Studio associato di geologia applicata
EOITER

Dott. Geol. Vincenzo D'Angelo
Dott. Geol. Giuseppe Di Giovannantonio
Via Napoli n° 19 81059 Vairano Scalo (CE)
Tel/Fax 0823/644836 P.I. 02034620613
E-mail : geoiter2006 @libero.it

COMUNE DI

GALLO MATESE

PROV. DI CASERTA

Description :

PROGETTO PER INTERVENTI DI STABILIZZAZIONE E CONSOLIDAMENTO DEI DISSESTI IDROGEOLOGICI PRESENTI ALLA BASE DEL MONTE CAPO LE MANDRE IN ZONA A RISCHIO IDROGEOLOGICO MOLTO ELEVATO

Proponent :

COMUNE DI GALLO MATESE

Object :

RELAZIONE GEOLOGICO-TECNICA AI SENSI DEL D.M. 17/01/2018

IL TECNICO:
Dott. Geol. Vincenzo D'ANGELO

Per presa visione del
Progettista Strutturale

Per presa visione del
Collaudatore

ORDINE DEI GEOLOGI - della Regione Campania - I
geologo
Dr. Vincenzo
D'Angelo
Albo N° 943

Date	*Job Code*	*Filename*	*Document N°*
Settembre 2021	l.p._gallomatese_g.c.21	l.p._dissesti02_gallomatese.21	TAV. GEO-01

INDICE

1. Premessa
2. Inquadramento generale dell'area
   2.1 Inquadramento territoriale
   2.2 Inquadramento geologico
      2.2.1 Cenni stratigrafici
      2.2.2 Sviluppo delle conoscenze geologogiche
   2.3 Schema di circolazione idrica a scala di bacino
      2.3.1 Complessi idrogeologici
3. Inquadramento di dettaglio
   3.1 Morfologia
   3.2 Geologia
   3.3 Faglie attive e capaci
4. Caratteristiche meccaniche dell'ammasso roccioso
   4.1 Classificazione dell'ammasso roccioso
5. Indagini in-situ
   5.1 Indagini geotecniche: Prove penetrometriche dinamiche DPSH
6. Indagini geotecniche: Prove penetrometriche superpesanti DPSH
7. Penalità dell'area ai sensiu del PSAI -Rf- dell'AdB Distrettuale dell'Appennino meridionale
8. Modalità operative e stabilità dello scavo
9. Riepilogo e considerazioni conclusive

Appendice 1 - Certificati DPSH ed elaborazione

Appendice 2 – Cartografia geotematica

1. PREMESSA

Il Comune di Gallo Matese ha dato mandato allo scrivente Dott. Geol. Vincenzo D'Angelo, regolarmente iscritto all'Ordine dei Geologi della Campania al n° 943/1991, di redigere la Relazione geologico-tecnica ai sensi del D.M. 17 gennaio 2018 a corredo del *Progetto di interventi di stabilizzazione e consolidamento dei dissesti idrogeologici presenti alla base del Monte Capo le Mandre in zona a rischio idrogeologico molto elevato.*

Il presente studio è finalizzato, quindi, a definire gli elementi geologici e geotecnici caratterizzanti il sito oggetto d'intervento edilizio.

A tal uopo, si è proceduto alla caratterizzazione litologica e fisico-meccanica dei litotipi di sedime con particolare riguardo alla definizione dei parametri necessari alla progettazione delle opere a farsi ed in generale si è trattato delle problematiche geologiche, morfologiche, idrogeologiche e geotecniche connesse all'intervento previsto in progetto.

Con riferimento al Decreto Ministeriale 17 gennaio 2108 "*Nuove norme tecniche per le costruzioni*" (indicato nel seguito con la sigla NTC/18), il presente rapporto (**TAV. 01**), in relazione ai contenuti ed alle indagini eseguite, ingloba in un unico elaborato le seguenti relazioni specialistiche, ovvero: la Relazione geologica sulle indagini, caratterizzazione e modellazione geologica del sito (6.2.1 delle NTC/18) e la Relazione geotecnica sulle indagini, caratterizzazione e modellazione del volume significativo di terreno (6.2.2 delle NTC/18).

Gli aspetti sismici, invece, sono illustrati nella **TAV. 02** che costituisce la Relazione sulla modellazione sismica del sito concernente la pericolosità sismica di base del sito di costruzione (3.2 delle NTC/18).

Nello specifico, il modello geologico e geotecnico del sottosuolo è stato definito mediante l'esecuzione in-situ di n° 3 prove penetrometriche dinamiche superpesanti certificate DPSH.

La modellazione sismica del sito è stata definita, invece, mediante l'esecuzione in-situ di n° 3 prospezioni sismiche superficiali eseguite con metodologia MASW.

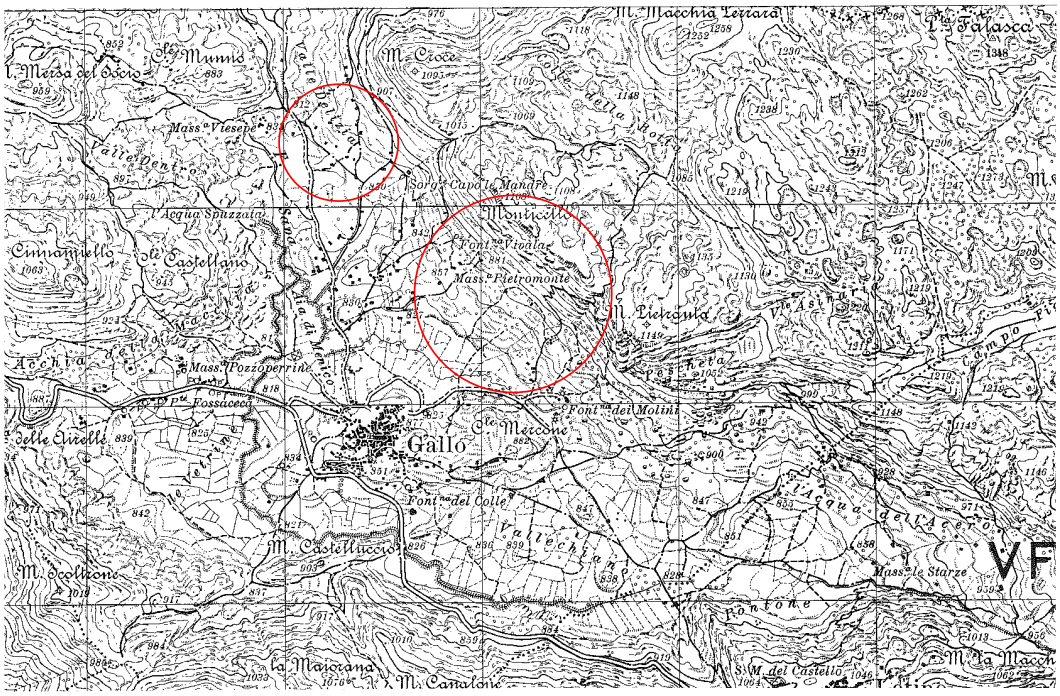
Le modalità esecutive ed i risultati delle suddette indagini sono illustrati nella presente relazione e nella relazione di modellazione sismica, a cui si rimanda.

2. INQUADRAMENTO GENERALE

2.1 Inquadramento territoriale

L'area oggetto di studio ricade nel Foglio n° 161 "Isernia" della Carta Geologica d'Italia in scala 1:100.000 e nel Foglio n° 161 II N.O. Gallo" della Carta Topografica d'Italia in scala 1: 25.000 .

Di seguito si ripoprta uno stralcio del F. 161 II N.O., con indicazione delle aree oggetto di studio.



2.2 Inquadramento geologico

Il Massiccio del Matese è un'ampia dorsale carbonatica, appartenente all'unità stratigrafico-strutturale Matese – M. Maggiore (D'Argenio et alii, 1973).

Nelle successioni carbonatiche di questa unità sono presenti termini carbonatici sia in facies di piattaforma che di facies marginale: le prime sono caratterizzate da alternanze calcareo-dolomitiche di età Trias superiore-Cretacico superiore con un tipico livello bauxitico di età Cretacica media (Matese centro-orientale), le seconde da alternanze di calcareniti, calciruditi, diaspri e marne di età Cretacico superiore-Paleogene (Matese nord-occidentale).

Secondo varia autori (Ietto, 1970; Sgrosso, 1988; Amore et alii, 1988), la presenza di questi termini carbonatici di facies diversa è dovuta all'esplicarsi di una importante fase tettonica compressiva, responsabile di consistenti spostamenti tangenziali e di un assetto strutturale a scaglie, risultato del reciproco accavallamento tettonico di distinte unità strutturali.

In corrispondenza delle principali depressioni intramontane del massiccio montuoso (la finestra tettonica di Valle Agricola, Le piane di Letino, Gallo Matese e delle Secine e la depressione del Lago Matese), della Valle del T. Torda e del versante nord-orientale della dorsale del M. Patalecchia, si segnalano le principali linee di accavalamento tettonico, in parte o del tutto riprese dalla tettonica recente. Inoltre, si segnalano fasi tettoniche compressive nell'area di Piedimonte Matese.

2.2.1 Cenni stratigrafici

La successione stratigrafica nel Matese centro-orientale è data da:

- Dolomie bianche e grigie, bituminose, ben stratificate a luoghi con selce (Norico);
- Dolomie e calcari dolomitici, talora detritici, biancastri, con rare impronte di Megalodontiti, livelli di brecce intraformazionali, nella parte superiore. Microfossili assenti (alghe e rari ostracodi) (Lias inferiore – Lias superiore);
- Calcari compatti e detritico-pseudoolitici avana e nocciola, con intercalazioni dolomitiche biancastre verso la base ; livelli di brecce intraformazionali a cemento calcareo-marnoso (Lias superiore – Lias inferiore);
- Calcari detritico-pseudoolitici, alternati a calcari compatti avana con intercalazioni dolomitiche con Pfenderina Salernitana (Dogger), Cladocoropsis Mirabilisi e Clypenia Jiurassica (Malm);
- Calcari compatti detritici e pseudoolitici con intercalazioni di calcari dolomitici a Diceratiti (Cretacico inferiore – Cenomaniano) alla cui sommità molto spesso compare un orizzonte bauxitico, sostituito lateralmente da brecce a cemento rosso;
- Calcari e calcari dolomitici a rudiste e Nerinee (Senoniano – Cenomaniano).

Nella successione seguono, in trasgressione concordante:

- Calcareniti e calciruditi a litotamni, ostreidi, pettinidi, briozoi (Langhiano medio-superiore);
- Marne e calcari marnosi ad Orbulina (Serravalliano);

- Depositi terrigeni prevalentemente pelitici e torbiditici (Serravalliano – Tortoniano).

2.2.2 Sviluppo delle conoscenze geologiche

Il massiccio del Matese, è stato oggetto di studio già a partire dalla fine del 1800. Il primo rilevamento ad ampio raggio è, però, quello relativo alla prima stesura della Carta Geologica d'Italia.

Nel 1961, con l'inizio dei lavori di rilevamento, per la seconda edizione della Carta Geologica d'Italia, si ha un notevole sviluppo della ricerca in tutto l'Appennino centro-meridionale e di conseguenza anche per il Matese i dati divengono più numerosi.

Un primo inquadramento generale della geologia dei Matese, anche se limitatamente ai suoi rapporti con il Bacino Molisano-Sannitico, è dovuto a Pescatore (1965).

Negli anni 1964-65, Ietto ha condotto ulteriori ricerche nel Matese occidentale proponendone una sintesi dei dati in un lavoro pubblicato nel 1970.

I risultati principali di questo studio accertano la presenza, nell'ambito della piattaforma carbonatica del Matese, di un bacino ad elevata subsidenza individuatosi nell'Infralis e attivo a tutto il Giurassico.

Questo bacino, avente direzione prevalente ovest-est, era delimitato a nord da un'area triassica emersa e a sud da un'area nella quale sarebbe persistita per tutto il Mesozoico una sedimentazione tipica di piattaforma. IN seguito i

sedimenti corrispondenti al bacino sono stati obliterati dagli eventi tettonici del Miocene, che hanno accostato la zona sud di piattaforma alla zona emersa.

La pubblicazione di Ietto modifica la visione di una o delle due piattaforme quali corpi unici senza soluzione di continuità e considera invece le piattaforme dei corpi sedimentari con una geometria complessa e caratterizzati da differenti velocità di subsidenza da punto a punto.

In questi corpi sedimentari gli altifondi (piattaforme) possono alternarsi a zone più profonde; ne consegue una paleogeografia molto più complessa ed una sedimentazione con frequenti eteropie.

Un quadro strutturale di questo massiccio viene proposto da Ferrante nel 1994 il quale, in accordo con Ietto definisce l'assetto strutturale dell'area a "scaglie" monoclinaliche con anticlinali frontali a vergenza nord-orientale, troncate da faglie normali a basso angolo ed individua nell'evoluzione tettonica quattro momenti principali;

1. Tettogenesi compressiva connessa all'inserimento del Matese nell'edificio orogenico, avvenuta nel Messiniano inferiore – Pliocene inferiore/medio;
2. Distensione per faglie normali a basso angolo, con senso di trasporto compreso principalmente tra N160° e N180°, conclusasi nel Pliocene medio/superiore;
3. Distensione per faglie normali subverticali;
4. Deformazione di minore entità per faglie trascorrenti di direzione NW-SE, legata alle ultime fasi di riaggiustamento tra blocchi nel corso della distensione, riferibili al Pleistocene medio.

In un recente lavoro Sgrosso (1996) riconferma l'ipotesi precedentemente proposta, che il Massiccio del Matese è costituta da almeno due Unità tettoniche principali con una differente posizione strutturale: il Matese orientale, appartenente alla Piattaforma Laziale-Abruzzese-Campana ed il Matese nord-occidentale attribuibile alla Piattaforma Abruzzese.

Ciascuna di queste unità presenta una evoluzione tettono-sedimentaria nettamente differente, anche con differente età dell'inizio della sedimentazione silicoclastica ed è caratterizzata da facies di transizione a bacino sul bordo settentrionale.

E' proprio sulla base di questi elementi e di dati di pozzi profondi, che Sgrosso prospetta una ricostruzione paleogeografica che prima della deformazione doveva prevedere, a partire da Lagonegro verso l'esterno, i seguenti domini:

- Piattaforma Laziale-Abruzzese-Campana
- Bacino Molisano interno
- Piattaforma Abruzzese
- Bacino Molisano intermedio (o Bacino Molisano auct.)
- Piattaforma Abruzzese-Molisana.

Sempre Sgrosso prospetta, inoltre, la seguente successione di eventi cinematici:

a) Nel Tortoniano medio-superiore la piattaforma Laziale-Abruzzese-Campana assume caratteristiche di avanfossa;
b) Nel Tortoniano terminale questa piattaforma subisce una prima fase tettogenetica che ne provoca tra l'altro un'emersione;

c) Nel Messiniano inferiore si depositano le arenarie di Caiazzo sulla porzione deformata;

d) In un momento successivo, ma sempre nel Messiniano superiore arrivano le falde sannitiche;

e) Non prima del Messiniano inferiore la piattaforma Abruzzese diventa a sua volta avanfossa;

f) Nel Messiniano superiore una parte della piattaforma Laziale-Abruzzese, con le sovrastanti falde Sannitiche (Matese orientale), sovrascorre sulla piattaforma Abruzzese;

g) Nel Messiniano terminale o nel Pliocene inferiore anche il Bacino Molisano entra a far parte della catena.

Successivamente il Massiccio del Matese assume il complesso assetto strutturale che presenta attualmente, subendo, nel Pliocene e Pleistocene, eventi compressivi, distensivi, trascorrenti e rotatori.

2.3 Schema di circolazione idrica sotterranea a scala di bacino

Il Massiccio del Matese è un importante acquifero carbonatico i cui limiti sono costituiti dal tamponamento operato dai depositi in fase di flysch che vengono messi in contatto con esso da faglie sia inverse che dirette.

Dal complesso assetto geologico del Massiccio deriva un comportamento idrogeologico alquanto articolato (Celico P., 1983); Celico F. e Casale M., 1995).

L'unità idrogeologica si presenta suddivisa in due parti principali, separate da una linea di discontinuità con andamento circa est-ovest passante per il lago del Matese, Secine, Letino e Gallo.

Queste due unità, pur essendo distinte tra loro, nella parte orientale, presentano importanti fenomeni di travaso.

I vari bacini sono:

1. Il bacino di alimentazione delle sorgenti del Fiume Lete, che rappresenta un settore idrogeologicamente distinto, la cui falda di base emerge in alveo con portate pari a circa 800 l/sec in media; questo acquifero non presenta apprezzabili travasi idrici con i bacini confinanti. I limiti di tale settore sono costituiti a Nord dall'accavallamento tettonico dei calcari sui depositi terrigeni della piana di Gallo Matese, a nord-ovest e ad est da fasce deformative associate a faglie, ad ovest dal tamponamento operato dai depositi impermeabili affioranti nella piana del fiume Sava ed infine a sud il limite è rappresentato dal tamponamento operato dalle dolomie saccaroidi triassiche fortemente tettonizzate;
2. I bacini sotterranei del gruppo sorgivo Ielo e della dorsale M. Acuto – M. Cornacchia. Quest'acquifero è costituito da dolomie saccaroidi triassiche. La porzione occidentale di tale dominio alimenta il gruppo sorgivo Ielo, mentre le acque sotterranee della parte orientale trovano recapito, attraverso travasi idrici, nei conoidi pedemontani e nei depositi alluvionali della valle del fiume Volturno;

3. Il bacino sotterraneo della sorgente Maretto, costituito principalmente da rocce calcaree, è limitato a nord dalla discontinuità tettonica che borda il versante meridionale della depressione del lago del Matese; mentre a sud è la faglia che borda il massiccio a mettere in contatto l'acquifero con i depositi terrigeni in fase di flysch che esercitano un'azione tamponante; ad est il limite è costituito da una fascia di discontinuità tettonica passante per il vallone dell'inferno. Questa fascia di discontinuità fa escludere che vi sia un'alimentazione indiretta dell'acquifero da parte del bacino "Dorsale M-Acuto – M. Cornacchia", mentre sono ipotizzati travasi dagli adiacenti bacini sotterranei della sorgente Torano e delle sorgenti del fiume Lete presso Prata Sannita;
4. Il bacino sotterraneo delle sorgenti di Torano e Grassano, che riceve cospicue aliquote di alimentazione idrica sotterranea dal bacino delle sorgenti del Biferno. I recapiti di questo acquifero sono rappresentati dalla sorgente di Torano con una portata di 2300 l/sec ad una quota di 200 m slm, dove trabocca parte della sua potenzialità e dalle sorgenti del Grassano con portate di circa 4700 l/sec e ad una quota di circa 57 m slm;
5. La dorsale di M. Gallo con deflussi orientati verso ovest, che alimenta, tramite un esteso fronte sorgivo e cospicui travasi idrici sotterranei l'alveo del fiume Volturno;
6. Il bacino delle sorgenti del Biferno. Le acque sotterranee di questo dominio traboccano solo in parte in corrispondenza del Biferno (490 – 510 m slm con

portate di 4600 l/sec) mentre cospicui volumi vanno ad alimentare, tramite travasi idrici sotterranei, le sorgenti di Torano e Grassano.

Al fine di schematizzare e rendere più semplice l'interpretazione del modello idrogeologico del territorio comunale, i terreni sono stati raggruppati in complessi idrogeologici sulla base delle caratteristiche litologiche e giaciturali, della permeabilità relativa e soprattutto del ruolo che ciascuno di essi svolge in relazione al deflusso delle acque.

2.3.1 Complessi idrogeologici

Di seguito si riportano le descrizioni dei complessi idrogeologici individuati.

Complesso dolomitico

Complesso calcareo

Complesso arenaceo-marnoso-argilloso

*Complesso detrito-alluvionale***.**

Complesso dolomitico

Il complesso dolomitico i rileva ai piedi dei versanti sud-occidentali del Matese e risulta costituito da dolomie biancastre massicce o in banchi, associate a livelli calcareo-dolomitici. Tale complesso, per la minore permeabilità rispetto a quello calcareo, cui è stratigraficamente sottoposto, contribuisce a limitare verso sud-ovest, insieme al complesso marnoso-arenaceo-argilloso, la falda del Matese.

Complesso calcareo

Il complesso calcareo comprende più litotipi (calcari dolomitici, calcari s.s., calcari marnosi), simili sotto il profilo della permeabilità relativa.

Esso costituisce l'acquifero principale.

Cronologicamente il complesso calcareo si estende dal Giurassico al Miocene.

Complesso argilloso-arenaceo

Il complesso arenaceo-marnoso-argilloso comprende il Flysch di Pietraroia, le Arenarie di Caiazzo e le Argille varicolori scagliose.

Il grado di permeabilità dei terreni appartenenti a questo complesso è scarso o pressocchè nullo.

Il principale ruolo idrogeologico esplicato al contatto con le assise dolomitiche e carbonatiche; il complesso, infatti, tampona lateralmente la falda in rete dei litotipi a più alta permeabilità condizionandone il deflusso verso punti di recapito preferenziali.

Complesso detritico-alluvionale

Il complesso detritico è formato dai conoidi di detrito che borda il versante.

Le caratteristiche idrogeologiche sono ovviamente legate alle modalità di sedimentazione ed alla granulometria, prevalentemente grossolana, dei clasti che costituiscono il complesso.

Nel consegue che la permeabilità è abbastanza elevata da permettere la presenza di discrete falde idriche. A causa della limitata estensione areale del complesso, la potenzialità di queste ultime è legata più alla possibilità di alimentazione da parte del massiccio carbonatico che non all'aliquota d'infiltrazione diretta.

3. INQUADRAMENTO DI DETTAGLIO

Morfologia – Geologia – Tettonica

3.1 Morfologia

Le aree oggetto di studio ricadono nell'ambito della dorsale Monte Caruso - Monte Croce – Monte Pietrauta, che nell'ambito del versante occidentale del Massiccio del Matese, delimita con direzione NW-SE il pianoro su cui sorge l'abitato di Gallo Matese ed il lago di Gallo.

In particolare i due settori oggetto di studio, lungo i quali si articolano due assi viari comunali, presentano una quota media di 850 m slm.

Più in dettaglio:

- L'area pedemontana oggetto d'interesse, che raccorda i rilievi carbonatici esistenti con la piana sottostante, è posta tra le quote di 840 – 870 m slm, presenta una pendenza prossima o di poco superiore ai 10° in prossimità della base dei rilievi e diminuisce a pochi gradi in prossimità della piana.
- I settori a monte, invece, si presentano molto irregolari e disturbati da elementi tettonici, con costoni e cornici; le pendenze risultano essere di poco inferiori o prossime ai 40°. Costoni e cornici sono solcati da profonde incisioni tettoniche con varia direzione e danno luogo a pareti da molto acclivi a subverticali e a pinnacoli isolati dal resto del bed-rock carbonatico.

Le aree di studio si presentano terrazzate con ampie e profonde balze di origine naturale ed antropica.

L'analisi morfologica, è stata preceduta da un'attenta lettura critica del materiale messo a disposizione dal Comune di Gallo Matese, di ricerche e studi svolti in ambito universitario, da fonti bibliografiche ed integrata da una attenta verifica diretta sul terreno per cogliere le eventuali modificazioni del paesaggio legate sia a processi naturali che antropici.

Detto rilievo, quindi, è stato finalizzato non solo ad identificare la morfologia del paesaggio attuale, ma soprattutto a valutare il livello di labilità dell'attuale configurazione dal punto di vista morfologico.

Le forme riconosciute, vanno da quelle tipiche montane (aree di cresta, superfici di spianamento sommitale, versanti strutturali, area di testata sommitale, a quelle di raccordo (conoidi) e di fondovalle (piana alluvionale).

In alcuni settori sono stati osservati elementi premonitori o elementi tipici di un indizio di stabilità incipiente, quali fratture di trazione che rappresentano indizio di un dissesto idrogeologico in atto, intendo con questo termine l'evoluzione di un versante o di una scarpata, rappresentato da quell'insieme di fenomeni quasi sempre connessi al defluire delle acque libere, che producono effetti che possono portare alla perdita di vite umane, ad alterazioni delle attività e delle opere umane, oltre che dell'ambiente geologico e paesaggistico naturale. Gli effetti rovinosi del dissesto idrogeologico derivano principalmente dalle frane, ma anche dai fenomeni di intensa erosione; le prime sono fenomeni che consistono essenzialmente nel distacco e successivo spostamento, rapido o lento, di materiali sciolti e/o di masse rocciose, sotto l'azione della gravità; i

processi erosionali, invece, sono connessi alla mera azione meccanica dovuta allo scorre delle acque libere sulla superficie del versante.

3.2 Geologia

La geologia di dettaglio delle aree oggetto di studio, si è basato sul rilievo ictu-oculi di superficie e dalle foto del drone nei punti inaccessibili. In particolare è possibile distinguere le seguenti unità litologiche principali:

Unità dolomitico-calcarea

I rilievi sono formati da una successione di dolomie che intorno alla quota di 900 – 1000 m slm passano verso l'alto a calcareniti.

Le dolomie si presentano biancastre e grigie, in banchi e strati e talora con intercalazioni di dolomie microcristalline bituminose grigio scure e nerastre.

Si presentano farinose per effetto del minor grado di cementazione ed alla presenza di fratture diffuse.

Sono stratificate in strati decimetrici e pluridecimetrici ed in banchi massicci con andamento suborizzontale o a traversopoggio.

Le soprastanti calcareniti sono di coloro biancastro, a cemento spatico, ben stratificate con livelli biancastri ed avana di brecce e conglomerati monogenici e poligenici a cemento calcareo in grossi banchi fratturati.

La successione risulta essere ben cementata e stratificata con giacitura a reggipoggio. Possiede inoltre un grado di fratturazione variabile con piani di discontinuità sia subverticali che variamente inclinati verso valle, verso monte e lateralmente al pendio.

Suddette discontinuità sono generalmente aperte, quasi sempre vuote da terreno e vegetazione e con superfici mediamente scabre.

Sono evidenti, sulla superficie della roccia e lungo i piani di discontinuità, fenomeni carsici dovuti alla dissoluzione del calcare ad opera delle acque meteoriche.

Detta formazione ha un'eta compresa tra il Cretacico superiore ed il Palocene.

Dall'esame ictu-oculi emerge che il tratto di versante èoltre i 950 m slm, è pressochè privo di coltri detritiche e terrose di copertura per cui il bed-rock carbonatico è praticamente affiorante quasi dappertutto.

Solo su alcuni terrazzi morfologici, presenti per lo più a monte delle cornici e costoni, può essere presente una modestissima copertura incoerente.

Unità calcarenitico-marnoso-argillosa

Questa unità si trova nella vallata dove sorge l'abitato di Gallo, sovente obliterata dalle coperture sedimentarie sia pedemontana e sia alluvionali.

Essa non affiora nel settore oggetto di studio.

Si tratta di una successione sottilmente stratificata di calcareniti avana, calcari marnosi e marne argillose grigiastre e verdastre, che si trova in contatto per faglia con l'unità dolomitico-calcarea ed affiora in corrispondenza del centro abitato.

L'età del deposito è Oligocene – Miocene.

Unità detritico-colluviale pedemontana

Si tratta di un deposito costituito da blocchi e ghiaia eterometrica calcarea e dolomitica immersi in una matrice argillosa di colore marrone. Gli elementi lapidei sono spigolosi e presentano dimensioni metriche alla base del versante e tendono a diventare decimetrici verso valle.

Medesimo discorso vale per la matrice, che tende ad aumentare verso valle.

Quindi spostandosi da monte verso valle si passa da depositi clasto-sostenuti a depositi matrice sostenuta.

Il meccanismo di deposizione dei sedimenti è dovuto a ripetuti fenomeni di scorrimento e rotolamento di elementi lapidei.

Questi fenomeni sono accelerati ed agevolati dalle acque di ruscellamento soprattutto in concomitanza di eventi copiosi; un ruolo non trascurabile è da attribuire all'azione del gelo-disgelo che indebolisce e non poco il legame delle coltri dal bed-rock carbonatico. Il limite tra questo corpo sedimentario e quelli adiacenti è di tipo eteropico.

Unità di conoide

Si tratta di depositi detritici presenti alla base del versante; in particolare è una conoide coalescente in contatto eteropico con le coltri della fascia pedemontana.

Unità di piana

Alla base dei versanti carbonatici, è presente la piana su cui sorge l'abitato di Gallo. Si tratta di depositi terroso-detritici derivanti dallo smatellamento dei rilievi esistenti sia calcareo-dolomitici che calcareo-marnoso-argilloso.

3.3 Faglie attive e capaci

Come è noto una faglia è detta capace se raggiunge la superficie producendo una frattura del terreno e l'andamento di questa rottura in superficie è la traccia superficiale della faglia stessa.

Dal rilievo di superficie è emersa la presenza lungo le strade esistenti di specchi di faglia, indizio della presenza di faglie capaci.

Tutto il territorio comunale di Gallo è attraversato dalla faglia denominata *Lago del Matese* (Fault Code 30801) che ha direzione SSW.

In base ai dati disponibili la faglia a cinematica normale, risulterebbe attiva almeno nel pleistocene medio (125,000 – 700,000). Mancano i dati sulla geometria profonda.

4. CARATTERISTICHE MECCANICHE DELL'AMMASSO ROCCIOSO

Per caratterizzare un ammasso roccioso a comportamento rigido dal punto di vista meccanico è necessario eseguire una serie di operazioni che, nel loro insieme, costituiscono il cosiddetto *rilievo geomeccanico*.

Il comportamento meccanico dell'ammasso roccioso dipende sia dalle proprietà meccaniche della matrice rocciosa sia dalle caratteristiche delle discontinuità.

Per descrivere a pieno le caratteristiche della matrice rocciosa è necessario fornire: descrizione litologica e petrografia, composizione mineralogica, caratteristiche tessiturali, grado di alterazione, proprietà meccaniche e tutto quanto può essere utile per un adeguato inquadramento.

Invece, per quanto riguarda le discontinuità, i principali parametri che le caratterizzano sono: orientazione, spaziatura, persistenza, scabrezza, apertura, riempimento, condizioni idrauliche , condizioni dei giunti.

Per la determinazione dei valori dei parametri suddetti, si è fatto uso anche della bibliografia tecnica disponibile in modo da avere un quadro il più possibile corrispondente alla realtà del comportamento geomeccanico dell'ammasso roccioso.

La roccia in studio in particolare è una sedimentaria detritica di natura carbonatica. Il costituente mineralogico fondamentale è rappresentato dalla dolomite e dalla calcite.

Inoltre sono state eseguite misure per la valutazione della resistenza meccanica delle superfici dei giunti (resistenza a compressione uniassiale), utilizzando il

martello di Schmidt o sclerometro tipo L (per roccia), strumento da un cilindro con punta rientrante, che misura la capacità del materiale ad assorbire l'urto.

L'indice del martello di Schmidt può essere correlato con la resistenza alla compressione delle superfici di discontinuità J.C.S. attraverso un grafico che tiene conto anche dell'inclinazione dello strumento rispetto all'orizzontale.

Dal punto di vista operativo si è arrivati alla determinazione delle caratteristiche dell'ammasso roccioso, attraverso un attento rilievo geomeccanico, eseguito su alcune postazioni lungo i versanti carbonatici esistenti.

Per l'analisi del quadro fessurativo è stata utilizzata la seguente attrezzatura:

- Bussola professionale Wilkie;
- Sclerometro meccanico per roccia (o martello di Schmidt) EUROSIT;
- Pettine di Barton;
- Macchina fotografica digitale;
- Software di elaborazione MECROCCE;
- Software di elaborazione GEOROCKFALL.

Bussola per rilievo giaciture

Martello di Schmidt

Il fronte presenta una stratificazione piuttosto evidente e risulta interessato da diverse linee di frattura e faglie, prevalentemente con direzione appenninica ed antiappenninica, che determinano talora una frammentazione della roccia; nonostante ciò, tranne in pochi casi, sono presenti materiali da crollo alla base delle pareti, evidenziando discrete condizioni di stabilità generali.

La giacitura degli strati è ben visibile lungo tutto il versante rilevato: gli strati si presentano con spessori da qualche centimetro fino a circa 60/70 centimetri, le superfici sono prevalentemente ondulate e prive di depositi argillosi. Alcuni settori si presentano intensamente fratturati, fino a determinare uno stato di microfratturazione della roccia.

Stratificazione/fratture

Fronte

Faglia

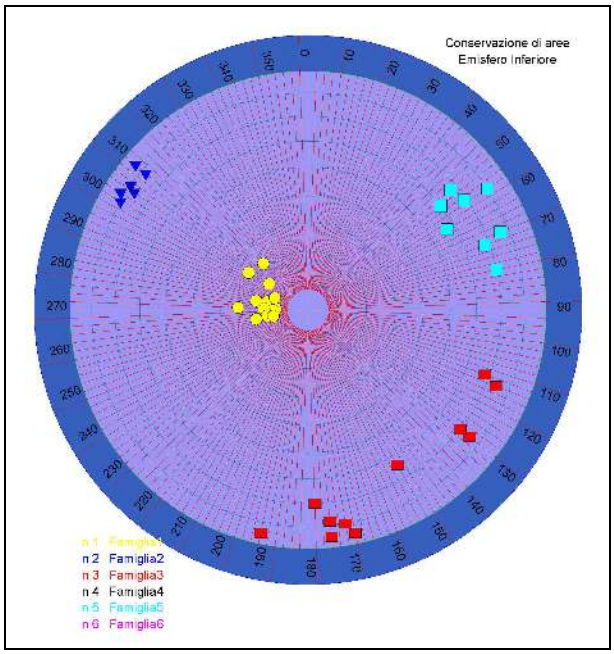
Fratture della roccia

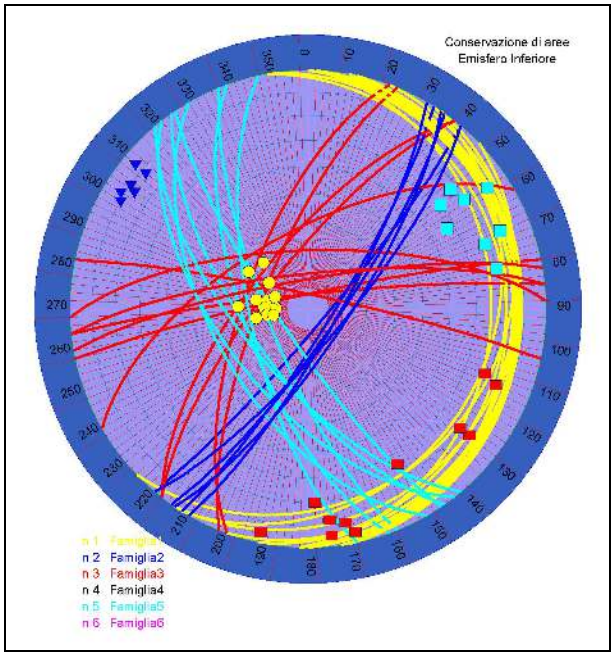
4.1 Classificazione dell'ammasso roccioso

Come accennato nel paragrafo precedente, la roccia affiorante è caratterizzata da un grado di fatturazione variabile lungo tutto il versante analizzato, pertanto è stato condotto il lavoro facendo misure a campione, laddove possibile su vari fronti esposti, al fine di avere un numero congruo di misure tali da individuare le famiglie principali di giunti.

In particolare, per ogni piano di discontinuità rilevato è stata definita l'immersione, l'inclinazione, la persistenza, la spaziatura, l'apertura, il riempimento, la presenza di acqua, ecc.

Per quanto concerne la rappresentazione di tali discontinuità si è fatto ricorso a proiezioni stereografiche utilizzando il reticolo equiareale di Schmidt, vedi immagini seguenti.





Le misure effettuate sono state inserite nel programma *MecRocce* al fine di avere la rappresentazione delle giaciture sui diagrammi di uso comune, i cui elaborati sono riportati nell'**Appendice**, e grazie ai quali sono state individuate le seguenti famiglie principali:

Stratificazione: **Immersione: 100°**

Inclinazione: 12°

1° discontinuità: **Immersione: 124°;**

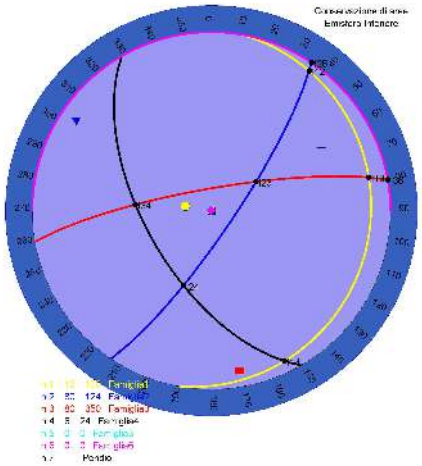
Inclinazione: 80°

2° discontinuità: **Immersione: 350°**

Inclinazione: 80°

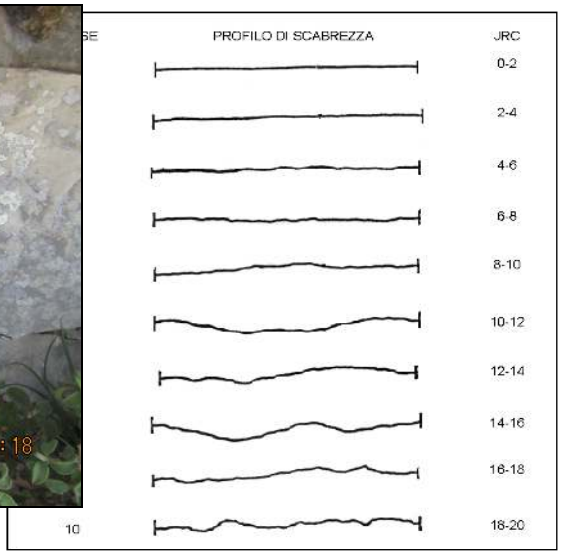
3° discontinuità: **Immersione: 240°**

Inclinazione: 70°

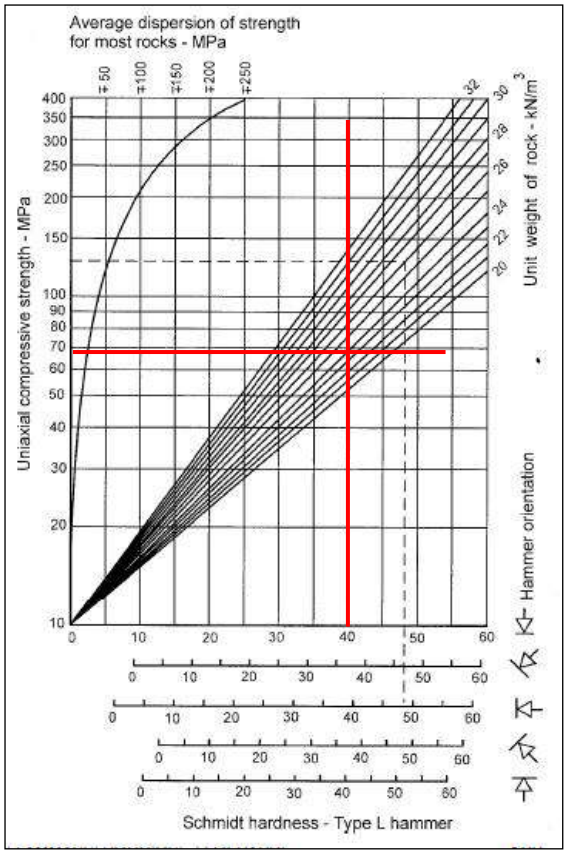


Tali giunti si presentano generalmente scabri, privi di livelli argillosi, compatti e, in alcuni casi ricementati.

Le discontinuità presentano un'apertura generalmente inferiore al centimetro, una superficie ondulata. In particolare il profilo di scabrezza, valutato con il "Pettine di Barton", può essere ascritto ad una classe 7 della classificazione proposta dallo stesso autore, corrispondente ad un valore del parametro JRC pari a 12-14.



Il valore medio dell'indice di rimbalzo, determinato in campagna sottoponendo le superfici di strato a prove sclerometriche mediante martello di Schmidt, è risultato mediamente pari a 40, a cui corrisponde una resistenza alla compressione monoassiale di circa 70 MPa.



Al fine di classificare l'ammasso roccioso è stata adoperata la metodologia RMR (Rock Mass Rating) di Bieniawskj (1989). La classificazione tiene conto di 5 parametri relativi allo stato della roccia e di un indice di correzione il cui valore è funzione dell'orientamento delle discontinuità e del problema affrontato.

I cinque parametri caratteristici sono:

- Resistenza a compressione uniassiale della roccia;
- Indice RQD;
- Spaziatura delle discontinuità;
- Condizione dei giunti;
- Condizioni idrauliche.

Ciascun parametro viene valutato in modo quantitativo ed a ciascuno di esse è assegnato un indice parziale. La somma dei cinque indici parziali fornisce il Basic RMR (BRMR). Di seguito si riporta la tabella riepilogativa degli indici determinati; in giallo sono evidenziati i valori degli indici attributi al nostro ammasso roccioso.

PARAMETRI			INTERVALLI DI VALORI						
1	RESISTENZA ROCCIA INTATTA	Carico puntuale (Mpa)	>10	4-10	2-4	1-2	Non applicabile		
		Compressione monoassiale (MPa)	>250	100-250	50-100	25-50	5-25	1-5	< 1
	Indice		**15**	**12**	**7**	**4**	**2**	**1**	**0**
2	RQD (%)		90-100	75-90	50-75	25-50	<25		
	Indice		**20**	**17**	**13**	**8**	**3**		
3	SPAZIATURA GIUNTI (m)		>2	0,6-2	0,6-0,2	0,06-0,2	<0,06		
	Indice		**32**	**15**	**10**	**8**	**5**		
4	CONDIZIONE GIUNTI		Superfici molto scabre non continue. Pareti roccia non alterate	Superfici scabre. Apertura <1mm. Pareti roccia leg.alterate	Superfici scabre. Apertura <1mm. Pareti roccia molto alterate	Superfici lisce o laminate o riempimento<5mm o apertura 1-5mm. Giunti continui	Riempimento tenero con spessore >5 mm o giunti aperti>5 mm. Giunti continui		
	Indice		**30**	**25**	**20**	**10**	**0**		
5	CONDIZIONI IDRAULICHE	Afflusso per 10m di lunghezza del tunnel (litri/min)	Assente	<10	10-25	25-125	>125		
		Rapporto Pressione acqua nei giunti/Pressione naturale in sito	0	<0,1	0,1-0,2	0,2-0,5	>0,5		
		Condizioni generali	Giunti asciutti	Umidi	Bagnati	Stillicidio	Venute d'acqua		
	Indice		**15**	**10**	**7**	**4**	**0**		

Una volta attribuiti tutti i coefficienti numerici, sulla base del valore di RMR, si identificano 5 intervalli, cui corrispondono altrettanti classi di ammasso roccioso ognuno delle quali corrisponde una valutazione di qualità dell'ammasso stesso:

RMR	100 - 81	80 - 61	60 - 41	41 – 21	< = 20
Classe	I	II	III	IV	V
Descrizione	Molto buono	Buono	Mediocre	Scadente	Molto scadente

Come si evince, l'ammasso roccioso è caratterizzato da un indice RMR pari a 60, per cui appartiene alla **III** classe, con una qualità dell'ammasso roccioso "*mediocre*", a cui corrispondono i seguenti parametri geomeccanici:

Coesione, c (kPA) = 5 RMR = **300 kPa**

Angolo di attrito, φ = 0,5 RMR + 5 = **35°**

Modulo di deformazione, E (GPa) = 2 RMR – 100 = **20 GPa**

Analizzando i dati raccolti durante il rilievo strutturale, si sono individuate, come detto, 3 famiglie di discontinuità principali ed un piano di stratificazione prevalente.

Gli strati presentano spessori variabile da qualche decimetro ad un massimo di 60/70 cm.

I giunti hanno caratteristiche abbastanza variabili; presentano un'apertura generalmente inferiore 1 cm una scabrezza da rugosa a molto rugosa. Il profilo

di scabrezza può essere iscritto come detto nella classe 12 - 14 di Barton. Il riempimento delle fratture, dove presente, è costituito da prodotti del disfacimento meccanico della roccia.

Per ogni famiglia di discontinuità evidenziate durante il rilevamento, sono state ripetute le operazioni di classificazione RMR, cercando di ottenere una valutazione della stabilità complessiva dell'ammasso roccioso.

6. INDAGINI IN-SITU

6.1 Indagini geotecniche: Prove penetrometriche dinamiche DPSH

Lungo Via Pisaturo e Via Campo delle Mandre sono state eseguite n° 3 prove penetrometriche superpesanti DPSH; esse sono state spinte fino al rifiuto strumentale (Appendice 1 – Certificati ed elabroazione DPSH).

Come è noto l'interpretazione delle prove penetromeriche dinamiche continue superpesanti (DPSH – Dynamic Probing Super Heavy), viene eseguita con le medesime metodologie utilizzate per le prove SPT (Standard Penetration Test).

Poichè non esiste una standardizzazione delle procedure di esecuzione delle prove DPSH, i valori N_{DPSH} vengono convertiti in valori equivalenti di N_{SPT}, attraverso un coefficiente di correlazione fornito dai produttori della strumentazione penetrometrica utilizzata.

In poche parole, si è risaliti da N_{DPSH} a N_{SPT} ed utilizzato le varie correlazioni messe a punto per le prove penetrometriche dinamiche standardizzate SPT.

Nella fattispecie la correlazione tra $N_{20\ (DPSH)}$ ed $N_{SPT\ equiv.}$ è la seguente:

$N_{SPT\ equiv.} = N_{20\ (DPSH)} \times 1.5$ dove:

$N_{20\ (DPSH)}$ rappresenta il numero di colpi per 20 cm di affondamento del penetrometro superpesante DPSH ed $N_{SPT\ equiv.}$, invece, il numero di colpi equivalente dello SPT.

Nell'elaborazione delle prove DPSH eseguite viene fornito un tabulato di ciascuna prova, con indicato il numero di colpi della punta misurato in campagna N_{DPSH} ed il numero di colpi SPT equivalente. Ed è proprio su questo ultimo

numero di colpi ($N_{SPT\ equiv.}$) che sono stati ricavati i parametri geotecnici per i vari strati individuati per cadauno test penetrometrico eseguito.

Si riportano di seguito le formulazioni teoriche utilizzate per la determinazione dei principali parametri geotecnici:

TERRENI DI SEDIME A PREVALENTE COMPORTAMENTO ATTRITIVO

DENSITA' RELATIVA

$$Dr = 21\ (N_{SPT} / \sigma v + 0.7)^{1/2}$$

[Meyerhof, 1957]

Cn = variabile funzione della litologia e della tensione verticale efficace
σv : tensione verticale efficace

ANGOLO DI RESISTENZA AL TAGLIO

$$\phi = 0.3 \times N_{SPT} + 27$$

[Shioi e Fukuni – Japanese National Railway, 1982]

N_{SPT} = Numero di colpi

MODULO DI YOUNG

$$E = 2\ B \times N_{SPT}$$

[Schmertmann, 1978]

N_{SPT} = Numero di colpi
B = Costante variabile in funzione della litologia

MODULO DI DEFORMAZIONE EDOMETRICA

[Mezenbach e Malcev]

$Ed = 3.54 \times N_{SPT} + 38$ Per sabbie fini

$Ed = 4.46 \times N_{SPT} + 38$ Per sabbie medie

$Ed = 10.46 \times N_{SPT} + 38$ Per sabbie + ghiaie

$Ed = 11.84 \times N_{SPT} + 38$ Per sabbie ghiaiose

N_{SPT} = Numero di colpi

MODULO DI TAGLIO DINAMICO

$$G = a \times N_{SPT}^{\,b}$$

[Ohsaki e Iwasaki]

N_{SPT} = Numero di colpi
a = 650 e b = 0.94 nel caso di sabbie pulite
a = 1182 e b = 0.76 nel caso di sabbie con fine plastico

PENETROMETRIA DINAMICA DPSH 1

0.0 – 0.80 mt	**Sciolto**
N_{SPT} medio equivalente	N = 3
Densità relativa	Dr = 41%
Angolo di resistenza al taglio	ϕ = 27.9°
Coesione (cu e c')	c = --- Kg/cm^2
Modulo di Young	E = 24 Kg/cm^2
Modulo dinamico di taglio	G = 183 Kg/cm^2
Modulo edometrico	Ed = 51 Kg/cm^2
Resistenza dinamica	Rd = 19 Kg/cm^2

0.80 – 2.80 mt	**Moderatamente addensato**
N_{SPT} medio equivalente	N = 18
Densità relativa	Dr = 88%
Angolo di resistenza al taglio	ϕ = 32.4°
Coesione (cu e c')	c = 0 Kg/cm^2
Modulo di Young	E = 143 Kg/cm^2
Modulo dinamico di taglio	G = 978 Kg/cm^2
Modulo edometrico	Ed = 226 Kg/cm^2
Resistenza dinamica	Rd = 103 Kg/cm^2

2.80 – 3.40 mt	**Molto addensato**
N_{SPT} medio equivalente	N = 67
E' l'unità dove si è registrato il rifiuto strumentale per la presenza del detrito carbonatico eterometrico in matrice	

PENETROMETRIA DINAMICA DPSH 2

0.0 – 0.60 mt	**Sciolto**
N_{SPT} medio equivalente	N = 3.5
Densità relativa	Dr = 45%
Angolo di resistenza al taglio	ϕ = 28°
Coesione (cu e c')	c = -- Kg/cm^2
Modulo di Young	E = 28 Kg/cm^2
Modulo dinamico di taglio	G = 211 Kg/cm^2
Modulo edometrico	Ed = 53 Kg/cm^2
Resistenza dinamica	Rd = 22 Kg/cm^2

0.60 – 1.20 mt	**Moderatamente addensato**
N_{SPT} medio equivalente	N = 23
Densità relativa	Dr = ---%
Angolo di resistenza al taglio	ϕ = 34°
Coesione (cu e c')	c = 0 Kg/cm^2
Modulo di Young	E = 188 Kg/cm^2
Modulo dinamico di taglio	G = 1267 Kg/cm^2
Modulo edometrico	Ed = 278 Kg/cm^2
Resistenza dinamica	Rd = 144 Kg/cm^2

1.20 – 1.80 mt	**Molto addensato**
N_{SPT} medio equivalente	N = 65
E' l'unità dove si è registrato il rifiuto strumentale per la rpesenza del detrito carbonatico eterometrico in matrice	

PENETROMETRIA DINAMICA DPSH 3

0.0 – 0.60 mt	**Sciolto**
N_{SPT} medio equivalente	N = 3.5
Densità relativa	Dr = 45%
Angolo di resistenza al taglio	ϕ = 28°
Coesione (cu e c')	c = -- Kg/cm^2
Modulo di Young	E = 28 Kg/cm^2
Modulo dinamico di taglio	G = 211 Kg/cm^2
Modulo edometrico	Ed = 53 Kg/cm^2
Resistenza dinamica	Rd = 22 Kg/cm^2

0.60 – 1.60 mt	**Moderatamente addensato**
N_{SPT} medio equivalente	N = 15
Densità relativa	Dr = 87%
Angolo di resistenza al taglio	ϕ = 31°
Coesione (cu e c')	c = 0 Kg/cm^2
Modulo di Young	E = 122 Kg/cm^2
Modulo dinamico di taglio	G = 846 Kg/cm^2
Modulo edometrico	Ed = 194 Kg/cm^2
Resistenza dinamica	Rd = 93 Kg/cm^2

1.60 – 2.20 mt	**Molto addensato**
N_{SPT} medio equivalente	N = 64
E' l'unità dove si è registrato il rifiuto strumentale per la rpesenza del detrito carbonatico eterometrico in matrice	

7. PENALITA' DELL'AREA AI FINI EDIFICATORI AI SENSI DEL PROGETTO DI PIANO ASSETTO IDROGEOLOGICO "RISCHIO FRANA" DELL'AUTORITA' DI BACINO DISTRETTUALE DELL'APPENNINO MERIDIONALE

DEFINZIONE DEGLI INTERVENTI

Le due area oggetto d'intervento ricadono in aree perimetrate nel Piano per l'Assetto Idrogeologico (PAI) - Rischio da Frana (Rf) -, dell'Autorità di Bacino dei Fiumi Liri-Garigliano e Volturno, adottato dal Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino nella seduta del 5 aprile 2006 (G.U. n° 164 del 17.07.2006). In Appendice 2 si riporta uno stralcio del PAI- Rf-.

In particolare, dette aree ricadono nelle aree denominate nel PSAI –Rf- come **"** A4 " e " C1 "**.** In particolare:

A4 - Area di alta attenzione : area non urbanizzata, potenzialmente interessata da fenomeni di innesco, transito ed invasione di frane a massima intensità attesa alta.

C1 - Area di possibile ampliamento dei fenomeni franosi cartografati all'interno, ovvero di fenomeni di primo distacco per la quale si rimanda al D.M. LL.PP. 11 marzo 1988 .

Nelle aree a rischio, le norme del piano intendono perseguire i seguenti obiettivi: incolumità delle persone, sicurezza delle strutture, delle infrastrutture e del patrimonio ambientale.

Al fine del raggiungimento di suddetti obiettivi, è vietata qualunque trasformazione dello stato dei luoghi, sotto l'aspetto morfologico, infrastrutturale ed edilizio, tranne che non si tratti:

A) Interventi di demolizione senza ricostruzione;

B) Interventi di manutenzione ordinaria e straordinaria, restauro, risanamento conservativo e ristrutturazione edilizia, così come definito alle lettere a), b), c), d) dell'art. 3 del DPR n° 380 del 6 giungo 2001 e s.m.i. sugli edifici, sulle opere pubbliche o di interesse pubblico, sulle infrastrutture sia a rete che puntuali e sulle attrezzature esistenti, purchè detti interventi non comportino aumento del carico urbanistico o incremento dell'attuale livello di rischio;

C) Interventi strettamenti necessari a migliorare la tutela della pubblica incolumità e a ridurre la vulnerabilità degli edifici esistenti, che non siano lesivi delle strutture ed infrastrutture adiacenti, senza aumenti di superficie e volumi utili, senza aumento del carico urbanistico o incremento del di unità immobiliari e senza cambiamenti di destinazione d'uso che non siano riconducibili ad un adeguamento degli standard per la stessa unità abitativa;

D) Interventi di riparazione, di adeguamento antisismico e ricostruzione in sito di edifici danneggiati da eventi sismici, qualora gli eventi stessi non abbiano innescato asseverate riattivazioni del fenomeno di dissesto idrogeologico;

E) Realizzazione di nuove infrastrutture pubbliche o di interesse pubblico riferiti a servizi essenziali non delocalizzabili, purchè l'opera sia progettata ed eseguita in misura adeguata al rischio dell'area e la sua realizzazione non

concorra ad incrementare il carico insediativo e non preluda la possibilità di attenuare e/o eliminare le cause che determinano le condizioni di rischio;

F) Interventi atti all'allontanamento delle acque di ruscellamento superficiale e che incrementano le condizioni di stabilità dell'area in frana;

G) Opere di bonifica e sistemazione dei movimenti franosi;

H) Taglio e/o eliminazione delle essenze arboree ed arbustive … omissis ..

Gli interventi necessari nelle aree de-quo rientrano nei punti F) e G).

Le caratteristiche lito-morfo-clivometriche rilevate lungo i due settori interessati dagli assi viari, impongono in alcuni settori la messa in opera di alcuni specifici interventi di mitigazione in modo da stabilizzare la coltre detritico-colluviale poggiata sul bed-rock carbonatico ed abbassare così il livello di vulnerabilità e di rischio che coinvolge i fabbricati e le infrastrutture pubbliche e private esistenti.

Per prima cosa è stata valutata dallo scrivente l'opportunità di applicare lungo il versante tecniche afferenti all'Ingegneria naturalistica (I.N.).

Come è noto le opere realizzate con l'impiego di materiale vivo, che caratterizza l'I.N., debbono rispondere fondamentalmente a tre funzioni: *tecnica, naturalistica, estetica.*

Per *funzione tecnica* s'intende la capacità degli elementi vegetali da svolgere una funzione di contrasto al dissesto idrogeologico attraverso il rinforzo e l'ancoraggio del terreno per opera dell'apparato radicale, la riduzione dell'effetto erosivo delle precipitazioni e la riduzione conseguente del deflusso idrico superficiale.

La *funzione naturalistica* è data dalla presenza stessa della vegetazione che determina l'aumento della componente naturale di un sito.

Per quanto riguarda la *funzione estetica*, la presenza della vegetazione promuove gli aspetti paesaggistici attraverso la riduzione dell'impatto visivo delle opere e delle infrastrutture per le quali si utilizzano.

L'utilizzo di materiali più economici come il legname e piante rispetto ai classici ferro e calcestruzzo in certi casi possono compensare la maggiore manodopera e risultare economicamente più conveniente.

Però è necessario anche ammettere che le opere di I.N. subiscono anch'esse un'evoluzione nel tempo modificando la propria efficacia ed efficienza.

Lo scrivente, dopo aver debitamente valutato i limiti dell'I.N. per la situazione geologica e morfoclivometrica esistente, ritiene possibile il loro impiego tenuto conto del contesto paesaggistico di pregio esistente nell'area.

In particolare:

a. Regimazione delle acque

E' opportuno evitare la corrivazione ed i ristagni idrici. Dette acque determinano di fatto uno scadimento delle caratteristiche geotecniche dei terreni di sedime (coesione ed angolo di resistenza al taglio), sì da innescare piccoli e localizzati scoscendimenti retrogradi. Quindi, come spiegato, questi fenomeni di dissesto, seppure circoscritti, sono determinati in tutto o in parte dal disordine idraulico, sia per cause naturali che antropiche; l'acqua di ruscellamento e di ristagno

risulta essere in sintesi l'elemento determinante per l'innesco di dissesti della coltre detritico-colluviale.

La sua corretta regimentazione è l'elemento chiave per la risoluzione dei problemi, in quanto riduce il rischio di reinnesco dei fenomeni erosivi e di franamento e migliora le condizioni di attecchimento e sviluppo della vegetazione (riducendo il dilavamento ed i ristagni idrici).

Le canalizzazioni hanno lo scopo di allontanare e di raccogliere le acque superficiali.

In particolare, si consiglia l'utilizzo di canalette superficiali che hanno l'obiettivo di captare ed allontanare le acque superficiali, non solo quelle provenienti dalle precipitazioni o dalle emergenze idriche ma anche quelle stagnanti.

I sistemi di drenaggio superficiale hanno un impatto ambientale abbastanza contenuto, assolvendo bene il compito di garantire la necessaria efficacia tecnico-funzionale dell'intervento. E' indispensabile che tutti gli scarichi delle canalizzazioni siano condotti al più vicino impluvio.

b. Difese delle scarpate esistenti

b1. Palizzata viva semplice

Per quanto riguarda, invece, il consolidamento delle piccole scarpate costituite da materiale detritico-colluviale, è consigliabile l'utilizzo di strutture realizzate in materiale vivo, come ad esempio le palificate vive in legname a parete semplice. Questo intervento finalizzato alla stabilizzazione delle scarpate, consiste nella

realizzazione di strutture in legname traversali alla linea di massima pendenza e nella posa a dimora di materiale vegetale vivo.

In particolare, dette palizzate saranno costituite da pali di larice o castagno, lunghi circa 1.50 mt e con diametro di 10 – 15 cm, posti ad un interasse di 0.30 – 0.50 mt. I pali di legno saranno conficcati nel terreno per almeno due terzi della lunghezza, con asse verticale i leggermente in controtendenza a monte; sulla parte sporgente verranno posati il tondame trasversale in più ordine sovrapposti, avente la funzione di trattenere il materiale retrostante e quindi di garantire la sua stabilità.

Queste tecniche possono essere integrate attraverso l'uso di stuoie o tessuti in materiale naturale o sintetico che favoriscono la formazione della vegetazione e riducono l'asportazione del terreno.

Queste strutture così realizzate, agendo a gravità come un corpo unico, contrastano efficacemente la spinta delle terre e, grazie all'inerbimento, diffuso del paramento, determinano un basso impatto sull'ambiente circostante. Inoltre, queste strutture, presentano un notevole grado di flessibilità che permette loro di assorbire cedimenti differenziali e cedimenti a medio-lungo termine, senza mettere in crisi la stabilità globale dell'opera.

b2. Gradonata e cordonata viva

Questo intervento serve per la stabilizzazione delle scarpate e consiste nella realizzazione di banchine trasversali alla linea di massima pendenza, costituite nel dettaglio da uno scavo in contropendenza nel quale viene posto a dimora

materiale vivo (talee, piantine), ricoperto con il terreno derivante dallo scavo della banchina posta a monte.

Operativametne si procede all'apertura di uno scavo continuo disposto lungo la curc adi livello della scarpata, realizzando una banchina di profondità 50 – 100 cm, realizzata con una contropendenza a monte di ca. il 10%. Sul piano della banchina viene posto a dimora il materiale vegetale, ortogonalmente alla linea di massima pendenza, con densità differnziato in rapporto al materiale impiegato.

Le gradonate e cordonate presentano modalità esecutive generali praticamente identiche, caratterizzate da grande semplicità e molta flessibilità.

b3. Gabbionata

Alcuni tratti di scarpate più alte e soggette a scoscendimenti retrogradi che coinvolgono volumi più importanti, potrebbero essere sistemati mediante la realizzazione di gabbionate a scatola rinverdite.

La gabbionata a scatola è un'opera di sostegno modulare formata da elementi a forma di parallelepipedo in rete a doppia torsione tessuta con trafilato in acciaio riempite con pietrame.

La struttura modulare è realizzata con tecniche costruttive semplici e rapide e la rete metallica è costituita da filo di acciaio protetto con zincatura forte, atto a far aumentare la resistenza alla corrosione.

In particolare, prima della messa in opera, ciascun gabbione sarà aperto, appoggiato su un terreno stabile ed in piano, quindi stirato, avendo cura di

eliminare ogni grinza e controllando che le linee di piegatura siano nella corretta posizione, in modo da poter formare la scatola.

L'assemblaggio dei gabbioni, avverrà accostando gli scatolari per ciascun strato, allineandoli e legandoli l'uno all'altro, prima di procedere con il riempimento con pietrame.

I gabbioni verranno accostati fronte contro fronte o retro contro retro, in modo da facilitare l'operazione di riempimento degli stessi.

Dopo aver posizionati e legati l'uno all'atro, i gabbioni saranno riempiti con materiale lapideo non gelivo, avente pezzatura non superiore ai 25 cm e di dimensioni non inferiori al diametro della maglia. Le dimensioni saranno comprese in un intervallo tra 7.5 e 20 cm.

Il riempimento sarà eseguito manualmente o meccanicamente, ed avverrà per strati successivi, dello spessore di 30 cm, partendo dall'estremità della fila di gabbioni, collegata alla serie che è stata riempita in precedenza.

Il materiale sarà ben assestato, garantendo un elevato addensamento, in modo da evitare possibili deformazioni durante la messa in opera.

Al termine di ogni strato di riempimento, si realizzeranno dei tiranti in filo metallico, disposti in numero pari ad almeno a 3 per metro di altezza: utilizzando gabbioni alti 1 mt, si avrà un tirante ad 1/3 dell'altezza e l'altro a 2/3. Detti tiranti consentiranno di evitare deformazioni indesiderate della struttura.

Per il riempimento dei gabbioni si utilizzerà, come già detto, materiale lapideo disponibile nelle vicinanze ed avrà caratteristiche granulometriche e peso

specifico soddisfacente a garantire l'efficienza dell'opera nel tempo (ciottolame o pietrame a grana di grossa pezzatura, alluvionale o di cava).

Il pietrame sarà non gelivo, non friabile e di buona durezza.

Il riempimento dei gabbioni avverrà con cura utilizzando pezzature di pietrame diversificate in modo da minimizzare la presenza di vuoti.

La gabbionata nel complesso risulta essere un'opera di sostegno permeabile, resistente ed allo stesso tempo flessibile in grado di opporsi, senza grandi deformazioni dei singoli elementi, ad assestamenti e/o cedimenti del piano di posa o spinte del terreno a tergo.

La struttura modulare e la forma degli elementi conferiscono all'opera realizzata una notevole capacità di adattamento alle diverse conformazioni plano-altimetriche del terreno e viene utilizzata proprio in interventi di sistemazione in alveo e difese spondale, consentendo appunto la realizzazione di opere anche di ridotte dimensioni ed in zone di difficile accesso.

Tra le file dei gabbioni è consigliabile l'inserimento anche delle talee arbustive.

8. MODALITA' OPERATIVE E STABILITA' DELLO SCAVO

Prima di dare inizio a qualsiasi operazioni di scavo per realizzare le lavorazioni precedentemente descritte, l'impresa esecutrice dovrà pianificare attentamente tutte le operazioni correlate ai movimenti di materiale terra/roccia tenendo conto delle caratteristiche geolitologiche ed ambientali specifiche del sito, individuate nella presente relazione nonché del disciplinare tecnico contenuto nel D.P.R. 13 giugno 2017 n° 120 "Regolamento recante la disciplina semplificata della gestione delle terre e rocce di scavo".

Nel caso di scavi di sbancamento di altezza pari ad 1.0 mt dall'attuale piano di campagna, è possibile anche avere pareti verticale dei fronti di scavo; per altezze maggiori, è necessario riprofilare le scarpate stesse in modo da avere angoli di scarpa compatibili con l'angolo di resistenza al taglio dei terreni di sedime.

La valutazione è stata effettuata con rifermento alla classificazione dei suoli (Soil Classification System) introdotta dalla Norma Standard 1926 (Safety and health regulations for construction) dell'OSHA che prevede le seguenti tipologie di terreni: Rocce stabili, Terreno *"tipo A"*, Terreno *"tipo B"*, Terreno *"tipo C".*

Per rocce stabili si intendono le formazioni che possono essere scavate con pareti verticali anche se esposte agli agenti atmosferici.

Con terreno di "Tipo A" si intendono i suoli coesivi costituiti da argille/limi o da terre a forte componente argillosa.

Con terreno di "Tipo B" si intendono i terreni mediamente coesivi a parziale composizione granulare (sabbie e ghiaie con presenza di componente

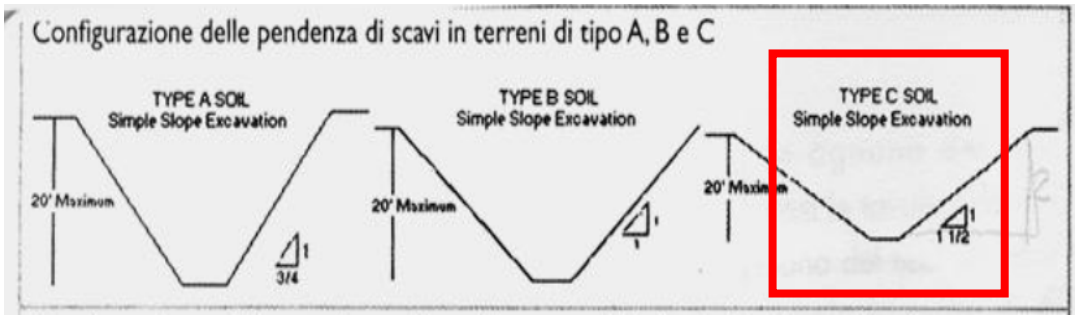
argillosa/limosa) o dotati di attrito interno come i terreni costituiti da frammenti rocciosi spigolosi.

Con terreno di "Tipo C" si intendono i terreni incoerenti a comportamento granulare come le sabbie e le ghiaie.

In base alla tipologia di terreno in esame si riconoscono delle pendenze massime consentite secondo la tabella seguente.

TIPO DI ROCCIA O TERRENO	MASSIMA PENDENZA CONSENTITA (H/V) PER SCAVI PROFONDI MENO DI 20 FEET (6.10 M.)	
Roccia stabile	Verticale	(90°)
Tipo A (*)	base 3/4 : 1 altezza	(53°)
Tipo B	1 : 1	(45°)
Tipo C	1 1/2 : 1	(34°)

Nel caso in esame, il terreno di fondazione può essere assimilato ad un terreno di categoria B, e pertanto la <u>pendenza massima</u> del fronte di scavo dovrà essere sempre inferiore ai 45°.



Inoltre, gli scavi a sezione ristretta, potranno essere resi accessibili alle maestranze solo previo sostegno con idonei sistemi di sicurezza (sbatacchiature).

E' opportuno altresì che lo scrivente effettui un'accorta ispezione visiva del terreno di fondazione per accertare la presenza di disomogeneità evidenti, costituite in genere da lenti discontinue di terreni torbosi.

In presenza di tali singolarità, lo scrivente potrà decidere di far procedere con un'omogeneizzazione delle proprietà meccaniche e deformative del terreno di posa, mediante la rimozione di uno strato di adeguato spessore e la sua sostituzione con un getto di magrone.

9. RIEPILOGO E CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Nel presente lavoro vengono forniti i risultati dello studio geologico e geotecnico, svolto in un'area interessata dal *Progetto di interventi di stabilizzazione e consolidamento dei dissesti idrogeologici presenti alla base del Monte Capo le Mandre in zona a rischio idrogeologico molto elevato.*

Gli elaborati redatti permettono di rispondere in modo esauriente alle richieste formulate dalle nuove Norme Tecniche per le Costruzioni riportate nel Decreto Ministeriale 17 gennaio 2018 in materia di prevenzione del territorio dal rischio geologico e sismico.

In particolare, il rilevamento geologico associato ai risultati della campagna geognostica-geotecnica, ha consentito di individuare le caratteristiche litologiche e stratigrafiche dei terreni del sottosuolo, nonché le loro proprietà fisico-meccaniche.

Queste varie fasi di studio, in prospettiva agli interventi che si andranno a realizzare, hanno reso possibile affrontare le problematiche inerenti la "fattibilità geologica, morfologica e sismica" e cioè si è cercato di valutare le caratteristiche della porzione del territorio interessato dall'intervento sotto i suoi molteplici aspetti allo stato attuale e quelli che si andranno a determinare nel futuro.

MODELLO GEOLOGICO

I terreni costituenti l'area oggetto d'intervento edilizio sono costituiti da una coltre detritico-colluviale, posta al di sopra del bed-rock carbonatico.

IDROGEOLOGIA

L'area oggetto d'intervento non è interessata da alcuna falda idrica episuperficiale.

STABILITÀ

Morfologicamente l'area oggetto d'intervento edilizio e quelle direttamente contermini ad essa, si presentano variamente inclinate.

Dal punto di vista della stabilità globale, i rilievi eseguiti e gli elementi morfici visibili, consentono di affermare che le aree presentano un grado di stabilità molto variabile, ed in particolare da stabile a parzialmente stabile ad instabile, con ampie zone critiche che hanno dato luogo e possono dar luogo a dissesti localizzati che possono interferire con le strutture ed infrastrutture pubbliche e private esistenti.

MODELLO GEOTECNICO

Le prove penetrometriche DPSH che hanno consentito di valutare le caratteristiche fisico-meccaniche dei terreni di sedime, hanno mostrato che la coltre superficiale risulta avere mediocri caratteristiche geotecniche, che migliorano con la profondità.

SISMICITÀ

Per quanto concerne la classificazione sismica del suolo in relazione al Decreto Ministeriale 17 gennaio 2018, tenuto conto dei valori di velocità delle onde trasversali ottenuti dalle prospezioni sismiche MASW e delle condizioni morfologiche locali, è possibile affermare:

1. Classificazione della categoria di sottosuolo secondo quanto previsto nella tabella 3.2.2 delle NTC/18: il sottosuolo è di " **Categoria B "**;
2. Classificazione delle condizioni topografiche secondo quanto previsto nelle tabelle 3.2.4 e 3.2.6 delle NTC/18: il sito de-quo può essere classificato come appartenente alla " **Categoria T2** ", con un Coefficiente di Amplificazione Topografica **St = 1.20 .**

Per quanto esposto nel presente lavoro, si esprime parere di fattibilità geologico-tecnico positivo delle operazioni descritte in progetto, nel rispetto delle considerazioni geologiche e geotecniche eseguite nei paragrafi precedenti e di quelle sismiche eseguite nella relazione di modellazione sismica del sito e riservandosi altresì una ispezione visiva del terreno in fase di esecuzione dei lavori di scavo per accertare la presenza di disomogeneità evidenti e valutare l'incidenza sull'opera prevista in progetto e proporre gli eventuali interventi tecnici ritenuti dallo scrivente più idonei.

Vairano Scalo, Settembre 2021

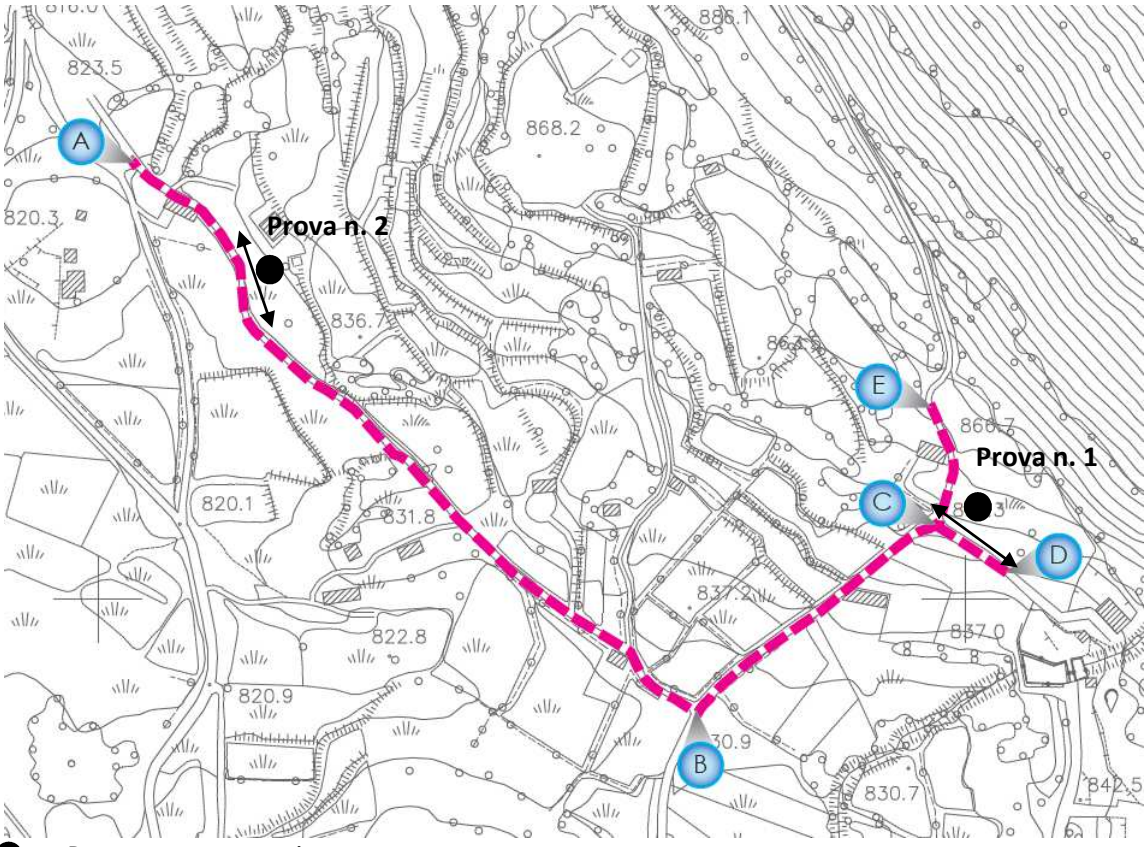
Il Tecnico

Dott. Geol. Vincenzo D'Angelo

Appendice 1 – Certificati penetrometria DPSH ed elaborazione

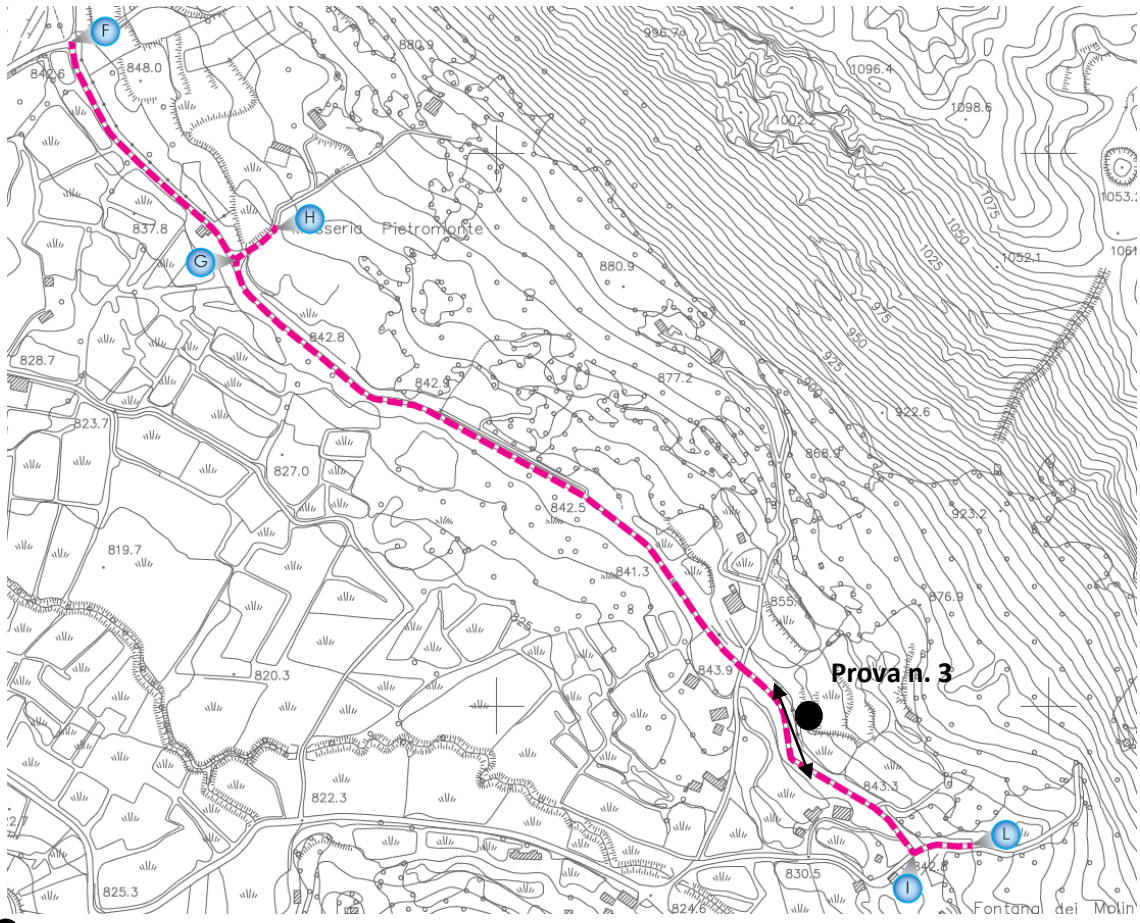
Appendice 2 – Cartografia geotematica

Localizzazione prove



Prova penetrometrica

Prova sismica



Prova penetrometrica

Prova sismica

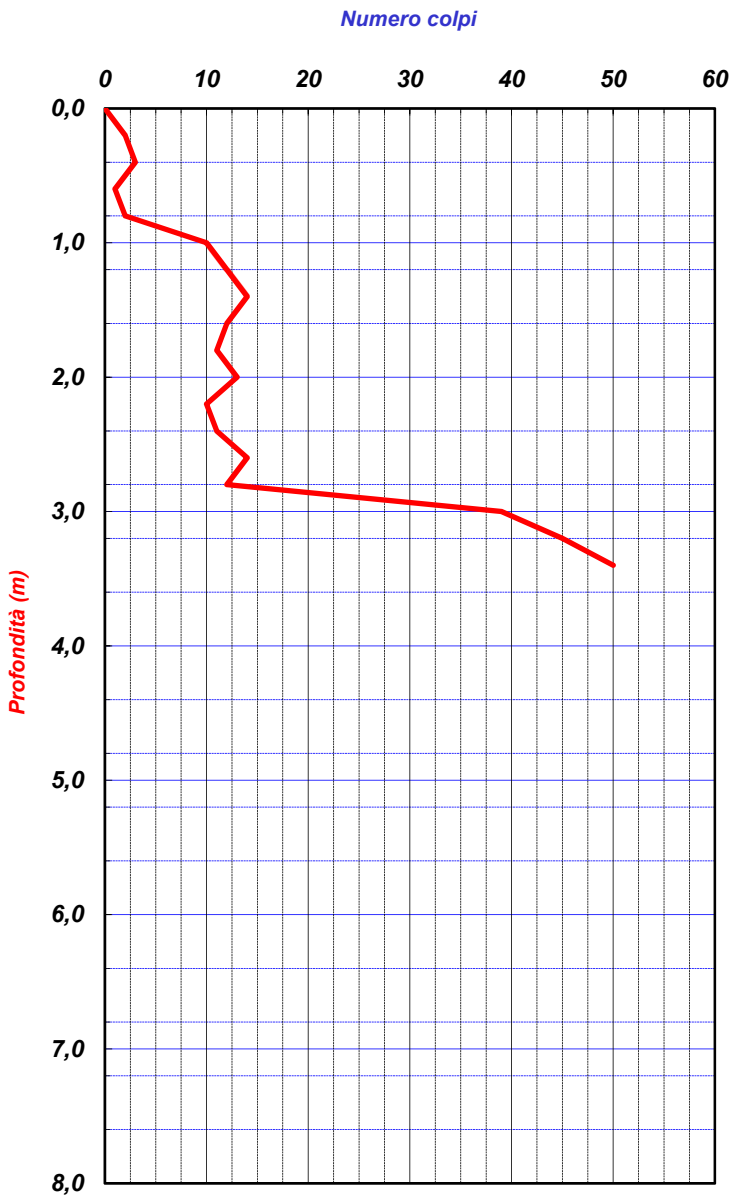
GEOTEKNE S.r.l.
Via S. D'Acquisto - I Trav. n°7
81031 Aversa | CE

Reg. Imprese CCIAA n° 207244
P.iva 02939870610

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA PESANTE DPSH

COMMITTENTE:	**Comune di Gallo Matese (Ce)**	**Sigla Prova**	**DPSH 1**
OGGETTO:	**Indagini geognostiche destinata allo studio geologico per la stabilizzazione e consolidamento dei dissesti idrogeologici**		
LOCALITA':	**Comune di Gallo Matese (Ce)**		
MODELLO SONDA: TG63-100	**PESO ASTE: 5,1 Kg** / **APERTURA DELLA PUNTA: 90°**		
COORDINATE GEOGRAFICHE	**Lat: 41° 28' 38,70" N** / **Long: 14° 13' 38,02" E**		
DATA ESECUZIONE PROVA:	**22/09/2021** / **campione indisturbato (m)**	**Pagina**	**1/1**

Prof.	num. Colpi	Prof.	num. Colpi	Prof.	num. Colpi	Prof.	num. Colpi
0,00	0						
0,20	2						
0,40	3						
0,60	1						
0,80	2						
1,00	10						
1,20	12						
1,40	14						
1,60	12						
1,80	11						
2,00	13						
2,20	10						
2,40	11						
2,60	14						
2,80	12						
3,00	39						
3,20	45						
3,40	50						



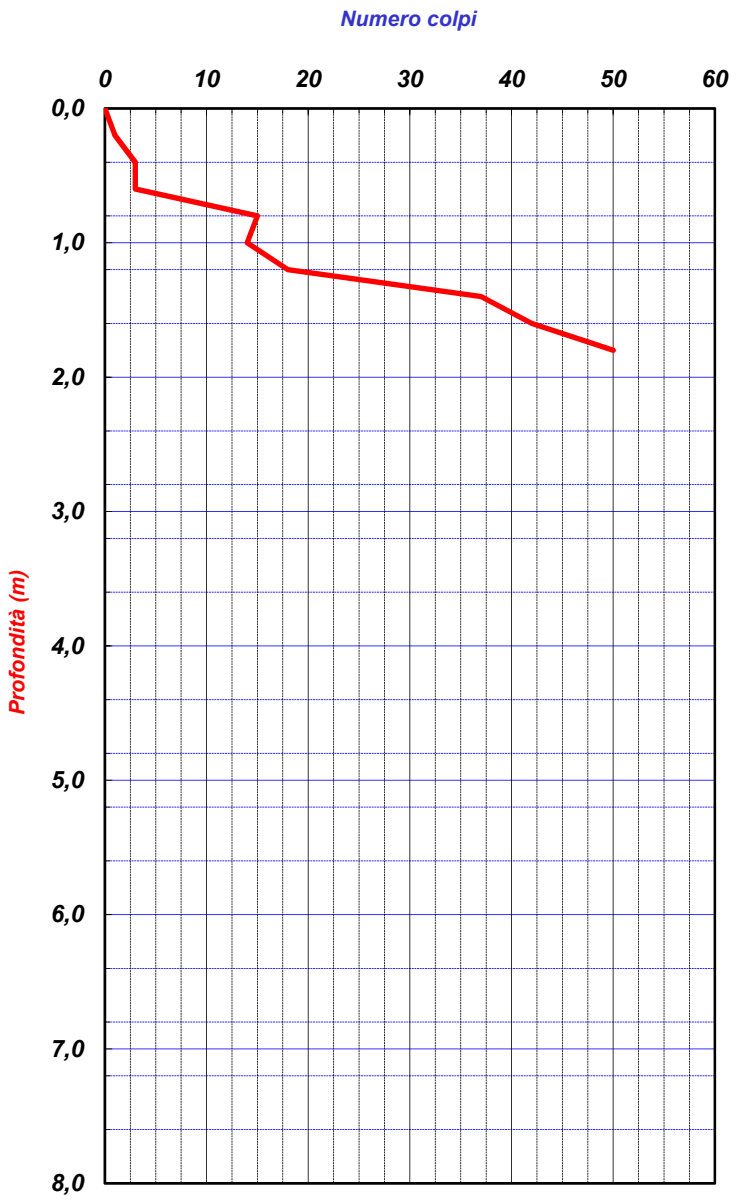
GEOTEKNE S.r.l.
Via S. D'Acquisto - I Trav. n°7
81031 Aversa | CE

Reg. Imprese CCIAA n° 207244
P.iva 02939870610

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA PESANTE DPSH

COMMITTENTE:	**Comune di Gallo Matese (Ce)**	**Sigla Prova**	**DPSH 2**
OGGETTO:	**Indagini geognostiche destinata allo studio geologico per la stabilizzazione e consolidamento dei dissesti idrogeologici**		
LOCALITA':	**Comune di Gallo Matese (Ce)**		
MODELLO SONDA: TG63-100	**PESO ASTE: 5,1 Kg** / **APERTURA DELLA PUNTA: 90°**		
COORDINATE GEOGRAFICHE	**Lat: 41° 28' 43,53" N** / **Long: 14° 13' 20,48" E**		
DATA ESECUZIONE PROVA:	**22/09/2021** / **campione indisturbato (m)**	**Pagina**	**1/1**

Prof.	num. Colpi	Prof.	num. Colpi	Prof.	num. Colpi	Prof.	num. Colpi
0,00	0						
0,20	1						
0,40	3						
0,60	3						
0,80	15						
1,00	14						
1,20	18						
1,40	37						
1,60	42						
1,80	50						



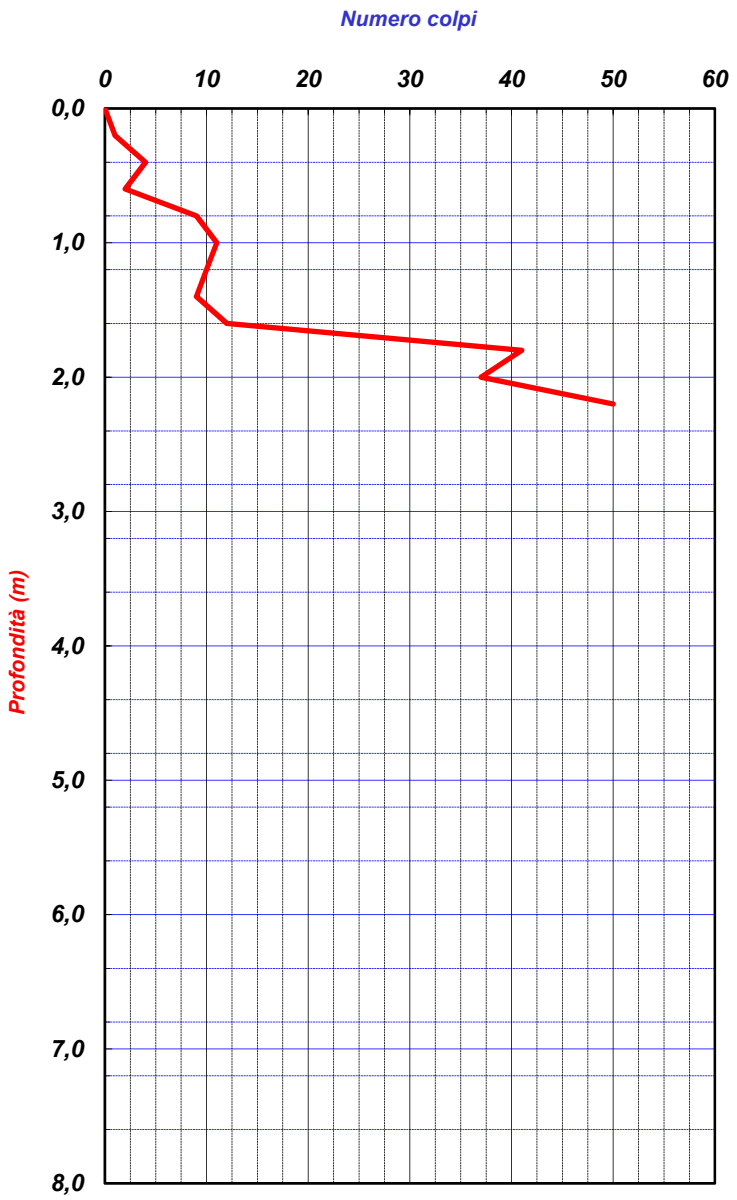
GEOTEKNE S.r.l.
Via S. D'Acquisto - I Trav. n°7
81031 Aversa | CE

Reg. Imprese CCIAA n° 207244
P.iva 02939870610

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA PESANTE DPSH

COMMITTENTE:	**Comune di Gallo Matese (Ce)**	**Sigla Prova**	**DPSH 3**
OGGETTO:	**Indagini geognostiche destinata allo studio geologico per la stabilizzazione e consolidamento dei dissesti idrogeologici**		
LOCALITA':	**Comune di Gallo Matese (Ce)**		
MODELLO SONDA: TG63-100	**PESO ASTE: 5,1 Kg** / **APERTURA DELLA PUNTA: 90°**		
COORDINATE GEOGRAFICHE	**Lat: 41° 28' 43,53" N** / **Long: 14° 13' 20,48" E**		
DATA ESECUZIONE PROVA:	**22/09/2021** / **campione indisturbato (m)**	**Pagina**	**1/1**

Prof.	num. Colpi	Prof.	num. Colpi	Prof.	num. Colpi	Prof.	num. Colpi
0,00	0						
0,20	1						
0,40	4						
0,60	2						
0,80	9						
1,00	11						
1,20	10						
1,40	9						
1,60	12						
1,80	41						
2,00	37						
2,20	50						



ELABORAZIONE PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE DPSH

Committente: COMUNE DI GALLO MATESE (CE) Cantiere: Località: Monte Capo le Mandre	

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

Rif. Norme	DIN 4094	
Peso Massa battente	63.5	Kg
Altezza di caduta libera	0.75	m
Peso sistema di battuta	8	Kg
Diametro punta conica	50.46	mm
Area di base punta	20	cm²
Lunghezza delle aste	1	m
Peso aste a metro	6.3	Kg/m
Profondità giunzione prima asta	0.80	m
Avanzamento punta	0.20	m
Numero colpi per punta	N(20)	
Coeff. Correlazione	1.504	
Rivestimento/fanghi	No	
Angolo di apertura punta	90	°

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

Note illustrative - Diverse tipologie di penetrometri dinamici

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

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

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

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

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

Elementi caratteristici del penetrometro dinamico sono i seguenti:

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

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

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

Classificazione ISSMFE dei penetrometri dinamici:

Tipo	**Sigla di riferimento**	**peso della massa M** *(kg)*	**prof. max indagine battente** *(m)*
Leggero	DPL (Light)	M £ 10	8
Medio	DPM (Medium)	10 < M < 40	20-25
Pesante	DPH (Heavy)	40 £ M < 60	25
Super pesante (Super Heavy)	DPSH	M ³ 60	25

penetrometri in uso in Italia

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

- DINAMICO LEGGERO ITALIANO (DL-30) (MEDIO secondo la classifica ISSMFE)
massa battente M = 30 kg, altezza di caduta H = 0.20 m, avanzamento d = 10 cm, punta conica (a=60-90°), diametro D 35.7 mm, area base cono A=10 cm^2 rivestimento / fango bentonitico;

- DINAMICO LEGGERO ITALIANO (DL-20) (MEDIO secondo la classifica ISSMFE)
massa battente M = 20 kg, altezza di caduta H=0.20 m, avanzamento d = 10 cm, punta conica (a= 60-90°), diametro D 35.7 mm, area base cono A=10 cm^2 rivestimento / fango bentonitico;

- DINAMICO PESANTE ITALIANO (SUPERPESANTE secondo la classifica ISSMFE)
massa battente M = 73 kg, altezza di caduta H=0.75 m, avanzamento d=30 cm, punta conica (a = 60°), diametro D = 50.8 mm, area base cono A=20.27 cm^2 rivestimento: previsto secondo precise indicazioni;

- DINAMICO SUPERPESANTE (Tipo EMILIA)
massa battente M=63.5 kg, altezza caduta H=0.75 m, avanzamento d=20-30 cm, punta conica conica (a = 60°-90°) diametro D = 50.5 mm, area base cono A = 20 cm^2, rivestimento / fango bentonitico.

Correlazione con Nspt

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

$$NSPT = \beta_t \cdot N$$

Dove:

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

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

L'energia specifica per colpo viene calcolata come segue:

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

in cui

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

Valutazione resistenza dinamica alla punta Rpd

Formula Olandesi

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

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

Calcolo di $(N_1)_{60}$

$(N_1)_{60}$ è il numero di colpi normalizzato definito come segue:

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

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

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

Metodologia di Elaborazione.

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

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

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

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

In particolare consente di ottenere informazioni su:

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

Valutazioni statistiche e correlazioni

Elaborazione Statistica

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

Media

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

Media minima

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

Massimo

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

Minimo

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

Scarto quadratico medio

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

Media deviata

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

***Media* (+ s)**

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

***Media* (– s)**

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

Distribuzione normale R.C.

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

$$Nspt_{,k} = Nspt_{,medio} - 1.645 \cdot \left(\sigma_{Nspt}\right)$$

dove s_{Nspt} è la deviazione standard di Nspt

Distribuzione normale R.N.C.

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

$$Nspt_{,k} = Nspt_{,medio} - 1.645 \cdot \left(\sigma_{Nspt}\right) / \sqrt{n}$$

dove n è il numero di letture.

Pressione ammissibile

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

Correlazioni geotecniche terreni incoerenti

Liquefazione

Permette di calcolare utilizzando dati Nspt 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 Nspt dello strato considerato risulta inferiore a Nspt critico calcolato con *SHI-MING*.

Correzione Nspt in presenza di falda

$$Nspt\ corretto = 15 + 0.5 \cdot \left(Nspt - 15\right)$$

Nspt <u>è il valore medio nello strato</u>

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

Angolo di Attrito

- Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof (1956) - Correlazione valida per terreni non molli a prof. < 5 m; correlazione valida per sabbie e ghiaie rappresenta valori medi. - Correlazione storica molto usata, valevole per prof. < 5 m per terreni sopra falda e < 8 m per terreni in falda (tensioni < 8-10 t/mq)
- Meyerhof (1956) - Correlazioni valide per terreni argillosi ed 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 m. sopra falda e < 7 m per terreni in falda) s >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 m sopra falda e > 15 m per terreni in falda) s >15 t/mq.
- Shioi-Fukuni (1982) - JAPANESE NATIONALE RAILWAY, Angolo di attrito valido per sabbie medie e grossolane fino a ghiaiose.
- Angolo di attrito in gradi (Owasaki & Iwasaki) valido per sabbie - sabbie medie e grossolane-ghiaiose (cond. ottimali per prof. > 8 m sopra falda e > 15 m per terreni in falda) s>15 t/mq.
- Meyerhof (1965) - Correlazione valida per terreni per sabbie con % di limo < 5% a profondità < 5 m e con (%) di limo > 5% a profondità < 3 m.
- Mitchell e Katti (1965) - Correlazione valida per sabbie e ghiaie.

Densità relativa (%)

- Gibbs & Holtz (1957) correlazione valida per qualunque pressione efficace, per ghiaie Dr viene sovrastimato, per limi sottostimato.
- Skempton (1986) elaborazione valida per limi e sabbie e sabbie da fini a grossolane NC a qualunque pressione efficace, per ghiaie il valore di Dr % viene sovrastimato, per limi sottostimato.
- Meyerhof (1957).
- Schultze & Menzenbach (1961) per sabbie fini e ghiaiose NC , metodo valido per qualunque valore di pressione efficace in depositi NC, per ghiaie il valore di Dr % viene sovrastimato, per limi sottostimato.

Modulo Di Young *(E_Y)*

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

- Bowles (1982), correlazione valida per sabbia argillosa, sabbia limosa, limo sabbioso, sabbia media, sabbia e ghiaia.

Modulo Edometrico

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

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

Stato di consistenza

- Classificazione A.G.I. 1977

Peso di Volume

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

Peso di volume saturo

- Terzaghi-Peck (1948-1967)

Modulo di poisson

- Classificazione A.G.I.

Potenziale di liquefazione *(Stress Ratio)*

- Seed-Idriss (1978-1981) . Tale correlazione è valida solamente per sabbie, ghiaie e limi sabbiosi, rappresenta il rapporto tra lo sforzo dinamico medio t 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 *Vs (m/s)*

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

Modulo di deformazione di taglio *(G)*

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

Modulo di reazione *(Ko)*

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

Resistenza alla punta del Penetrometro Statico *(Qc)*

- Robertson (1983) - Qc

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 Nspt < 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 , (Cu-Nspt-grado di plasticità).
- Schmertmann (1975), Cu (Kg/cmq) (valori medi), valida per **argille** e **limi argillosi** con Nc = 20 e Qc/Nspt = 2.
- Schmertmann (1975), Cu (Kg/cmq) (valori minimi), valida per argille NC .
- Fletcher (1965), (Argilla di Chicago) . Coesione non drenata Cu (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** P**enetrometro** S**tatico** (Qc)*

- Robertson (1983) - Qc

***Modulo Edometrico-Confinato** (Mo)*

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

***Modulo Di Young** (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

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

Peso di volume saturo

- Meyerhof ed altri.

PROVA Nr.1

Strumento utilizzato... DPSH (Dinamic Probing Super Heavy)
Prova eseguita in data 22/09/2021
Profondità prova 3.40 mt
Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm²)	Res. dinamica (Kg/cm²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm²)
0.20	2	0.855	16.61	19.44	0.83	0.97
0.40	3	0.851	24.80	29.15	1.24	1.46
0.60	1	0.847	8.23	9.72	0.41	0.49
0.80	2	0.843	16.39	19.44	0.82	0.97
1.00	10	0.840	75.49	89.90	3.77	4.49
1.20	12	0.836	90.21	107.88	4.51	5.39
1.40	14	0.783	98.53	125.86	4.93	6.29
1.60	12	0.830	89.49	107.88	4.47	5.39
1.80	11	0.826	81.71	98.89	4.09	4.94
2.00	13	0.773	84.06	108.72	4.20	5.44
2.20	10	0.820	68.59	83.63	3.43	4.18
2.40	11	0.817	75.17	92.00	3.76	4.60
2.60	14	0.764	89.48	117.09	4.47	5.85
2.80	12	0.811	81.43	100.36	4.07	5.02
3.00	39	0.609	185.60	304.92	9.28	15.25
3.20	45	0.606	213.21	351.83	10.66	17.59
3.40	50	0.603	235.88	390.92	11.79	19.55

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm²)	Tipo	Clay Fraction (%)	Peso unità di volume (t/m³)	Peso unità di volume saturo (t/m³)	Tensione efficace (Kg/cm²)	Coeff. di correlaz. con Nspt	Nspt	Descrizione
0.8	2	19.44	Incoerente	0	1.45	1.87	0.06	1.5	3.01	
2.8	11.9	103.22	Incoerente	0	1.95	1.97	0.31	1.5	17.9	
3.4	44.67	349.23	Incoerente	0	2.36	2.19	0.58	1.5	67.18	

TERRENI INCOERENTI

Densità relativa

	Nspt	Prof. Strato (m)	Gibbs & Holtz 1957	Meyerhof 1957	Schultze & Menzenbach (1961)	Skempton 1986
[1] -	3.01	0.80	16.63	41.85	61.11	15.33
[2] -	17.9	2.80	47.62	88.36	92.29	47.98
[3] -	67.18	3.40	77.63	100	100	99.47

Angolo di resistenza al taglio

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof 1956	Meyerhof (1956)	Sowers (1961)	Malcev (1964)	Meyerhof (1965)	Schmertmann (1977) Sabbie	Mitchell & Katti (1981)	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	Japanese National Railway	De Mello	Owasaki & Iwasaki
[1] -	3.01	0.80	3.01	27.86	20.86	28.84	32.97	30.82	0	<30	21.72	27.9	28.4	22.76
[2] -	17.9	2.80	17.9	32.11	25.11	33.01	32.21	36.42	40.37	30-32	31.39	32.37	43	33.92
[3] -	67.18	3.40	67.18	46.19	39.19	46.81	33.01	42.32	42	>38	46.74	47.15	53.54	51.66

Modulo di Young (Kg/cm²)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Terzaghi	Schmertmann (1978) (Sabbie)	Schultze-Menzenbach (Sabbia ghiaiosa)	D'Appolloni a ed altri 1970 (Sabbia)	Bowles (1982) Sabbia Media
[1] -	3.01	0.80	3.01	---	24.08	---	---	---
[2] -	17.9	2.80	17.9	301.99	143.20	211.92	314.25	164.50
[3] -	67.18	3.40	67.18	585.05	537.44	793.42	683.85	410.90

Modulo Edometrico (Kg/cm²)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Buisman-Sanglerat (sabbie)	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	Farrent 1963	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)
[1] -	3.01	0.80	3.01	---	33.65	21.37	51.42
[2] -	17.9	2.80	17.9	107.40	64.23	127.09	117.83
[3] -	67.18	3.40	67.18	403.08	165.45	476.98	337.62

Classificazione AGI

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
[1] -	3.01	0.80	3.01	Classificazione A.G.I	SCIOLTO
[2] -	17.9	2.80	17.9	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO
[3] -	67.18	3.40	67.18	Classificazione A.G.I	MOLTO ADDENSATO

Peso unità di volume

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità di Volume (t/m³)
[1] -	3.01	0.80	3.01	Meyerhof ed altri	1.45
[2] -	17.9	2.80	17.9	Meyerhof ed altri	1.95
[3] -	67.18	3.40	67.18	Meyerhof ed altri	2.36

Peso unità di volume saturo

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità Volume Saturo (t/m³)
[1] -	3.01	0.80	3.01	Terzaghi-Peck 1948-1967	1.87
[2] -	17.9	2.80	17.9	Terzaghi-Peck 1948-1967	1.97
[3] -	67.18	3.40	67.18	Terzaghi-Peck 1948-1967	2.19

Modulo di Poisson

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
[1] -	3.01	0.80	3.01	(A.G.I.)	0.35
[2] -	17.9	2.80	17.9	(A.G.I.)	0.32
[3] -	67.18	3.40	67.18	(A.G.I.)	0.22

Modulo di deformazione a taglio dinamico (Kg/cm²)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Ohsaki (Sabbie pulite)	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)
[1] -	3.01	0.80	3.01	183.13	245.08
[2] -	17.9	2.80	17.9	978.58	728.46
[3] -	67.18	3.40	67.18	3392.49	1634.38

Velocità onde di taglio

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
[1] -	3.01	0.80	3.01	Ohta & Goto (1978) Limi	69.36
[2] -	17.9	2.80	17.9	Ohta & Goto (1978) Limi	126.22
[3] -	67.18	3.40	67.18	Ohta & Goto (1978) Limi	176.22

Liquefazione

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Fs Liquefazione
[1] -	3.01	0.80	3.01	Seed e Idriss (1971)	--
[2] -	17.9	2.80	17.9	Seed e Idriss (1971)	--
[3] -	67.18	3.40	67.18	Seed e Idriss	--

				(1971)	

Coefficiente spinta a Riposo K0=SigmaH/P0

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	K0
[1] -	3.01	0.80	3.01		---
[2] -	17.9	2.80	17.9		---
[3] -	67.18	3.40	67.18		---

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Qc (Kg/cm^2)
[1] -	3.01	0.80	3.01		---
[2] -	17.9	2.80	17.9		---
[3] -	67.18	3.40	67.18		---

PROVA Nr.2

Strumento utilizzato... DPSH (Dinamic Probing Super Heavy)
Prova eseguita in data 22/09/2021
Profondità prova 1.80 mt
Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm²)	Res. dinamica (Kg/cm²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm²)
0.20	1	0.855	8.31	9.72	0.42	0.49
0.40	3	0.851	24.80	29.15	1.24	1.46
0.60	3	0.847	24.69	29.15	1.23	1.46
0.80	15	0.793	115.64	145.77	5.78	7.29
1.00	14	0.790	99.40	125.86	4.97	6.29
1.20	18	0.786	127.23	161.82	6.36	8.09
1.40	37	0.683	227.14	332.62	11.36	16.63
1.60	42	0.630	237.70	377.57	11.89	18.88
1.80	50	0.626	281.53	449.49	14.08	22.47

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm²)	Tipo	Clay Fraction (%)	Peso unità di volume (t/m³)	Peso unità di volume saturo (t/m³)	Tensione efficace (Kg/cm²)	Coeff. di correlaz. con Nspt	Nspt	Descrizione
0.6	2.33	22.67	Incoerente	0	1.47	1.88	0.04	1.5	3.5	
1.2	15.67	144.48	Incoerente	0	2.06	2.0	0.15	1.5	23.57	
1.8	43	386.56	Incoerente	0	2.33	2.18	0.28	1.5	64.67	

TERRENI INCOERENTI

Densità relativa

	Nspt	Prof. Strato (m)	Gibbs & Holtz 1957	Meyerhof 1957	Schultze & Menzenbach (1961)	Skempton 1986
[1] -	3.5	0.60	19.52	45.54	70.57	16.72
[2] -	23.57	1.20	58.38	100	100	56.17
[3] -	64.67	1.80	83.97	100	100	95.87

Angolo di resistenza al taglio

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof 1956	Meyerhof (1956)	Sowers (1961)	Malcev (1964)	Meyerhof (1965)	Schmertmann (1977) Sabbie	Mitchell & Katti (1981)	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	Japanese National Railway	De Mello	Owasaki & Iwasaki
[1] -	3.5	0.60	3.5	28	21	28.98	33.81	31.03	0	<30	22.25	28.05	29.77	23.37
[2] -	23.57	1.20	23.57	33.73	26.73	34.6	34.24	38.09	42	30-32	33.8	34.07	46.02	36.71
[3] -	64.67	1.80	64.67	45.48	38.48	46.11	34.5	42.49	42	>38	46.15	46.4	54.33	50.96

Modulo di Young (Kg/cm²)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Terzaghi	Schmertmann (1978) (Sabbie)	Schultze-Menzenbach (Sabbia ghiaiosa)	D'Appolloni a ed altri 1970 (Sabbia)	Bowles (1982) Sabbia Media
[1] -	3.5	0.60	3.5	---	28.00	---	---	---
[2] -	23.57	1.20	23.57	346.54	188.56	278.83	356.77	192.85
[3] -	64.67	1.80	64.67	574.01	517.36	763.81	665.02	398.35

Modulo Edometrico (Kg/cm²)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Buisman-Sanglerat (sabbie)	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	Farrent 1963	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)
[1] -	3.5	0.60	3.5	---	34.65	24.85	53.61
[2] -	23.57	1.20	23.57	141.42	75.88	167.35	143.12
[3] -	64.67	1.80	64.67	388.02	160.30	459.16	326.43

Classificazione AGI

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
[1] -	3.5	0.60	3.5	Classificazione A.G.I	SCIOLTO
[2] -	23.57	1.20	23.57	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO
[3] -	64.67	1.80	64.67	Classificazione A.G.I	MOLTO ADDENSATO

Peso unità di volume

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità di Volume (t/m³)
[1] -	3.5	0.60	3.5	Meyerhof ed altri	1.47
[2] -	23.57	1.20	23.57	Meyerhof ed altri	2.06
[3] -	64.67	1.80	64.67	Meyerhof ed altri	2.33

Peso unità di volume saturo

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità Volume Saturo (t/m³)
[1] -	3.5	0.60	3.5	Terzaghi-Peck 1948-1967	1.88
[2] -	23.57	1.20	23.57	Terzaghi-Peck 1948-1967	2.00
[3] -	64.67	1.80	64.67	Terzaghi-Peck 1948-1967	2.18

Modulo di Poisson

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
[1] -	3.5	0.60	3.5	(A.G.I.)	0.35
[2] -	23.57	1.20	23.57	(A.G.I.)	0.31
[3] -	64.67	1.80	64.67	(A.G.I.)	0.22

Modulo di deformazione a taglio dinamico (Kg/cm²)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Ohsaki (Sabbie pulite)	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)
[1] -	3.5	0.60	3.5	211.03	268.74
[2] -	23.57	1.20	23.57	1267.45	861.83
[3] -	64.67	1.80	64.67	3273.21	1596.80

Velocità onde di taglio

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
[1] -	3.5	0.60	3.5	Ohta & Goto (1978) Limi	67.35
[2] -	23.57	1.20	23.57	Ohta & Goto (1978) Limi	115.8
[3] -	64.67	1.80	64.67	Ohta & Goto (1978) Limi	152.18

Liquefazione

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Fs Liquefazione
[1] -	3.5	0.60	3.5	Seed e Idriss (1971)	--
[2] -	23.57	1.20	23.57	Seed e Idriss (1971)	--
[3] -	64.67	1.80	64.67	Seed e Idriss	--

				(1971)	

Coefficiente spinta a Riposo K0=SigmaH/P0

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	K0
[1] -	3.5	0.60	3.5		---
[2] -	23.57	1.20	23.57		---
[3] -	64.67	1.80	64.67		---

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Qc (Kg/cm^2)
[1] -	3.5	0.60	3.5		---
[2] -	23.57	1.20	23.57		---
[3] -	64.67	1.80	64.67		---

PROVA Nr.3

Strumento utilizzato... DPSH (Dinamic Probing Super Heavy)
Prova eseguita in data 22/09/2021
Profondità prova 2.20 mt
Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm²)	Res. dinamica (Kg/cm²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm²)
0.20	1	0.855	8.31	9.72	0.42	0.49
0.40	4	0.851	33.07	38.87	1.65	1.94
0.60	2	0.847	16.46	19.44	0.82	0.97
0.80	9	0.843	73.76	87.46	3.69	4.37
1.00	11	0.840	83.04	98.89	4.15	4.94
1.20	10	0.836	75.18	89.90	3.76	4.49
1.40	9	0.833	67.39	80.91	3.37	4.05
1.60	12	0.830	89.49	107.88	4.47	5.39
1.80	41	0.626	230.85	368.58	11.54	18.43
2.00	37	0.673	208.31	309.44	10.42	15.47
2.20	50	0.620	259.32	418.17	12.97	20.91

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm²)	Tipo	Clay Fraction (%)	Peso unità di volume (t/m³)	Peso unità di volume saturo (t/m³)	Tensione efficace (Kg/cm²)	Coeff. di correlaz. con Nspt	Nspt	Descrizione
0.6	2.33	22.67	Incoerente	0	1.47	1.88	0.04	1.5	3.5	
1.6	10.2	93.01	Incoerente	0	1.89	1.95	0.18	1.5	15.34	
2.2	42.67	365.4	Incoerente	0	2.32	2.18	0.35	1.5	64.18	

TERRENI INCOERENTI

Densità relativa

	Nspt	Prof. Strato (m)	Gibbs & Holtz 1957	Meyerhof 1957	Schultze & Menzenbach (1961)	Skempton 1986
[1] -	3.5	0.60	19.52	45.54	70.57	16.72
[2] -	15.34	1.60	46.82	87.54	98.55	43.63
[3] -	64.18	2.20	81.9	100	100	95.21

Angolo di resistenza al taglio

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof 1956	Meyerhof (1956)	Sowers (1961)	Malcev (1964)	Meyerhof (1965)	Schmertmann (1977) Sabbie	Mitchell & Katti (1981)	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	Japanese National Railway	De Mello	Owasaki & Iwasaki
[1] -	3.5	0.60	3.5	28	21	28.98	33.81	31.03	0	<30	22.25	28.05	29.77	23.37
[2] -	15.34	1.60	15.34	31.38	24.38	32.3	33.11	35.59	40.26	30-32	30.17	31.6	42.14	32.52
[3] -	64.18	2.20	64.18	45.34	38.34	45.97	34.04	42.52	42	>38	46.03	46.25	54.01	50.83

Modulo di Young (Kg/cm²)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Terzaghi	Schmertmann (1978) (Sabbie)	Schultze-Menzenbach (Sabbia ghiaiosa)	D'Appolloni a ed altri 1970 (Sabbia)	Bowles (1982) Sabbia Media
[1] -	3.5	0.60	3.5	---	28.00	---	---	---
[2] -	15.34	1.60	15.34	279.57	122.72	181.71	295.05	151.70
[3] -	64.18	2.20	64.18	571.83	513.44	758.02	661.35	395.90

Modulo Edometrico (Kg/cm²)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Buisman-Sanglerat (sabbie)	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	Farrent 1963	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)
[1] -	3.5	0.60	3.5	---	34.65	24.85	53.61
[2] -	15.34	1.60	15.34	92.04	58.97	108.91	106.42
[3] -	64.18	2.20	64.18	385.08	159.29	455.68	324.24

Classificazione AGI

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
[1] -	3.5	0.60	3.5	Classificazione A.G.I	SCIOLTO
[2] -	15.34	1.60	15.34	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO
[3] -	64.18	2.20	64.18	Classificazione A.G.I	MOLTO ADDENSATO

Peso unità di volume

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità di Volume (t/m³)
[1] -	3.5	0.60	3.5	Meyerhof ed altri	1.47
[2] -	15.34	1.60	15.34	Meyerhof ed altri	1.89
[3] -	64.18	2.20	64.18	Meyerhof ed altri	2.32

Peso unità di volume saturo

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità Volume Saturo (t/m³)
[1] -	3.5	0.60	3.5	Terzaghi-Peck 1948-1967	1.88
[2] -	15.34	1.60	15.34	Terzaghi-Peck 1948-1967	1.95
[3] -	64.18	2.20	64.18	Terzaghi-Peck 1948-1967	2.18

Modulo di Poisson

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
[1] -	3.5	0.60	3.5	(A.G.I.)	0.35
[2] -	15.34	1.60	15.34	(A.G.I.)	0.32
[3] -	64.18	2.20	64.18	(A.G.I.)	0.22

Modulo di deformazione a taglio dinamico (Kg/cm²)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Ohsaki (Sabbie pulite)	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)
[1] -	3.5	0.60	3.5	211.03	268.74
[2] -	15.34	1.60	15.34	846.43	662.90
[3] -	64.18	2.20	64.18	3249.89	1589.39

Velocità onde di taglio

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
[1] -	3.5	0.60	3.5	Ohta & Goto (1978) Limi	67.35
[2] -	15.34	1.60	15.34	Ohta & Goto (1978) Limi	111.75
[3] -	64.18	2.20	64.18	Ohta & Goto (1978) Limi	159.07

Liquefazione

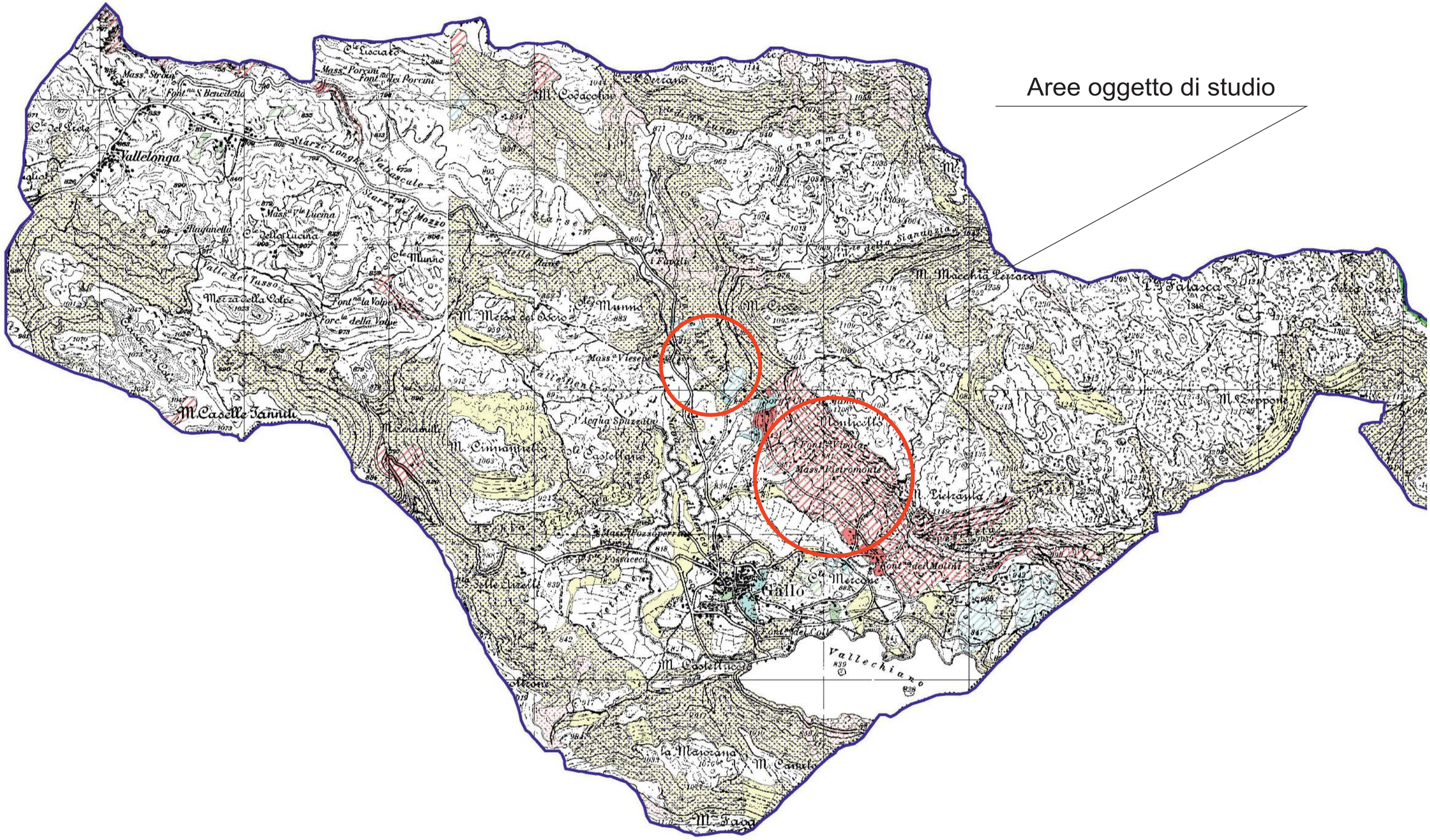
	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Fs Liquefazione
[1] -	3.5	0.60	3.5	Seed e Idriss (1971)	--
[2] -	15.34	1.60	15.34	Seed e Idriss (1971)	--
[3] -	64.18	2.20	64.18	Seed e Idriss	--

				(1971)	

Coefficiente spinta a Riposo K0=SigmaH/P0

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	K0
[1] -	3.5	0.60	3.5		---
[2] -	15.34	1.60	15.34		---
[3] -	64.18	2.20	64.18		---

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Qc (Kg/cm^2)
[1] -	3.5	0.60	3.5		---
[2] -	15.34	1.60	15.34		---
[3] -	64.18	2.20	64.18		---

Piano Assetto Idrogeologico - Rischio frana - dell'Autorità Distrettuale dell'Appennino meridionale