asti** ricade in **zona sismica 4** a cui corrisponde un'accelerazione sismica orizzontale **g** inferiore **a 0,05**, con probabilità di superamento non maggiore del 10% in 50 anni, che si traduce in un'accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico pari a **0,05 (a_g / g)**.

L' O.P.C.M. n. 3274 del 20/03/2003 e s.m.i. prevede ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto la definizione della categoria di profilo stratigrafico del suolo di fondazione, basata sulla velocità delle onde sismiche di taglio V_s . Ma la grande novità delle N.T.C. 2018 (Art. 3.2.2.) è l'introduzione della V_{seq} , che costituisce un parametro correlato alla velocità delle onde di taglio V_s degli strati di terreno, ivi nei primi 30 m di sottosuolo al di sotto del piano di posa delle fondazioni; V_{seq} , che rappresenta una velocità equivalente, è espressa dalla seguente formula:

$$V_{S,eq} = H / \sum_{i=1,N} (h_i/V_{s,i}) \quad (1)$$

dove H risulta essere la profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da V_s non inferiore a 800 m/s.

Sulla base di quanto esposto, si è proceduto alla ricostruzione del profilo stratigrafico correlando i dati ricavati dai sondaggi, dalle prove penetrometriche e dalle conoscenze geologiche bibliografiche.

Attraverso un'indagine geofisica pregressa è stato possibile definire dati sulle velocità delle onde di taglio V_s .

Di seguito viene inoltre proposto di ricavare i parametri geofisici attraverso la correlazione con i valori di N_{SPT} , pur riconoscendo i limiti di tali procedimenti.

STIMA DELLE V_S ATTRAVERSO PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE (SPT)

Esistono in letteratura molte formule empiriche che consentono di correlare il valore di N_{SPT} (numero di colpi per 30 cm di avanzamento) con la velocità delle onde S nel terreno. In questo contesto si è ricorsi alla formula di OTHA & GOTO (1978), valida per terreni con frazione dominante costituita da sabbie da fini a grossolane fino a ghiaiose. Quest'ultima, che tiene conto sia dell'età del deposito sia della sua granulometria dominante, ha la seguente espressione:

$$V_S = 68 \cdot (N_{SPT})_{60}^{0,17} \cdot z^{0,2} \cdot f_A \cdot f_G \quad (2)$$

V_S velocità delle onde di taglio

$(N_{SPT})_{60}$ numero di colpi corretto per un'energia pari al 60% di quella teorica e per la pressione litostatica del terreno sovrastante dovuto alla profondità della prova

z profondità media dello strato dal piano campagna espressa in m

f_A fattore che tiene conto dell'età del deposito

f_G coefficiente funzione della granulometria dominante dello strato

Età del deposito	Fattore f_A
Olocene	1.0
Pleistocene	1.3

Granulometria dominante	Coefficiente f_G
Argilla	1,00
Sabbia fine	1,09

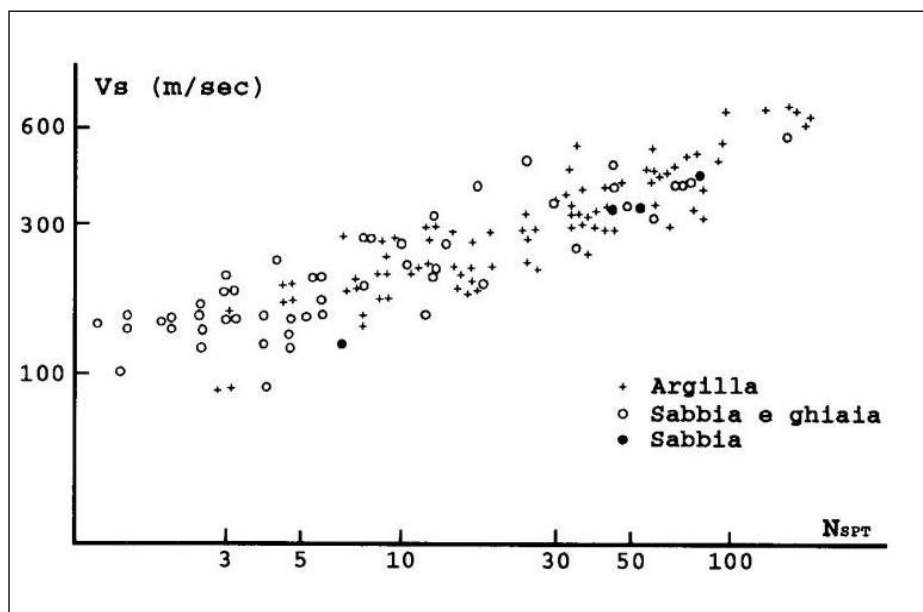
Sabbia media	1,07
Sabbia grossa	1,14
Sabbia ghiaiosa	1,15
Ghiaia	1,45

Considerando, dunque, i 30 m dal piano di fondazione e dall'applicazione della (1), la V_{s30} equivalente corrisponde a 400 m/s.

Ai sensi del § 3.1 dell'Allegato n. 2, "Norme tecniche per il progetto, la valutazione e l'adeguamento sismico degli edifici", all' O.P.C.M. n. 3274 del 20/03/2003 nonché N.T.C. 2018 e sulla base dell'indagine, del rilevamento e dei calcoli eseguiti, ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, si può definire, per l'insieme dei depositi compresi nei primi 30 m litotipi presenti nell'area in esame, il seguente profilo stratigrafico del suolo di fondazione:

➤ **Categoria "B"** di suolo di fondazione così definita: ***"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.***

I valori delle velocità delle onde di taglio V_s sono stati anche confrontati graficamente con le relazioni sperimentali tra V_s e N_{SPT} per argille, sabbie e ghiaie di MAI & YOSHIMURA (1975). Il grafico conforta i calcoli sopra effettuati.



Relazioni sperimentali tra V_s e N_{SPT} per argille, sabbie e ghiaie (Mai & Yoshimura, 1975)

In riferimento al D.M. 17/01/2018 "N.T.C." i parametri sismici di riferimento per l'area in oggetto sono i seguenti:

Sito in esame

latitudine: 44,95375
longitudine: 8,147102
Classe: 2
Vita nominale: 50

Siti di riferimento

Sito 1	ID: 14243	Lat: 44,9647	Lon: 8,1213	Distanza: 2362,344
Sito 2	ID: 14244	Lat: 44,9678	Lon: 8,1919	Distanza: 3854,330
Sito 3	ID: 14466	Lat: 44,9179	Lon: 8,1962	Distanza: 5553,144
Sito 4	ID: 14465	Lat: 44,9148	Lon: 8,1258	Distanza: 4648,799

Parametri sismici

Categoria sottosuolo: B
Categoria topografica: T1
Periodo di riferimento: 50anni
Coefficiente c_u : 1

Operatività (SLO):

Probabilità di superamento: 81 %
Tr: 30 [anni]
ag: 0,017 g

Fo: 2,620
Tc*: 0,161 [s]

Danno (SLD):

Probabilità di superamento: 63 %
Tr: 50 [anni]
ag: 0,020 g
Fo: 2,600
Tc*: 0,173 [s]

Salvaguardia della vita (SLV):

Probabilità di superamento: 10 %
Tr: 475 [anni]
ag: 0,040 g
Fo: 2,699
Tc*: 0,290 [s]

Prevenzione dal collasso (SLC):

Probabilità di superamento: 5 %
Tr: 975 [anni]
ag: 0,048 g
Fo: 2,754
Tc*: 0,305 [s]

Coefficienti Sismici Stabilità dei pendii

SLO:

Ss: 1,200
Cc: 1,580
St: 1,000
Kh: 0,004
Kv: 0,002
Amax: 0,197
Beta: 0,200

SLD:

Ss: 1,200
Cc: 1,560
St: 1,000
Kh: 0,005
Kv: 0,002
Amax: 0,240
Beta: 0,200

SLV:

Ss: 1,200

Cc: 1,410
St: 1,000
Kh: 0,010
Kv: 0,005
Amax: 0,475
Beta: 0,200
SLC:
Ss: 1,200
Cc: 1,390
St: 1,000
Kh: 0,012
Kv: 0,006
Amax: 0,566
Beta: 0,200

Le coordinate espresse in questo file sono in ED50

5. CONCLUSIONI E PRESCRIZIONI

Nel corso dell'indagine sono state descritte le caratteristiche **geologiche, geomorfologiche ed idrogeologiche del sito** ed è stata ricostruita la **caratterizzazione geotecnica del terreno**. Tale caratterizzazione si è basata principalmente sui risultati di n°1 Prova Penetrometrica Dinamica (S.C.P.T.) condotta nel cosiddetto intorno significativo. L'indagine geognostica ha permesso di definire un modello geologico e geotecnico del sottosuolo (Cap. 6.2.2 delle N.T.C.) composto da quattro strati.

Si rimanda agli elaborati a firma del progettista ing. Roberto Sperandio per i dettagli e particolari d'interesse.

Si consiglia in fase esecutiva:

- di adottare delle opere di impermeabilizzazione, di drenaggio e di allontanamento delle acque, onde evitare infiltrazioni ed eccessive spinte idrauliche a tergo dei muri;

- di porre particolare attenzione durante gli scavi ed i lavori, soprattutto in caso di forti precipitazioni, che potrebbero causare temporanei rigonfiamenti e problemi di stabilità di eventuali fronti di scavo; si raccomandano, dunque, le più attente cautele nella esecuzione di scavi e sbancamenti; sarà sicuramente necessario proteggere le pareti di scavo con **adeguate opere di sostegno**; si raccomanda, inoltre, di non basare carichi provvisori, silos, gru, depositi e accumuli di materiali a meno di tre metri del bordo degli scavi per non provocarne crolli.

Sulla base di quanto sopra espresso, in relazione ai disposti previsti dalla normativa di cui al *D.M. LL.PP. 11/03/1988 n. 47* e relative istruzioni applicative emanate con *Circolari LL.PP. 24/09/88 n. 30483* si ritiene che le opere realizzate, così come anche dagli elaborati progettuali analizzati, non inducono modificazioni al preesistente assetto geologico ed idrogeologico del sito e del suo immediato contorno; pertanto se ne attesta la compatibilità geologica, geomorfologica e geotecnica in ottemperanza di quanto previsto dalla normativa vigente.

Asti, novembre 2022

Il Geologo incaricato

Dr. Geol. Massimo Castellaro

(firmato digitalmente)

SOMMARIO

1. Premessa e localizzazione dell'area d'intervento	2
2. Inquadramento geologico e geomorfologico	5
3. Inquadramento idrogeologico	12
4. Aspetti geotecnici: indagini geognostiche <i>IN SITU</i>	13
5. Conclusioni e prescrizioni	35