# AMMINISTRAZIONE PROVINCIALE DELL'AQUILA

SETTORE VIABILITA'

Via Saragat Loc. Campo di Pile, 67100 L'Aquila

DIRIGENTE DEL SETTORE Ing. Nicolino D'Amico

COESIONE ITALIA 21-27 ABRUZZO — ACCORDO PER LA COESIONE 2021-2027 — FSC Fondo per lo Sviluppo e la Coesione

***Fondo di Sviluppo e Coesione 2021-2027*** *Delibera CIPESS n. 15 del 23/04/2024 - Accordo per la Coesione Governo - Regione Abruzzo.* **INTERVENTI DI MESSA IN SICUREZZA E DI ADEGUAMENTO FUNZIONALE DELLE STRADE PROVINCIALI.**

**CUP : F37H24000030001**


I Progettisti :

BRANDI SOCIETÀ D'INGEGNERIA
*(mandataria)*
Ing. Roberto Brandi

INGEGNERIA GEOLOGIA AMBIENTE — TECNOSOIL ENGINEERING s.r.l.
*(mandante)*
Geol. Eustachio Pietromartire

**GEOCART PROFESSIONAL SERVICE S.R.L.**
*(mandante)*
Geom. Nicola Mantini

**LIMES SOCIETA' COOPERATIVA**
*(mandante)*
Archeol. Hermann Borghesi

**STUDIO TECNICO ING. TARABORRELLI B.**
*(mandante)*
Ing. Taraborrelli Bellafronte Angelo

**STUDIO TECNICO AGRONOMICO DOTT. NICOLA TAVANO** *(mandante)*
Dott. Nicola Tavano

**"ORANGES & DI CARMINE ASSOCIATI"**
*(mandante)*
Arch. Maurizio Oranges

**SGAI S.R.L. di E. Forlani & C.**
*(ausiliaria)*
Ing. Andrea Forlani

Il Responsabile del Progetto:
Ing. Ghizzoni Angela


Approvazioni:

## PROGETTO ESECUTIVO (D.Lgs. 36/2023 - All. I-7 )

## *C - ELABORATI SPECIALISTICI*

### SUB-INTERVENTO 3.2 - SP80 VADO DI SOLE

| *Tavola/Allegato* | *C31* | **Relazione geologica** | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| *Codice commessa* | *T2502* | *Data di emissione* *Novembre 2025* | *Rev* *00* | *Scala* | *Formato* *doc* |
| *Codice elaborato* | *ES31* | *Redatto* *Pietromartire E.* | *Controllato* *Pietromartire L.* | *Approvato* *Brandi R.* | |

| | | |
|---|---|---|
| | | |
| *Novembre 2025* | *Brandi R.* | *Emissione Progetto Esecutivo* |
| *Data* | *Operatore* | *Descrizione* |

# ***I N D I C E***

I N D I C E ..... 1
1. INTRODUZIONE ..... 2
2. METODOLOGIA D'INDAGINE ..... 5
3. INQUARAMENTO GEOGRAFICO ..... 6
4. CARATTERI GEOLOGICI DELLA SP80 ..... 8
5. CARATTERI GEOMORFOLOGICI DELL' AREA IN STUDIO ..... 11
6. CARATTERI IDROLOGICI ED IDROGEOLOLOGICI ..... 15
7. SERIE DEI TERRENI E LORO CARATTERISTICHE TECNICHE ..... 17
8. SISMICITA' DELL'AREA E CLASSIFICAZIONE DEI TERRENI DI FONDAZIONE ..... 19
9. CONCLUSIONI ..... 23

**ALLEGATI**

- CARTA TOPOGRAFICA
- CARTA COROGRAFICA
- CARTA GEOLOGICA
- SEZIONE GEOLOGICA
- CARTA GEOMORFOLOGICA PAI
- CARTA DELLA PERICOLOSITÀ PAI
- CARTA DEL RISCHIO PAI
- CARTA DELLE PENDENZE
- CARTA MISURE DI SALVAGUARDIA BACINO PESCARA D.S. 45/2025
- CARTA DI LOCALIZZAZIONE DEI PERICOLI DA VALANGA SP80
- RAPPORTO D'INDAGINE
- RILIEVO GEOMECCANICO
- SEZIONE LITOSTRAGRAFICA RAPPRESENTATIVA

## 1. INTRODUZIONE

Nella presente relazione si espongono i risultati di uno studio geologico, geomorfologico, geologico-tecnico, idrogeologico e sismico, commissionato dalla Provincia dell'Aquila, a supporto del progetto di: **"INTERVENTI DI MESSA IN SICUREZZA E DI ADEGUAMENTO FUNZIONALE DELLE STRADE PROVINCIALI – INTERVENTO FUNZIONALE 3:** SUB-INTERVENTO 3.2 - **SP80** Vado di Sole".

In particolate il tracciato del sub intervento 3.3-SP80 si sviluppa nel Comune di Castel del Monte in provincia dell'Aquila come da immagine di seguito riportata

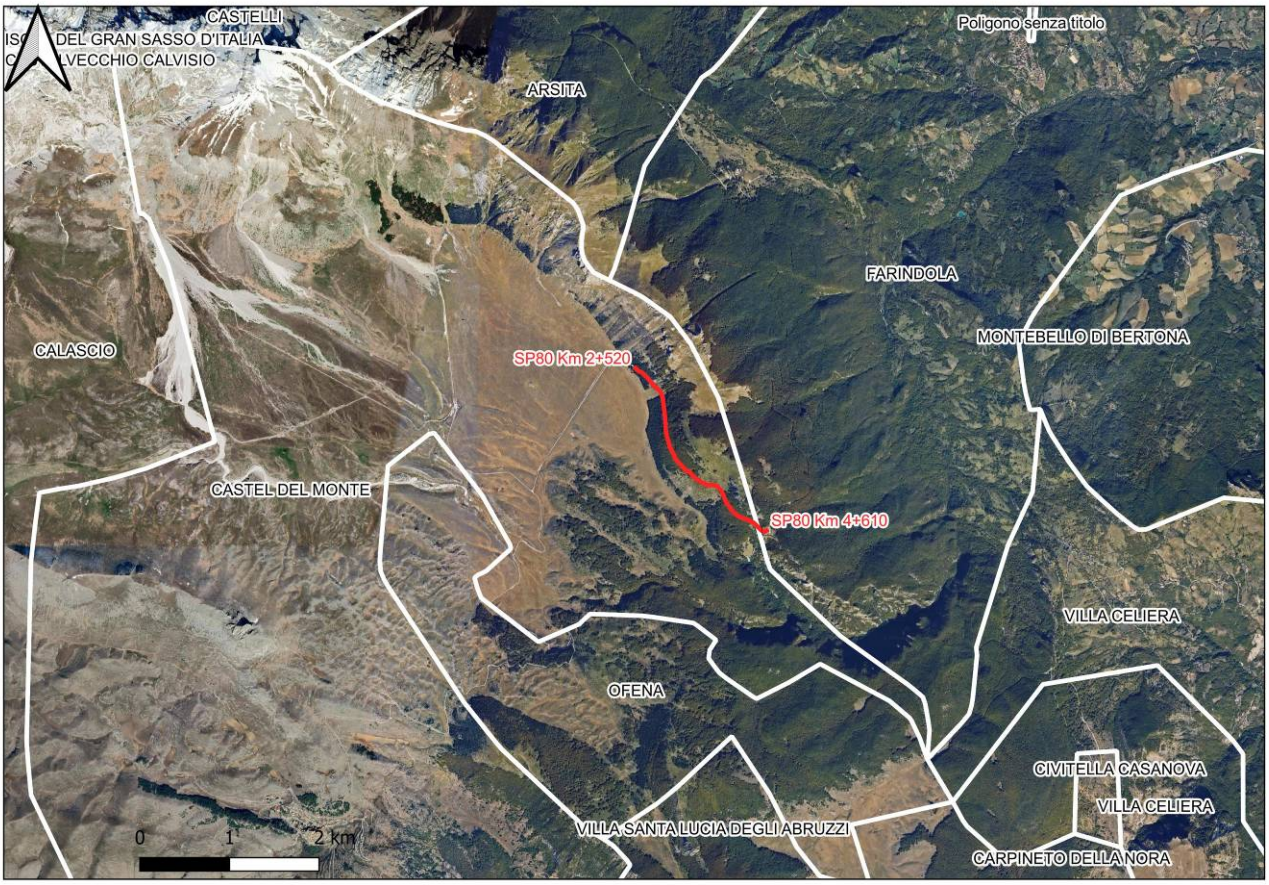



**Figura 1:Ubicazione del sub-intervento 3.3 – SP80 Vado di Sole**

In generale la SP80 è caratterizzata da un sistema dei dispositivi di sicurezza passivi fortemente carenti e, in molti casi, non conforme agli standard minimi previsti dalla

normativa vigente in materia di sicurezza stradale. Tali dispositivi, fondamentali per mitigare le conseguenze di eventuali incidenti e proteggere gli utenti della strada, sono spesso assenti, danneggiati o tecnicamente obsoleti.

Inoltre è la SP80 è morfologicamente caratterizzata da pendii ripidi ed esposti con scarpate spesso incise particolarmente sensibili all'azione minacciosa degli agenti esogeni e tellurici. In particolare, visto il contesto montuoso caratterizzato da elevate escursioni termiche, l'area è soggetta ad effetti criologici che si riflettono sull'ammasso roccioso provocando allentamenti dei giunti di strato e delle fratturazioni la cui evoluzione può causare crolli di blocchi rocciosi anche di grandi volumi.

Pertanto, a fronte delle problematiche riscontrate, al fine di definire puntualmente l'assetto stratigrafico e definire le caratteristiche fisico meccaniche dei depositi presenti è stata eseguita una campagna di indagini sito specifica che ha previsto l'esecuzione delle attività di seguito brevemente elencate:

- n.3 prove penetrometriche dinamiche super pesanti (DPSH), spinte rispettivamente alla profondità di 4,60 m e 2,40 m dal p.c.
- Esecuzione di uno stop di rilievo geomeccanico in corrispondenza di uno dei tratti maggiormente critici in relazione a crolli di materiale sul piano stradale. Tale studio è stato finalizzato alla caratterizzazione delle condizioni geologiche e strutturali degli ammassi rocciosi ed alla valutazione del comportamento meccanico.

Le indagini così pianificate consentiranno la definizione del modello geologico-tecnico finalizzato alla pianificazione degli interventi di messa in sicurezza delle aree interessate dalla problematiche sopra brevemente descritte.

La normativa nazionale e regionale di riferimento è la seguente:

- D.M. 11/03/88 "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione";

- G.U. n. 29 del 04 febbraio 2008;

- Circolare 2 febbraio 2009, n. 617 del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti approvata dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici "Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni" (Gazzetta Ufficiale del 26.02.2009 n. 47, supplemento ordinario n. 27).

- D.M. 17 gennaio 2018 Aggiornamento Norme Tecniche per le Costruzioni.

- L.R. 26 Ottobre 1992 N°93 “Norme per lo snellimento di procedure per gli interventi di costruzione riparazione, sopraelevazione e ampliamento nelle zone dichiarate sismiche ai sensi della legge 2 febbraio 1974, n.64.”

- Legge Regionale 11 Agosto 2011, n. 28 – Norme per la riduzione del rischio sismico e modalità di vigilanza e controllo su opere e costruzioni in zone sismiche.

- D.M. 16 gennaio 1996 “Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche”;

- O.P.C.M. 20 marzo 2003 “Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica”.

- O.P.C.M. 28 aprile 2006 n° 3519 “criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone” (G.U. n.108 del 11/05/2006).

- O.P.C.M. 13 novembre 2010, n.3907 pubblicata nella G.U. 1° dicembre 2010, n.281, S.O.

- Decreto 14/01/2008 del Ministero delle Infrastrutture “Norme tecniche per le costruzioni” (GU n.29 del 04/02/2008).

- Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geognostiche e geotecniche (A.G.I., 1977).

- L.R. 16.09.1998 n.81 e L.R. 24.08.2001 n.43 – Servizio Difesa del Suolo – Autorità dei Bacini Regionali – “piano di stralcio di bacino per l’assetto idrogeologico dei bacini di rilievo regionale abruzzesi e del bacino interregionale del fiume Sangro - Fenomeni gravitativi e processi erosivi e Difesa alluvioni

- Delibera Regione Abruzzo del 05.11.2007 n. 1049, in particolar modo a quanto contenuto nell’Allegato F “Specifiche tecniche in materia di scarpate” richiamato nell’art. 20 delle misure di salvaguardia parte integrante della deliberazione del Comitato Istituzionale dell’Autorità dei Bacini di rilievo regionale n. 8 del 31.07.2007 pubblicato nel BURA n. 66 23.11.2007.

- UNI EN 1997 – 1: Eurocodice 7 – Progettazione geotecnica – Parte 1: Regole generali.

- UNI EN 1998 – 5: Eurocodice 8 – Progettazione delle strutture per la resistenza sismica – Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici.

## 2. METODOLOGIA D'INDAGINE

Per acquisire le conoscenze anticipate in premessa, ricostruire l'assetto geologico, geomorfologico, idrologico, idrogeologico, litostratigrafico e sismico si è predisposta una metodologia di lavoro per step successivi, propedeutici e consequenziali. Lo studio è stato quindi condotto attraverso le seguenti fasi:

- Sopralluoghi preliminari;
- Reperimento di materiale bibliografico (*cartografia topografica in scala 1:25.000 e 1:5.000, geologica da varie fonti e dal Servizio Geologico d'Italia, geomorfologica e pubblicazioni scientifiche*);
- Ricerca, presso i nostri archivi, di indagini geologiche, studi e rilievi geologici – geomorfologici svolti in precedenza nella stessa zona e in aree limitrofe;
- Rilevamento geologico, geomorfologico e geomeccanico;
- Consultazione dei dati ottenuti dalla campagna di indagine geognostica e geofisica eseguita ex-novo;
- Realizzazione di cartografia georeferenziata;
- Elaborazione e interpretazione dei dati bibliografici, di rilevamento e della campagna di indagine;
- Redazione dello studio.

## 3. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

La SP80, come anticipato in premessa, attraversa il comune di Castel del Monte, e nella cartografia in scala 1:25.000 è presente ai Fogli n. 350 OVEST-360 OVEST. All'interno della Cartografia tecnica regionale in scala 1:5.000, l'area è individuata negli elementi n. 350143-360024, come da stralci cartografici di seguito riportati.

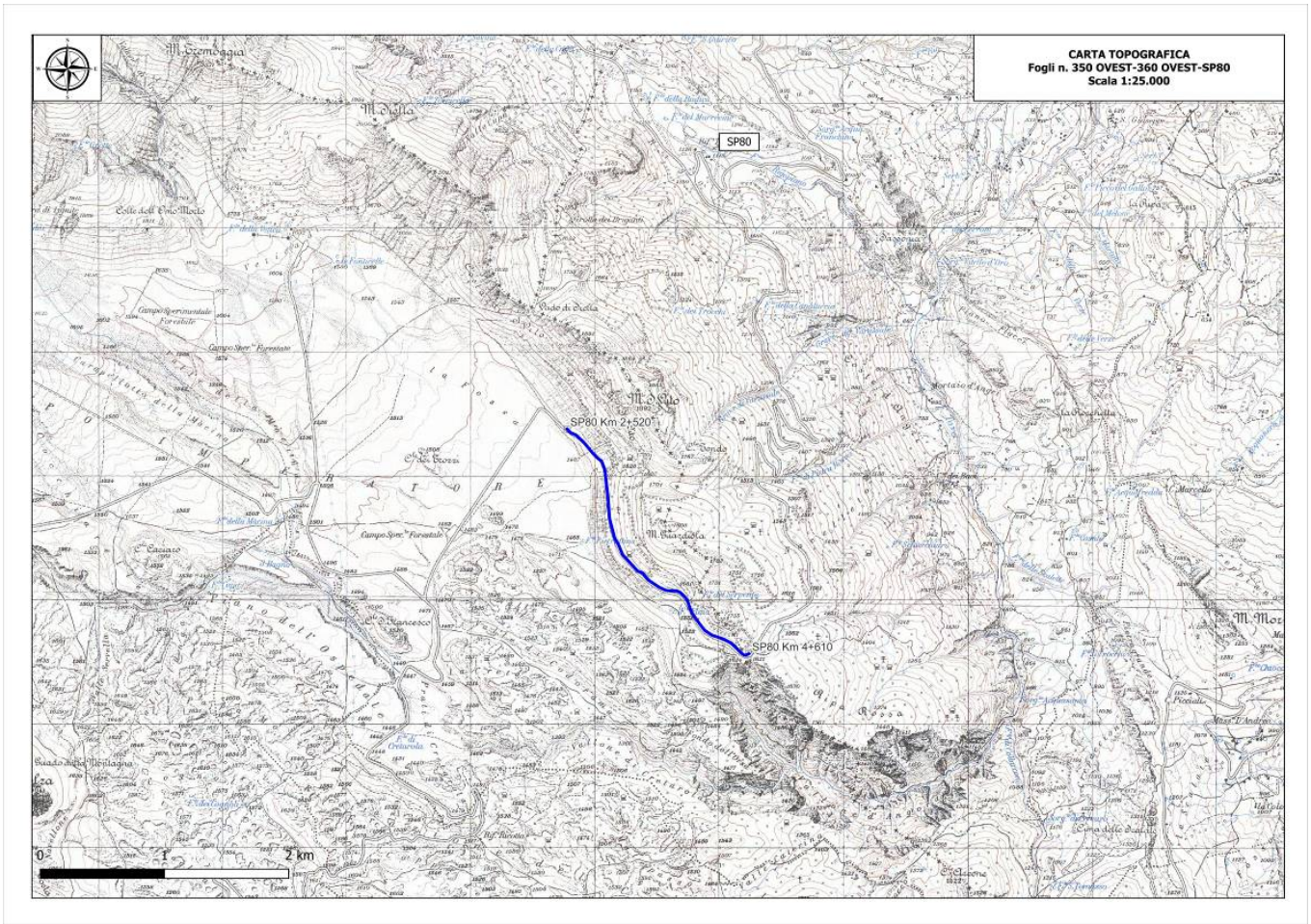



**Figura 2: Stralcio Carta topografica in scala 1:25.000. In blu l'area di studio**

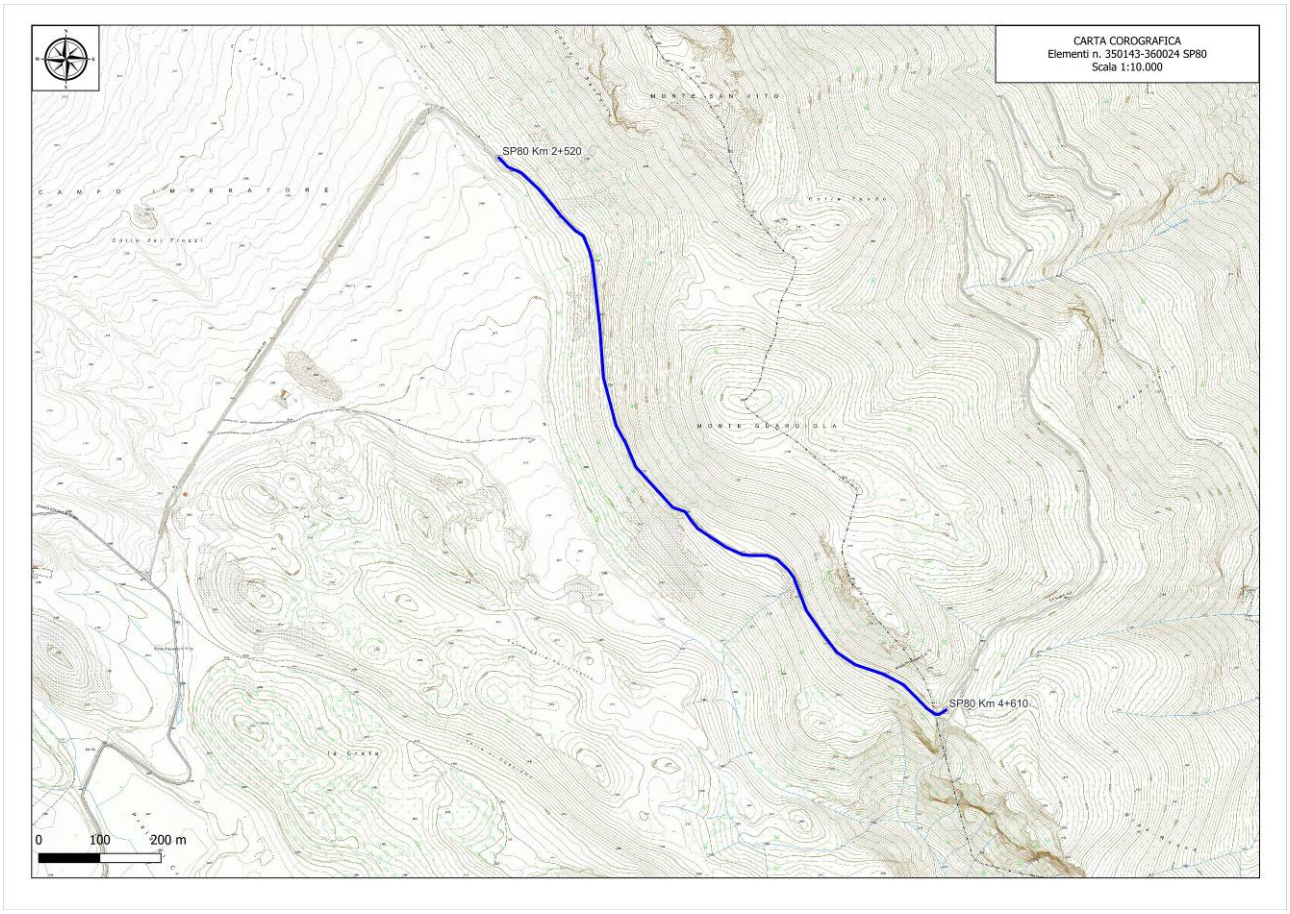



**Figura 3: Stralcio Carta Corografica in scala 1:10.000. In blu l'area di studio**

## 4. CARATTERI GEOLOGICI DELLA SP80

I tratti in studio della SP80 ricadono prevalentemente nel territorio comunale di Castel del Monte a quote topografiche di circa 1600 m s.l.m.

Dal punto di vista geologico-deposizionale, l'area costituisce un esempio di transizione piattaforma - bacino nel Trias superiore dell'Appennino Centrale, in cui si sono susseguite le successive vicissitudini orogenetiche che hanno definito l'attuale assetto topografico. La dorsale Corno Grande - Monte Prena - Monte Camicia - Monte Tremoggia mostra una transizione, disturbata dalla tettonica, da ambienti di piattaforma carbonatica di acqua bassa (il Corno Grande) ad ambienti più francamente bacinali (Canale di Vradda - Monte Tremoggia); questa transizione è testimoniata da una fascia di depositi intermedi affioranti poco a nord della zona di interesse. Le facies di piattaforma del Trias superiore sono rappresentate dalla Dolomia Principale (Norico-Retico), che si presenta in due differenti facies: 1) una massiva in banchi fino a pluridecametrici, a grana saccaroide depostisi in ambiente di margine di piattaforma e 2) una ciclotemica più sottilmente stratificata, a grana fine, di origine peritidale. Le facies di bacino e parzialmente quelle di transizione sono invece rappresentate dalle Dolomie Bitumose (Scisti Bitumosi Auctt. p.p.) che affiorano estesamente alle pendici dei monti Prena e Camicia.

Dal punto di vista stratigrafico, le unità originatesi da sedimentazione pelagica profonda sono rappresentate da biomicriti (con selce nella porzione mediosuperiore) in strati medi e sottili, e da wackestones e packstones con clasti e bioclasti (provenienti dal margine della piattaforma) talora grossolani, gradati o privi di strutture, in strati medi e spessi. Questi ultimi, nella porzione inferiore dell'unità, si presentano sovente in banchi lentiformi, indicativi di riempimento di canali, come si osserva a M. Capo le Serre, M. Meta e Costa San Vito (CASTELLARIN ed altri, 1978), e sono non di rado accompagnati da slumps. A luoghi la parte inferiore dell'unità si presenta dolomitizzata, in particolar modo quando al di sotto si ha il Calcare massiccio dolomitizzato. Dal basso verso l'alto sono riconoscibili la biozona a "Radiolari, Palaedasycladus, Antozoi e Idrozoi", la biozona a "Radiolari, Orbitopsella e Ophthalmidium martanum", e la parte inferiore della biozona a "Resti filamentosi", Palaeodasycladus, Antozoi e Idrozoi",

complessivamente riferibili al Sinemuriano superiore-Toarciano p.p. Ai sedimenti precedentemente descritti segue, uniformemente su tutta l'area, il Verde ammonitico costituitc da wackestones e packstones da finemente a grossolanamente clastici e bioclastici in strati medi e sottili, in alternanza con calcari marnosi e marne verdastre fogliettate. Lo spessore è di qualche decina di metri. Gli affioramenti piú significativi si osservano lungo la dorsale che da M. Capo le Serre, attraverso Vado di Sole e M. San Vito, si spinge fino a M. Camicia. Questa unità è riferibile alla parte superiore della biozona a "Resti filamentosi", Palaeodasycladus, Antozoi e Idrozoi" ed alla parte inferiore della biozona a "Resti filamentosi" e "Dictyoconus cayeuxi" che indicano un'età compresa tra il Toarciano p.p. e l'Aaleniano p.p.

La geologia dell'area è rappresentata nella cartografia ufficiale, in particolare nel foglio geologico 140 "Teramo" della Carta geologica d'Italia in scala 1:100.000, di seguito riportata.

In questa si evince che, stratigraficamente, nel sito di interesse affiorano le seguenti litologie:

- coperture eluviali dei depositi lacustri quaternari ($a_1$) - Olocene,
- depositi alluviali – glaciali (morenici rimaneggiati, mascherati da detriti o alluvioni e conoidi di versante) (mo-d) - Pleistocene,
- calcari, calciruditi e brecce calcaree bioclastiche generalmente in grossi blocchi ($cr_2$) – Cretaceo medio;
- calcari più o meno dolomitici in banchi di notevole spessore del Lias medio o inferiore ($l_2$) – Giurassico (Lias).

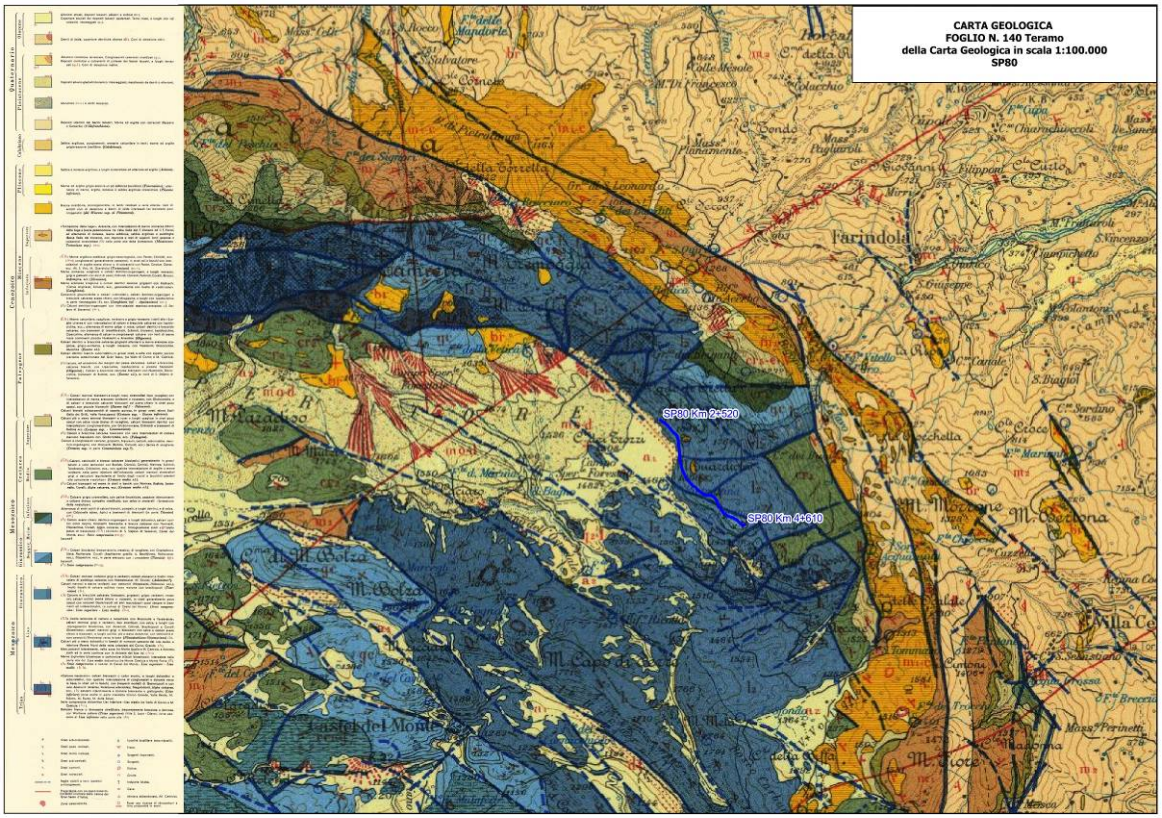



**Figura 4 – Stralcio Carta Geologica in scala 1:000000 Foglio 140 Teramo.**

## 5. CARATTERI GEOMORFOLOGICI DELL' AREA IN STUDIO

L'aspetto morfologico della zona risulta condizionato direttamente dall'assetto geologico-strutturale e dal grado di erodibilità dei litotipi.

La diversa natura dei litotipi affioranti si riflette sulle forme morfologiche a testimonianza di una risposta differenziata all'azione di modellamento degli agenti esogeni.

Le caratteristiche geomorfologiche dell'area in studio mettono in evidenza un controllo esercitato dall'acclività morfologica dei versanti, dalla natura litologica delle facies del substrato, dallo spessore delle coltri e dalla circolazione idrica.

L'evoluzione geomorfologica del territorio è stata condizionata dal sollevamento tettonico recente; in corrispondenza dei principali allineamenti tettonici si è instaurato il sistema drenante di superficie attuale che ha prodotto forti approfondimenti, per erosione lineare dei sistemi vallivi.

Le morfologie dell'area sono direttamente legate anche alla vicinanza con l'altopiano di Campo Imperatore. Tale pianoro, di origine tettonica, presenta una morfologia modellata da fenomeni alluvionali e soprattutto dai ghiacciai, dalla neve e dai fenomeni periglaciali. Sono, infatti, ancora visibili le morene di fondo, laterali e frontali di quello che, fino a quindicimila anni fa, costituiva uno dei ghiacciai più grandi dell'Appennino. La topografia presenta un andamento piuttosto variabile con cambiamenti di pendenze nel raggio di centinaia di metri, ciò si verifica non solo nei cambi litologici più evidenti tra distinte formazioni, ma anche entro la medesima unità qualora si presentino variazioni composizionali.

Si riporta di seguito lo stralcio della carta delle pendenze della SP80 che si sviluppa su versanti caratterizzati da pendenze variabili dai 45° ai 60°:

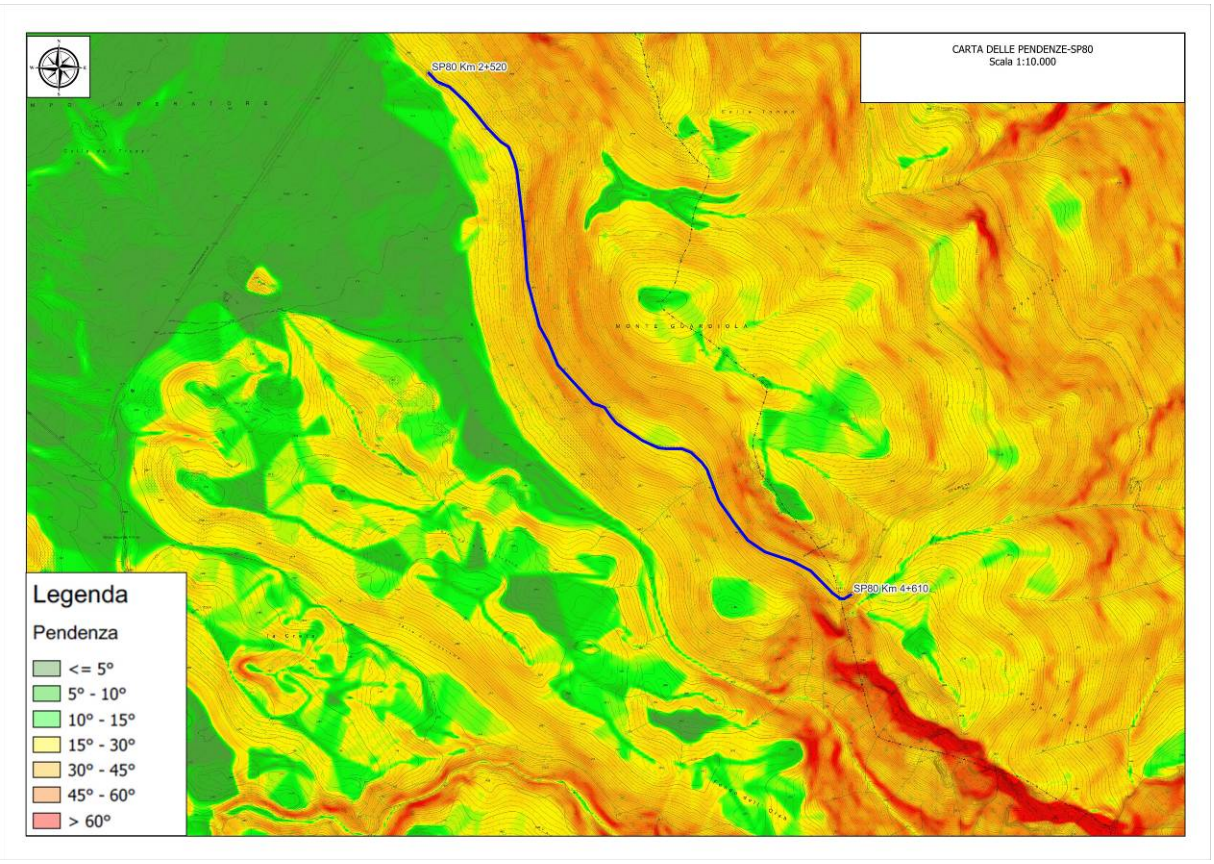



**Figura 5: Stralcio Carta delle pendenze SP80.**

La SP80 rientra nei fogli 350 e 360 Ovest della cartografia di Piano PAI della Regione Abruzzo dalle quali si evince che lungo il suo tracciato, è molto prossima a solchi di ruscellamento concentrato come visibile dagli stralci cartografici di seguito riportati:

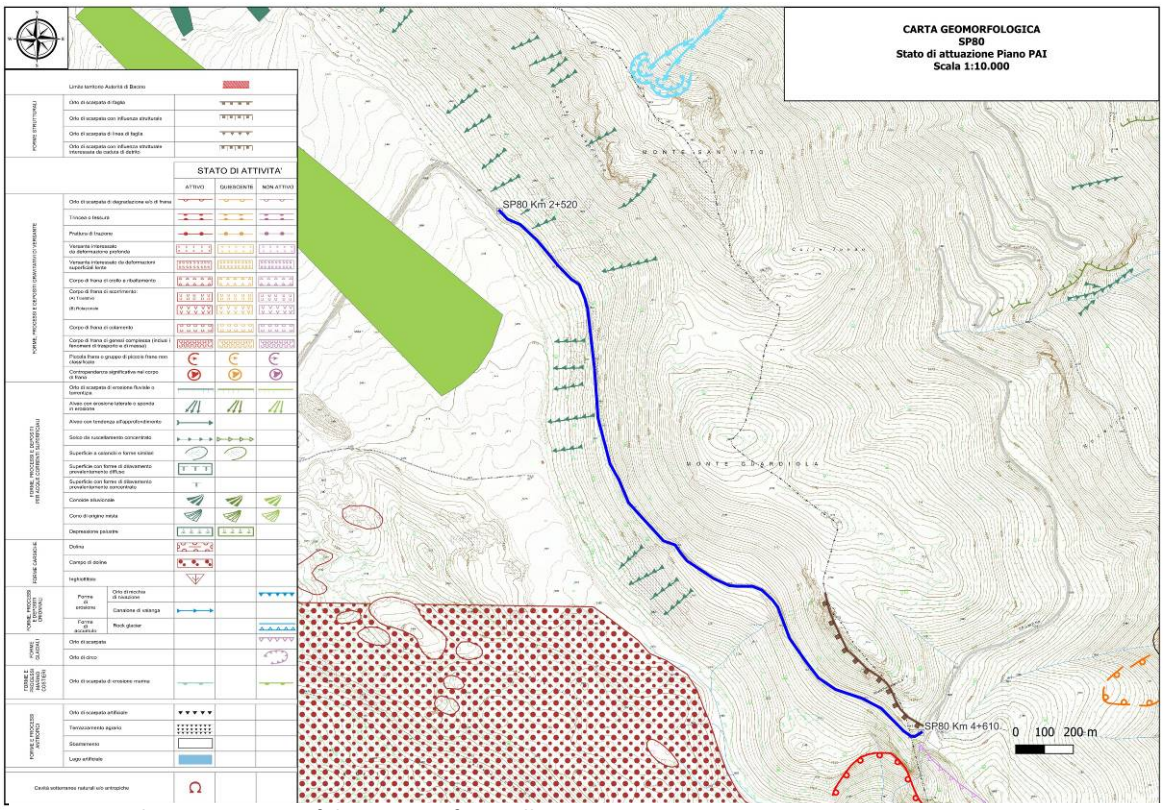



**Figura 6: Stralcio carta geomorfologica PAI riferita alla SP80.**

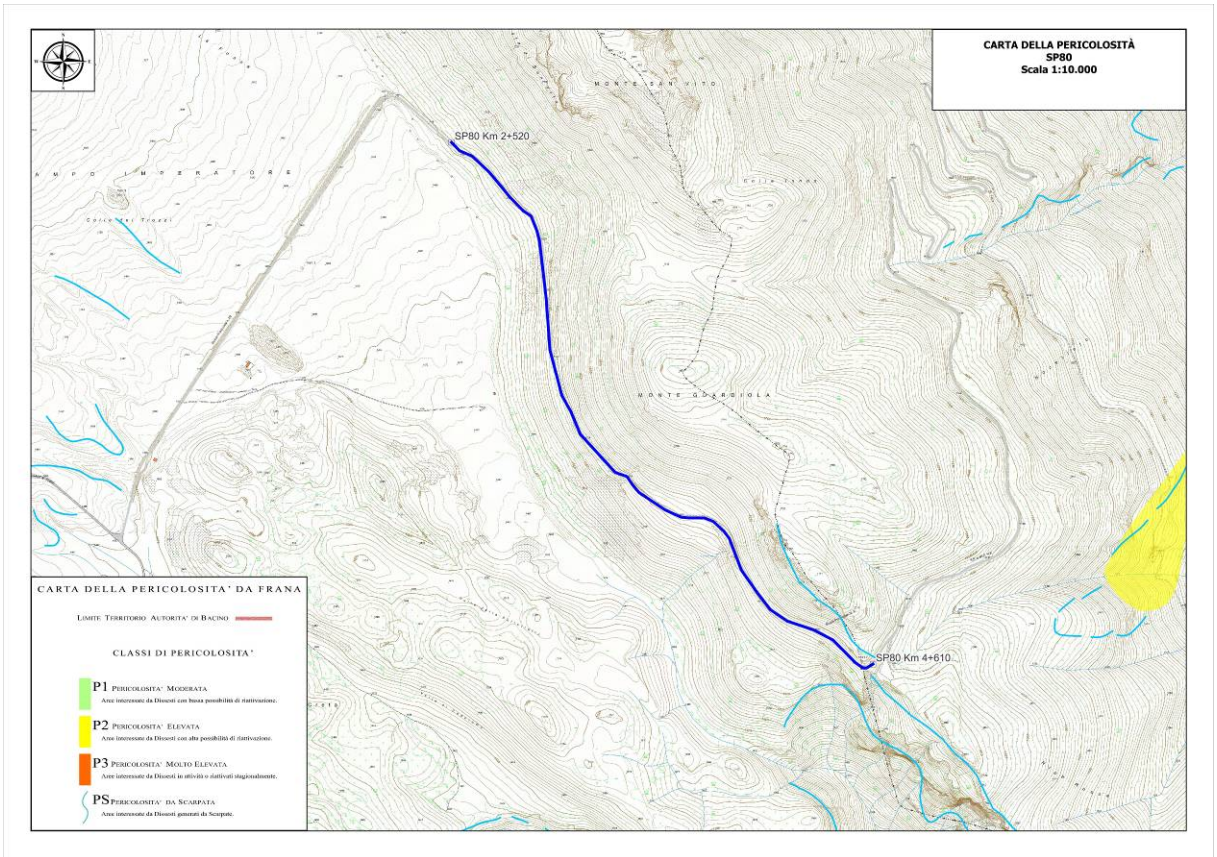



**Figura 7: Stralcio carta della pericolosità PAI riferita alla SP80.**

*Con D.G.R n. 559 del 13.09.2021, è stata approvata dalla Giunta Regionale la Carta di Localizzazione dei Pericoli da Valanga (C.L.P.V.) in scala 1:25.000, per i comuni con superficie a quota superiore a 1000 metri s.l.m. e con pendenza non inferiore a 25°. La Carta è stata elaborata in due successive fasi, corrispondenti alla fotointerpretazione condotta su fotografie aeree (cartografata con il colore arancio) ed alla successiva indagine diretta sul terreno alla ricerca di tracce oggettive lasciate dal passaggio delle valanghe (cartografata con il colore viola). Queste due fasi sono state avvalorate/integrate con indagini d'archivio e testimonianze dirette degli eventi occorsi.*

*N.B. La Carta contiene solo quanto conosciuto al momento della sua redazione e non fornisce indicazioni sulla frequenza e sull'intensità dei fenomeni: essa è un prodotto cartografico destinato unicamente alla perimetrazione delle aree potenzialmente pericolose e non è in alcun modo un documento destinato alla previsione del grado di rischio valanghivo.*

Dalla consultazione della Carta di Localizzazione dei pericoli da Valanga (C.L.P.V.) si evince che la SP80 interferisce con aree interessate da valanghe. Di seguito lo stralcio cartografico di interesse:

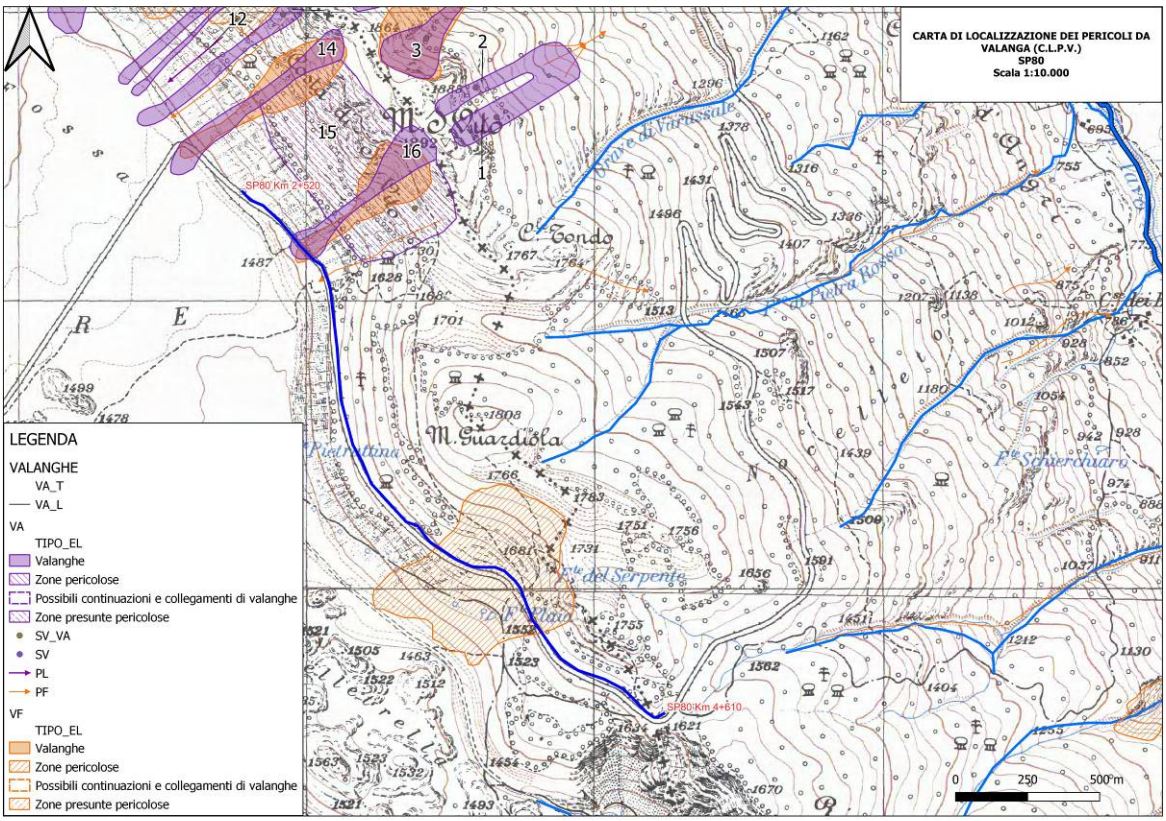



**Figura 8: Stralcio Carta di Localizzazione dei pericoli da Valanga per la SP80.**

## 6. CARATTERI IDROLOGICI ED IDROGEOLOLOGICI

L'idrografia dell'area in esame è fortemente condizionata dal regime pluviometrico e dalla litologia delle formazioni affioranti.

Tutti i tratti stradali in studio sono soggetti ad intense precipitazioni concentrate nel periodo autunno-inverno con temperature medie non elevate che riducono l'evapotraspirazione.

Le precipitazioni abbondanti, oltre ad aumentare il deflusso idrico superficiale innalzando il potere erosivo delle acque di scorrimento, contribuiscono ad aumentare la saturazione dei terreni che si conserva anche per periodi prolungati. Lungo le pendici dei rilievi proliferano fossi e rii spesso secchi per parte dell'anno e attivi solo in coincidenza dei periodi delle massime precipitazioni ed in fase di scioglimento delle coperture nevose. Essi hanno un pattern dendritico ed un regime a carattere torrentizio con variazioni di portata molto evidenti, sia stagionalmente sia in occasioni di forti precipitazioni.

Le massime portate si hanno in corrispondenza dei mesi autunnali molto piovosi ed in primavera in concomitanza dello scioglimento delle nevi.

Ulteriore aspetto che influenza la stabilità della zona, risulta essere la registrazione di eventi metereologici particolarmente intensi e prolungati che, in particolar modo nella fascia pedemontana, alzano di molto le medie delle precipitazioni.

Tali eventi, concentrati in alcuni periodi favoriscono l'attivazione dei fenomeni franosi. Dal punto di vista idrogeologico l'elemento dominante dell'area è rappresentato dalla presenza di formazioni calcaree fratturate e quasi sempre affioranti. La presenza di tali litologie influenza in maniera rilevante l'infiltrazione efficace nel bacino legato alla fratturazione delle formazioni calcaree che permette la circolazione sotterranea dell'acqua di precipitazione. Le formazioni calcaree risultano sempre caratterizzate da una permeabilità secondaria per fratturazione, fessurazione e lungo i piani di strato.

Le coperture detritiche veicolano le acque di infiltrazione superficiale e vanno ad alimentare un deflusso profondo con costanza nel tempo, grazie ad un valore di

conducibilità idraulica elevato. Dove si evidenziano in superficie, contatti tra termini litologici a differente grado di permeabilità, quali tra detrito e termini flyschoidi o in seno al detrito tra livelli prettamente granulari e termini coesivi, spesso prendono vita delle sorgenti, particolarmente diffuse nella porzione basale dell'area in esame. La distribuzione spaziale di queste risulta irregolare senza una disposizione coerente, a sottolineare ulteriormente l'estrema variabilità litologica dell'area.

## 7. SERIE DEI TERRENI E LORO CARATTERISTICHE TECNICHE

La situazione litostratigrafica locale, come accennato in premessa, è stata ricostruita attraverso i risultati emersi nel corso del rilievo geologico strutturale e dall'analisi di quanto emerso dalle prove penetrometriche dinamiche super-pesanti eseguite lungo la SP80.

In particolare nell'area in studio sono presenti, lungo il versante e visibili in affioramento in corrispondenza dei tagli stradali della SP 80 depositi calcarei appartenenti alle formazioni dei Calcari marnosi grigio e/o avana in strati e banchi.

Come anticipato in premessa, per la definizione puntuale dell'assetto litostratigrafico e delle sue caratteristiche fisico meccaniche è stato eseguito un rilievo geologico-geomorfologico in sito ed è stata eseguita una campagna di indagine sito specifica che ha previsto l'esecuzione in due prove penetrometriche dinamiche super pesanti ubicate in corrispondenza della sede stradale. Mentre per l'assegnazione della categoria di sottosuolo è stata eseguita un'indagine sismica di tipo MASW.

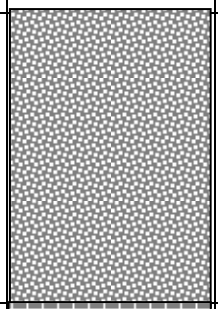
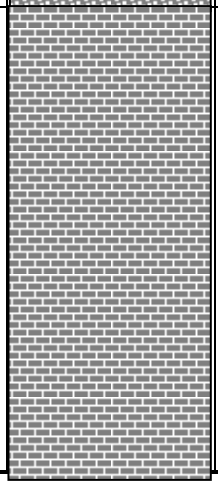
Data l'assenza di barriere di sicurezza passiva lungo la SP80, le prove penetrometriche dinamiche super pesanti sono state ubicate, nelle aree ritenute più rappresntative lungo la SP80, in corrispondenza della banchina della carreggiata stradale. Esse hanno consentito di definire le caratteristiche fisico meccaniche e gli spessori dei depositi detritici ed antropici presenti.

Di seguito si riporta una breve descrizione degli orizzonti stratigrafici intercettati nel corso delle prove, dall'alto verso il basso, presenti nell'area in studio:

- **DEPOSITO DETRITICO**
  Costituito da detrito di versante con clasti calcarei eterometrici in matrice limosa misto a riporto antropico. Lo spessore dell'unità è variabile tra 1,80 e 4,20 m.
- **DEPOSITO CALCAREO**
  Costituito da calcari marnosi avana e grigi molto fratturati. Presenti oltre i 4,20 m dal p.c.

Di seguito si riporta il modello geotecnico del tratto in studio della SP80 a cui il progettista può fare riferimento per le considerazioni di carattere tecnico.

**MODELLO GEOLOGICO TECNICO SP 80**

| PROFONDITÀ (M DAL P.C.) | PROFILO STRATIGRAFICO | DESCRIZIONE | PARAMETRI GEOTECNICI |
|---|---|---|---|
| ~1,80-4.2 |  | Detrito di versante con clasti calcarei eterometrici in matrice limosa misto a riporto antropico | $\gamma$= 18,14 KN/m$^3$<br>$\phi$= 27 °<br>c' = 2,0 KPa<br>Cu= 0,0 KPa<br>E'= 5.000 kPa |
| >4,20 m |  | Costituita da Calcari marnosi in strati e banchi | $\gamma$= 24,50 KN/m$^3$<br>$\varnothing$ = 33°<br>Cu= 0,0 KPa<br>c' = 200,0 KPa<br>E' = 80.000 kPa |

Dove:
$\gamma$ = peso di volume; $\phi$ = angolo di attrito; c' = coesione efficace; Cu = coesione non drenata; E'= modulo elastico.

## 8. SISMICITA' DELL'AREA E CLASSIFICAZIONE DEI TERRENI DI FONDAZIONE

In seguito al ripetersi di eventi sismici calamitosi che hanno investito anche zone ritenute e classificate con la 64/74 non sismiche, per una ridefinizione del rischio sismico, è stata emanata, in data 20 Marzo 2003, l'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 recante "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica" pubblicata sulla G.U. n. 105 del 8.5.2003. Alla stessa è allegata la nuova classificazione sismica del territorio nazionale, articolata in quattro zone, a sismicità alta, media e bassa. Con Deliberazione n. 425 del 15 luglio 2024, la Giunta Regionale ha preso atto e adottato la nuova classificazione sismica della Region e Abruzzo, elaborata dal Servizio Prevenzione dei rischi di protezione civile dell'Agenzia regionale di PC e approvata con Decreto del Presidente della Giunta regionale n. 4 dello scorso 5 luglio. In base alla riclassificazione sismica del territorio di **Castel del Monte** è individuato in **Zona sismica 1.**

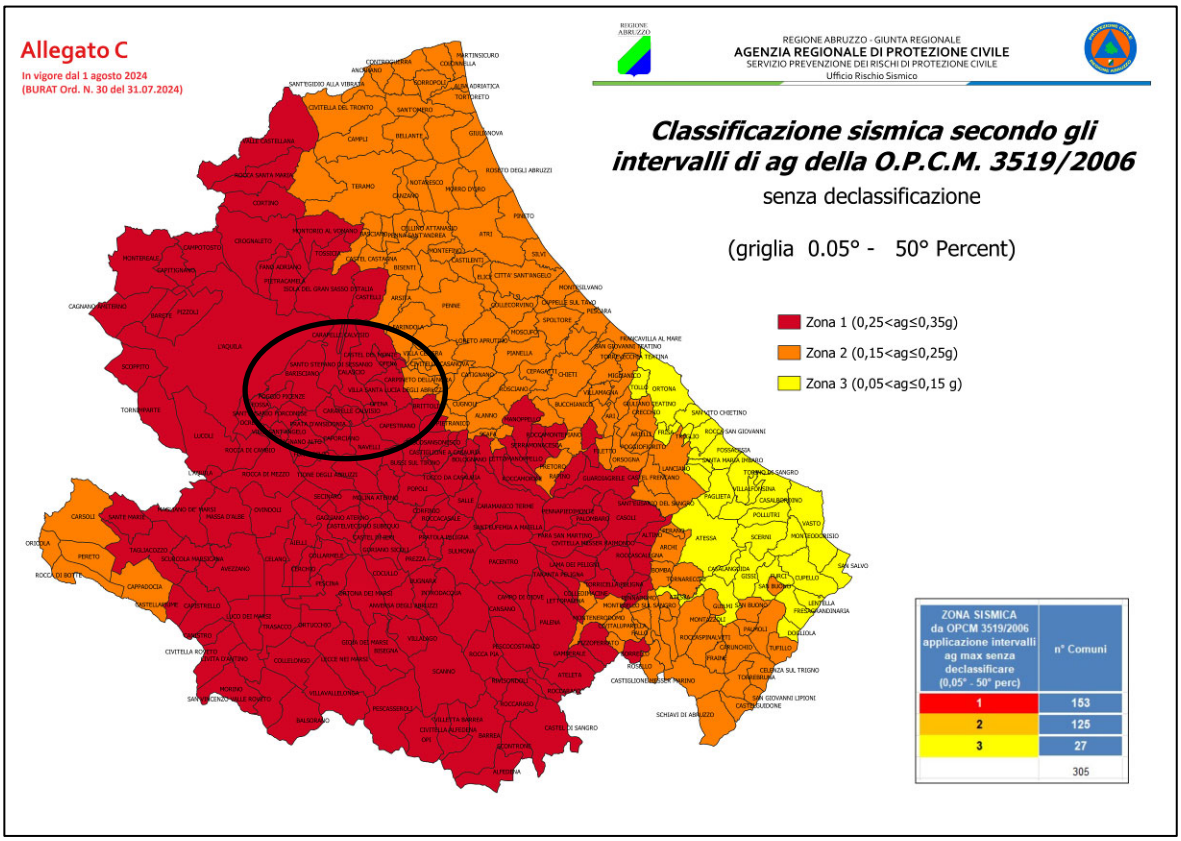



**Figura 9: Classificazione sismica della Regione Abruzzo.**

Il Decreto Ministeriale 17 Gennaio 2018 recante “Norme Tecniche per le Costruzioni” raccoglie in modo unitario le norme nazionali che disciplinano la progettazione, l‘esecuzione ed il collaudo delle costruzioni al fine di garantire la criteri univoci di sicurezza e pubblica incolumità. Come indicato nel Decreto le azioni sismiche di progetto sono definite sulla base della “pericolosità sismica di base”, caratteristica del sito di costruzione, funzione di diversi parametri:

- accelerazione orizzontale massima del sito $a_g$
- $F_o$ valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale
- $T^*_c$ periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale

Il concetto di pericolosità sismica di un sito, fa riferimento alla probabilità che in un fissato lasso di tempo in detto sito, si verifichi un evento sismico di entità almeno pari ad un valore prefissato.

Allo stato attuale ai fini della definizione dell’azione sismica di progetto la normativa definisce le seguenti categorie di sottosuolo a cui si può fare riferimento per valutare la risposta sismica locale:

**A** *Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi* caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti, con spessore massimo pari a 3,0 m.

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

**C** Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiore a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 e 360 m/s.

**D** Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.

**E** Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categoria C e D, con profondità del substrato non superiore a 30 metri.

La classificazione del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio, Vs,eq (in m/s), definita dall'espressione:

$$V_{S,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^{N} \frac{h_i}{V_{S,i}}}$$

con:

| | |
|---|---|
| $h_i$ | spessore dell'i-esimo strato; |
| $V_{S,i}$ | velocità delle onde di taglio nell'i-esimo strato; |
| N | numero di strati; |
| H | profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da Vs non inferiore a 800 m/s. |

Dall'elaborazione dell'indagine sismica di tipo MASW è emerso un valore di **$Vs_{eq(0.0-30.0\ m)}$** pari a **498 m/s**, pertanto è possibile assegnare la **categoria di sottosuolo B** ai litotipi presenti.

L'andamento dello spettro di risposta elastico, oltre che dalla litologia, è anche influenzato dalle condizioni topografiche del sito in esame. Queste ultime sono definite e classificate come mostrato nella tabella seguente.

| CATEGORIA | CARATTERISTICHE DELLA SUPERFICIE TOPOGRAFICA |
|---|---|
| **T1** | Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media i≤ 15° |
| **T2** | Pendii con inclinazione media i > 15° |
| **T3** | Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media 15°≤ i ≤ 30° |
| **T4** | Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media i > 30° |

Nel caso specifico i siti di progetto rientrano in una categoria topografica **T4.**

Per quanto concerne la Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica dello Studio di Microzonazione Sismica del Comune di Castel del Monte si evidenzia che il tratto in studio della SP80 non è stato oggetto di tali studi e pertanto non si riporta lo stralcio cartografico.

## 9. CONCLUSIONI

Nella presente relazione si sono esposti i risultati di uno studio geologico, geomorfologico, geostrutturale, geologico-tecnico, idrogeologico e sismico eseguito a supporto del progetto di " **INTERVENTI DI MESSA IN SICUREZZA E DI ADEGUAMENTO FUNZIONALE DELLE STRADE PROVINCIALI – INTERVENTO FUNZIONALE 3: SUB-INTERVENTO 3.2 - SP80 VADO DI SOLE**."

In generale la SP80 è caratterizzata da un sistema dei dispositivi di sicurezza passivi fortemente carenti e, in molti casi, non conforme agli standard minimi previsti dalla normativa vigente in materia di sicurezza stradale. Tali dispositivi, fondamentali per mitigare le conseguenze di eventuali incidenti e proteggere gli utenti della strada, sono spesso assenti, danneggiati o tecnicamente obsoleti.

La SP80 si inserisce in un contesto montuoso con presenza di depositi calcareo marnosi fratturati. Morfologicamente è caratterizzata da pendii ripidi ed esposti con scarpate spesso incise, particolarmente sensibili all'azione minacciosa degli agenti esogeni e tellurici. In particolare, visto il contesto montuoso caratterizzato da elevate escursioni termiche, l'area è inoltre soggetta ad effetti criologici che si riflettono sull'ammasso roccioso provocando allentamenti dei giunti di strato e delle fratturazioni la cui evoluzione può causare crolli di blocchi rocciosi anche di grandi volumi.

In generale la SP80 è caratterizzata da un sistema di dispositivi di sicurezza passivi fortemente carenti e, in molti casi, non conforme agli standard minimi previsti dalla normativa vigente in materia di sicurezza stradale. Tali dispositivi, fondamentali per mitigare le conseguenze di eventuali incidenti e proteggere gli utenti della strada, sono spesso assenti, danneggiati o tecnicamente obsoleti.

Pertanto a fronte delle problematiche riscontrate sulla SP80, al fine di definire puntualmente l'assetto stratigrafico e le caratteristiche fisico meccaniche dei depositi presenti è stata pianificata una campagna di indagine sito specifica che ha previsto l'esecuzione di un rilievo geo-strutturale dell'ammasso roccioso e l'esecuzione, in corrispondenza dei tratti ritenuti più critici e significativi, lungo la banchina verso valle di n.

3 prove penetrometriche dinamiche super-pesanti. L'elaborazione e l'analisi delle prove penetrometriche eseguite ha consentito di definire le caratteristiche fisico meccaniche e gli spessori dei depositi detritici ed antropici presenti la cui sintesi è riportata nel paragrafo 7 del presente elaborato.

Il tratto viario è caratterizzato da pendenze variabili dai 45°ai 60°, e quote altimetriche superiori ai 600 m s.l.m., dalla consultazione delle carte tematiche del Piano Stralcio di Bacino della Regione Abruzzo (AUBAC dell'Appennino Centrale) emerge la presenza di solchi di ruscellamento concentrato attivi.

Per quanto riguarda invece la Carta di Localizzazione dei pericoli da Valanga (C.L.P.V.) dalla sua consultazione si evince che la sP80 interagisce con aree interessate da pericolosità da valanghe.

Il Comune di Castel del Monte, interessato dall'attraversamento della strada in studio, è individuato in zona sismica 1 e dall'elaborazione dell'indagine sismica MASW è emerso un valore di $\mathbf{Vs_{eq}}$ pari a **498 m/s,** pertanto ai litotipi è possibile assegnare una **categoria di sottosuolo B**. Mentre, dall'analisi della carta delle pendenze è possibile assegnare come categoria **topografica una T4.**

# ALLEGATI

- CARTA TOPOGRAFICA
- CARTA COROGRAFICA
- CARTA GEOLOGICA
- SEZIONE GEOLOGICA
- CARTA GEOMORFOLOGICA PAI
- CARTA DELLA PERICOLOSITÀ PAI
- CARTA DEL RISCHIO PAI
- CARTA DELLE PENDENZE
- CARTA MISURE DI SALVAGUARDIA BACINO PESCARA D.S. 45/2025
- CARTA DI LOCALIZZAZIONE DEI PERICOLI DA VALANGA SP80
- RAPPORTO D'INDAGINE
- SEZIONE LITOSTRAGRAFICA RAPPRESENTATIVA

**CARTA TOPOGRAFICA**
**Fogli n. 350 OVEST-360 OVEST-SP80**
**Scala 1:25.000**

SP80

SP80 Km 2+520

SP80 Km 4+610

0 1 2 km

CARTA COROGRAFICA
Elementi n. 350143-360024 SP80
Scala 1:10.000

SP80 Km 2+520

SP80 Km 4+610

M O N T E  S A N  V I T O

M O N T E  G U A R D I O L A

C A M P O  I M P E R A T O R E

C o l l e  T o n d o

C o l l e  d e i  T r o z z i

l a  C r e t a

0 100 200 m

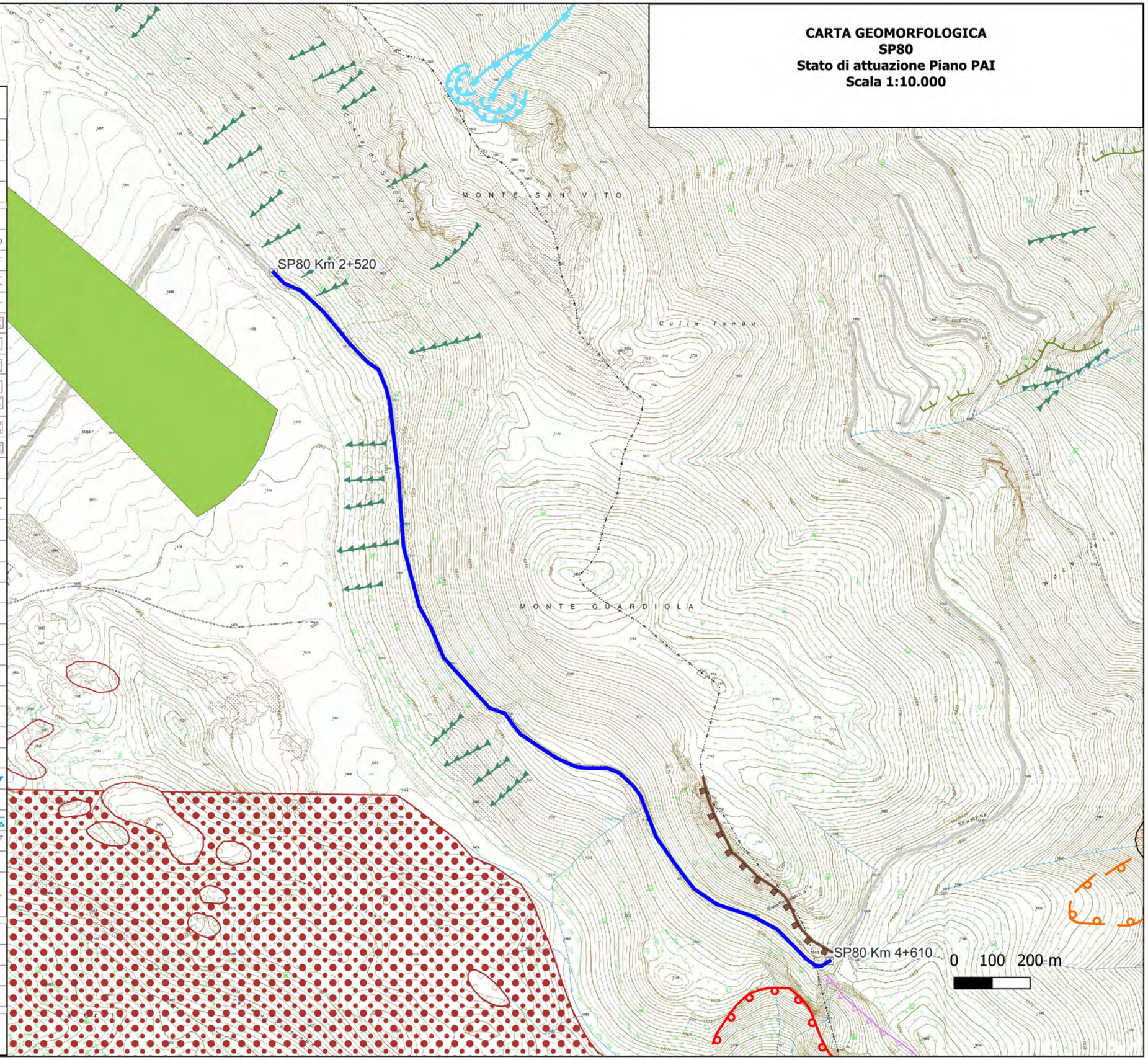
**CARTA GEOLOGICA**
**FOGLIO N. 140 Teramo**
**della Carta Geologica in scala 1:100.000**
**SP80**

SP80 Km 2+520

SP80 Km 4+610

# CARTA GEOMORFOLOGICA
# SP80
# Stato di attuazione Piano PAI
# Scala 1:10.000

| | | | STATO DI ATTIVITA' | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | ATTIVO | QUIESCENTE | NON ATTIVO |
| | Limite territorio Autorità di Bacino | | | | |
| FORME STRUTTURALI | Orlo di scarpata di faglia | | | | |
| | Orlo di scarpata con influenza strutturale | | | | |
| | Orlo di scarpata di linea di faglia | | | | |
| | Orlo di scarpata con influenza strutturale interessata da caduta di detrito | | | | |
| FORME, PROCESSI E DEPOSITI GRAVITATIVI DI VERSANTE | Orlo di scarpata di degradazione e/o di frana | | | | |
| | Trincea o fessura | | | | |
| | Frattura di trazione | | | | |
| | Versante interessato da deformazione profonda | | | | |
| | Versante interessato da deformazioni superficiali lente | | | | |
| | Corpo di frana di crollo e ribaltamento | | | | |
| | Corpo di frana di scorrimento: (A) Traslativo / (B) Rotazionale | | | | |
| | Corpo di frana di colamento | | | | |
| | Corpo di frana di genesi complessa (inclusi i fenomeni di trasporto e di massa) | | | | |
| | Piccola frana o gruppo di piccole frane non classificate | | | | |
| | Contropendenza significativa nel corpo di frana | | | | |
| FORME, PROCESSI E DEPOSITI PER ACQUE CORRENTI SUPERFICIALI | Orlo di scarpata di erosione fluviale o torrentizia | | | | |
| | Alveo con erosione laterale o sponda in erosione | | | | |
| | Alveo con tendenza all'approfondimento | | | | |
| | Solco da ruscellamento concentrato | | | | |
| | Superficie a calanchi e forme similari | | | | |
| | Superficie con forme di dilavamento prevalentemente diffuso | | | | |
| | Superficie con forme di dilavamento prevalentemente concentrato | | | | |
| | Conoide alluvionale | | | | |
| | Cono di origine mista | | | | |
| | Depressione palustre | | | | |
| FORME CARSICHE | Dolina | | | | |
| | Campo di doline | | | | |
| | Inghiottitoio | | | | |
| FORME, PROCESSI E DEPOSITI CRIONIVALI | Forme di erosione | Orlo di nicchia di nivazione | | | |
| | | Canalone di valanga | | | |
| | Forme di accumulo | Rock glacier | | | |
| FORME GLACIALI | Orlo di scarpata | | | | |
| | Orlo di circo | | | | |
| FORME E PROCESSI MARINO COSTIERI | Orlo di scarpata di erosione marina | | | | |
| FORME E PROCESSI ANTROPICI | Orlo di scarpata artificiale | | | | |
| | Terrazzamento agrario | | | | |
| | Sbarramento | | | | |
| | Lago artificiale | | | | |
| | Cavità sotterranee naturali e/o antropiche | | | | |



**CARTA DELLA PERICOLOSITÀ**
**SP80**
**Scala 1:10.000**

SP80 Km 2+520

SP80 Km 4+610

M O N T E S A N V I T O

M O N T E G U A R D I O L A

A M P O L I M P E R A T O R E

C o l l e d e i T r o z z i

C o l l e T o n d o

V a l l o n e d e l l a P e l l e c c h i a

V a l l o n e d i C a s a r a n o

C r e t a

R i o R o s s o

CARTA DELLA PERICOLOSITA' DA FRANA

LIMITE TERRITORIO AUTORITA' DI BACINO

CLASSI DI PERICOLOSITA'

**P1** PERICOLOSITA' MODERATA
Aree interessate da Dissesti con bassa possibilità di riattivazione.

**P2** PERICOLOSITA' ELEVATA
Aree interessate da Dissesti con alta possibilità di riattivazione.

**P3** PERICOLOSITA' MOLTO ELEVATA
Aree interessate da Dissesti in attività o riattivati stagionalmente.

**PS** PERICOLOSITA' DA SCARPATA
Aree interessate da Dissesti generati da Scarpate.

**CARTA DEL RISCHIO**
**SP80**
**Scala 1:10.000**

SP80 Km 2+520

SP80 Km 4+610

M O N T E S A N V I T O

M O N T E G U A R D I O L A

I M P E R A T O R E

## CLASSI DI RISCHIO

**R1** RISCHIO MODERATO
per il quale i danni sociali ed economici sono marginali.

**R2** RISCHIO MEDIO
per il quale sono possibili danni minori agli edifici e alle infrastrutture che non pregiudicano l'incolumità delle persone, l'agibilità degli edifici e la funzionalità delle attività economiche.

**R3** RISCHIO ELEVATO
per ilquale sono possibili problemi per l'incolumità delle persone, danni funzionali agli edifici e alee infrastrutture con conseguente inagibilità degli stessi, l'interruzione di funzionalità delle attività socio-economiche.

**R4** RISCHIO MOLTO ELEVATO
per il quale sono possibili la perdita delle vite umane e lesioni gravi agli edifici e alle infrastrutture, la distruzione di attività socio-economiche.

0 500 1,000 m

CARTA DELLE PENDENZE-SP80
Scala 1:10.000

SP80 Km 2+520

SP80 Km 4+610

M P O I M P E R A T O R E

Colle dei Trozzi

Colle Tonno

MONTE GUARDIOLA

Fosso Rio Nocello

Fosso Rio Rosso

la Creta

Fosso di Cesarano

Fondo dell'Orsa

## Legenda

Pendenza

- <= 5°
- 5° - 10°
- 10° - 15°
- 15° - 30°
- 30° - 45°
- 45° - 60°
- > 60°

**CARTA DI LOCALIZZAZIONE DEI PERICOLI DA VALANGA (C.L.P.V.)**
**SP80**
**Scala 1:10.000**

12
14
3
2
15
16
1
SP80 Km 2+520
SP80 Km 4+610
M. Guardiola
C. Tondo
Cresta di Pietrattina
Cresta del Serpente
Cresta di Pietra Rossa
Cresta di Varussale
Cresta di Schierchiaro
Cresta di Plaio
Cresta di Pietrarella

## LEGENDA

**VALANGHE**
- VA_T
- VA_L

**VA**
- TIPO_EL
- Valanghe
- Zone pericolose
- Possibili continuazioni e collegamenti di valanghe
- Zone presunte pericolose
- SV_VA
- SV
- PL
- PF

**VF**
- TIPO_EL
- Valanghe
- Zone pericolose
- Possibili continuazioni e collegamenti di valanghe
- Zone presunte pericolose

0 250 500 m

**MISURE DI SALVAGUARDIA DEL BACINO PESCARA - D.S. n. 145/2025**
**Scala 1:50.000**

SP80 Km 2+520

SP80.Km 4+610

**Legenda**

Classi di pericolosità idraulica [Q50 - Q100 - Q200] (*)

| | |
|---|---|
| Pericolosità molto elevata<br>h50 > 1m<br>v50 > 1m/s | Reticolo idrografico |
| Pericolosità elevata<br>1m > h50 > 0.5 m<br>h100 > 1m<br>v100 > 1m/s | |
| Pericolosità media<br>h100 > 0m | |
| Pericolosità moderata<br>h200 > 0m | |

(*) Pericolosità idraulica. Per ogni riga il verificarsi di almeno una delle condizioni riportate, in assenza delle condizioni delle righe immediatamente superiori, sancisce l'appartenenza alla classe di pericolosità idraulica

# AMMINISTRAZIONE PROVINCIALE DELL'AQUILA
## - SETTORE VIABILITÀ -

**INDAGINI GEOGNOSTICHE**

***INTERVENTI DI MESSA IN SICUREZZA E DI ADEGUAMENTO FUNZIONALE DELLE STRADE PROVINCIALI***

***CUP: F37H24000030001 CIG: B7C5D453D0***

***SUB-INTERVENTO 3.2 – SP80 DI VADO DI SOLE***

*agosto 2025*

# *RAPPORTO D'INDAGINE*




*GEO L'AQUILA s.r.l. – via Casella n.14 - 67100 L'Aquila*

*Sede operativa: Via San Clemente – Fossa (AQ) - 0862 755102*

Nel presente rapporto sono riportati i risultati dell'indagine geognostica eseguita per conto dell'***Amministrazione Provinciale Dell'Aquila - Settore Viabilità*** propedeutica al *Sub-intervento 3.2* nell'ambito degli "I*nterventi di messa in sicurezza e di adeguamento funzionale delle strade provinciali"* lungo la S.P. 80 di Vado di Sole.

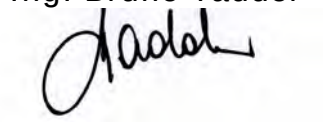
L'indagine, condotta con la direzione tecnica del professionista incaricato dalla committenza, è consistita nell'esecuzione di n.3 prove penetrometriche dinamiche.

Le prove penetrometriche dinamiche sono state eseguite con penetrometro dinamico superpesante tipo Pagani TG 63-200.

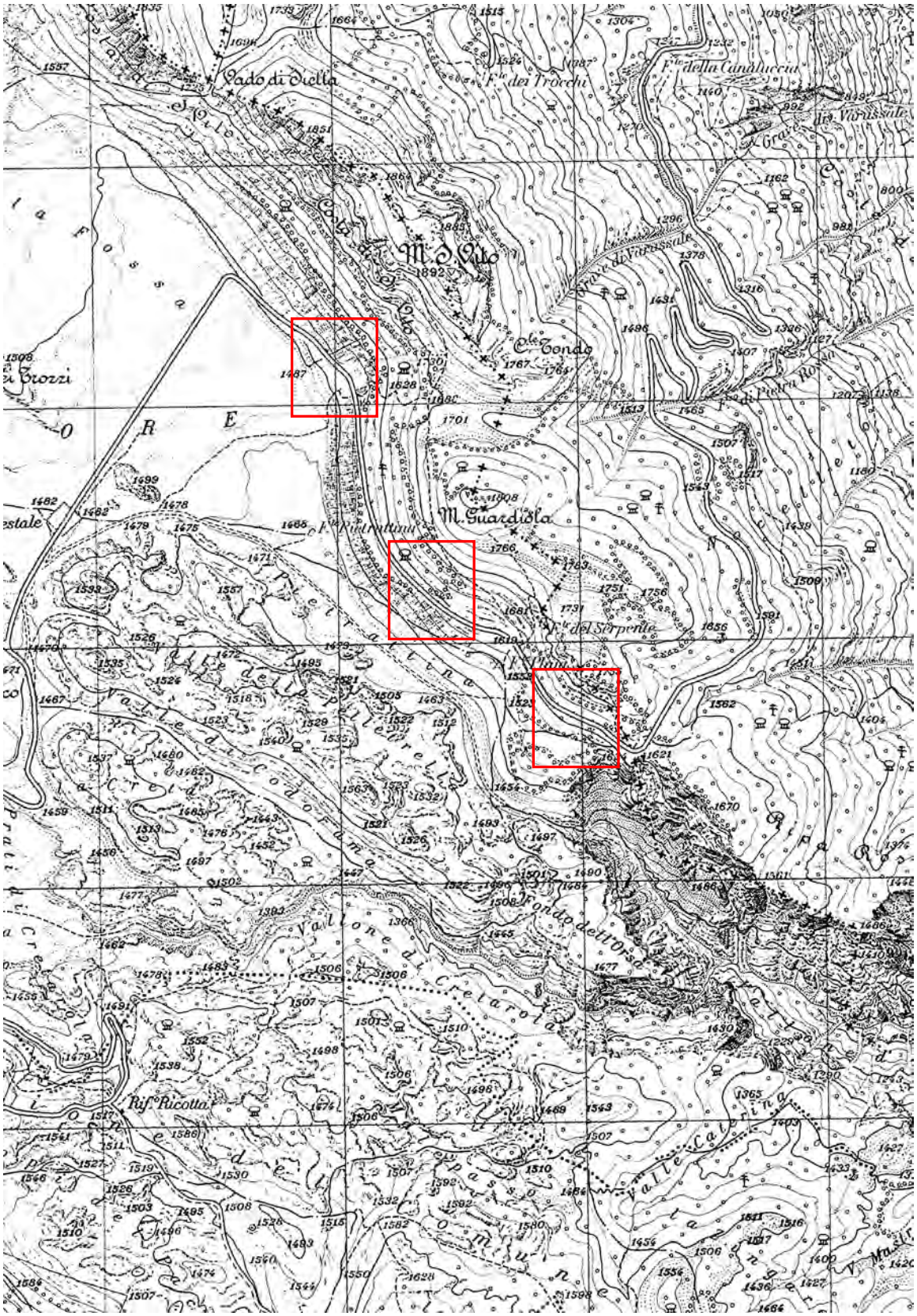
*Nel seguito sono riportati:*

- stralcio della Carta Topografica Regionale in scala 1:25.000;
- foto aerea con l'ubicazione delle prove;
- risultati prove penetrometriche dinamiche;
- documentazione fotografica.

Ing. Bruno Taddei



*STRALCIO DELLA CARTA TOPOGRAFICA REGIONALE (1:25.000)*



PARTICOLARE UBICAZIONE INDAGINE MASW




SP80 Km 2+520

PD/1

PD/2

PD/3

SP80 Km 4+610

0 250 500 m

LEGENDA

- Prova penetrometrica dinamica super pesante (PD)
- Indagine sismica di tipo MASW

# PROVA PENETROMETRICA DINAMICA

Committente: Amministrazione Provinciale dell'Aquila – Settore viabilità
Descrizione: Messa in sicurezza e adeguamento funzionale delle strade provinciali
Localita': Sp 80 di Vado di Sole

Caratteristiche Tecniche-Strumentali Sonda: DPSH TG 63-200 PAGANI

| | | |
|---|---|---|
| Rif. Norme | DIN 4094 | |
| Peso Massa battente | 63,5 | Kg |
| Altezza di caduta libera | 0,75 | m |
| Peso sistema di battuta | 0,63 | Kg |
| Diametro punta conica | 51,00 | mm |
| Area di base punta | 20,43 | $cm^2$ |
| Lunghezza delle aste | 1 | m |
| Peso aste a metro | 6,31 | Kg/m |
| Profondita' giunzione prima asta | 0,40 | m |
| Avanzamento punta | 0,20 | m |
| Numero colpi per punta | N(20) | |
| Coeff. Correlazione | 1,47 | |
| Rivestimento/fanghi | No | |
| Angolo di apertura punta | 90 | ° |

# PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE CONTINUE (DYNAMIC PROBING) DPL-DPM–DPH-DPSH

## Note illustrative - Diverse tipologie di penetrometri dinamici

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

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

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

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

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

Elementi caratteristici del penetrometro dinamico sono i seguenti:

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

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

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

Classificazione ISSMFE dei penetrometri dinamici:

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

## Penetrometri in uso in Italia

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

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

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

- DINAMICO PESANTE ITALIANO (SUPERPESANTE secondo la classifica ISSMFE)
massa battente M = 73 kg, altezza di caduta H=0.75 m, avanzamento $\delta$=30 cm, punta conica ($\alpha$ = 60°), 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 $\delta$=20-30 cm, punta conica conica ($\alpha$ = 60°-90°) diametro D = 50.5 mm, area base cono A = 20 $cm^2$, rivestimento / fango bentonitico: talora previsto.

## Correlazione con Nspt

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

$$NSPT = \beta_t \cdot N$$

Dove:

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

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

L'energia specifica per colpo viene calcolata come segue:

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

in cui

M peso massa battente.
M' peso aste.

H altezza di caduta.
A area base punta conica.
δ passo di avanzamento.

## Valutazione resistenza dinamica alla punta Rpd

Formula Olandesi

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

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

## Calcolo di $(N_1)_{60}$

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

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

$$N_{60} = N_{SPT} \cdot (\text{ER}/60) \cdot \text{C}_\text{S} \cdot \text{C}_\text{r} \cdot \text{C}_\text{d}$$

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 resistenze 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:

$$Nspt,_k = Nspt,_{medio} - 1.645 \cdot (\sigma_{Nspt})$$

dove $\sigma_{Nspt}$ 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 l'elaborazione di *SHI-MING*.

***Correzione Nspt in presenza di falda***

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

Nspt è il valore medio nello strato

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

***Angolo di Attrito***

- Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof (1956) - Correlazione valida per terreni non molli a prof. < 5 m; correlazione valida per sabbie e ghiaie rappresenta valori medi. - Correlazione storica molto usata, valevole per prof. < 5 m per terreni sopra falda e < 8 m per terreni in falda (tensioni < 8-10 t/mq)
- Meyerhof (1956) - Correlazioni valide per terreni argillosi ed 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) $\sigma$ >5 t/mq.
- De Mello - Correlazione valida per terreni prevalentemente sabbiosi e sabbioso-ghiaiosi (da modifica sperimentale di dati) con angolo di attrito < 38° .
- Malcev (1964) - Angolo di attrito in gradi valido per sabbie in genere (cond. ottimali per prof. > 2 m e per valori di angolo di attrito < 38°).

- Schmertmann (1977) - Angolo di attrito (gradi) per vari tipi litologici (valori massimi). N.B. valori spesso troppo ottimistici poiché desunti da correlazioni indirette da Dr %.
- Shioi-Fukuni (1982) - ROAD BRIDGE SPECIFICATION, Angolo di attrito in gradi valido per sabbie - sabbie fini o limose e limi siltosi (cond. ottimali per prof. di prova > 8 m sopra falda e > 15 m per terreni in falda) $\sigma$ >15 t/mq.
- Shioi-Fukuni (1982) - JAPANESE NATIONALE RAILWAY, Angolo di attrito valido per sabbie medie e grossolane fino a ghiaiose.
- Angolo di attrito in gradi (Owasaki & Iwasaki) valido per sabbie - sabbie medie e grossolane-ghiaiose (cond. ottimali per prof. > 8 m sopra falda e > 15 m per terreni in falda) 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 $\tau$ 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 PD/1**

Strumento utilizzato DPSH TG 63-200 PAGANI
Profondita' prova 4,60 mt

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

| Profondita' (m) | Nr. Colpi | Calcolo coeff. riduzione sonda Chi | Res. dinamica ridotta (Mpa) | Res. dinamica (Mpa) | Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (KPa) | Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (KPa) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 0,20 | 11 | 0,855 | 9,69 | 11,33 | 484,34 | 566,73 |
| 0,40 | 14 | 0,801 | 11,55 | 14,43 | 577,59 | 721,29 |
| 0,60 | 9 | 0,847 | 7,21 | 8,51 | 360,46 | 425,56 |
| 0,80 | 10 | 0,843 | 7,98 | 9,46 | 398,77 | 472,85 |
| 1,00 | 9 | 0,840 | 7,15 | 8,51 | 357,37 | 425,56 |
| 1,20 | 8 | 0,836 | 6,33 | 7,57 | 316,34 | 378,28 |
| 1,40 | 8 | 0,833 | 6,30 | 7,57 | 315,06 | 378,28 |
| 1,60 | 10 | 0,830 | 7,25 | 8,74 | 362,45 | 436,93 |
| 1,80 | 8 | 0,826 | 5,78 | 6,99 | 288,84 | 349,54 |
| 2,00 | 4 | 0,823 | 2,88 | 3,50 | 143,87 | 174,77 |
| 2,20 | 3 | 0,820 | 2,15 | 2,62 | 107,50 | 131,08 |
| 2,40 | 6 | 0,817 | 4,28 | 5,24 | 214,22 | 262,16 |
| 2,60 | 7 | 0,814 | 4,63 | 5,69 | 231,45 | 284,25 |
| 2,80 | 6 | 0,811 | 3,95 | 4,87 | 197,70 | 243,65 |
| 3,00 | 6 | 0,809 | 3,94 | 4,87 | 197,03 | 243,65 |
| 3,20 | 7 | 0,806 | 4,58 | 5,69 | 229,11 | 284,25 |
| 3,40 | 8 | 0,803 | 5,22 | 6,50 | 261,00 | 324,86 |
| 3,60 | 7 | 0,801 | 4,25 | 5,31 | 212,64 | 265,51 |
| 3,80 | 7 | 0,798 | 4,24 | 5,31 | 211,99 | 265,51 |
| 4,00 | 6 | 0,796 | 3,62 | 4,55 | 181,16 | 227,58 |
| 4,20 | 7 | 0,794 | 4,21 | 5,31 | 210,73 | 265,51 |
| 4,40 | 32 | 0,641 | 15,57 | 24,28 | 778,54 | 1213,75 |
| 4,60 | 100 | 0,589 | 41,93 | 71,17 | 2096,69 | 3558,31 |

| Prof. Strato (m) | NPDM | Rd (Mpa) | Tipo | Clay Fraction (%) | Peso unita' di volume (KN/m³) | Peso unita' di volume saturo (KN/m³) | Tensione efficace (KPa) | Coeff. di correlaz. con Nspt | NSPT |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1,8 | 9,67 | 9,23 | Incoerente - coesivo | 0 | 20,2 | 22,26 | 18,18 | 1,47 | 14,21 |
| 2,2 | 3,5 | 3,06 | Incoerente - coesivo | 0 | 17,36 | 18,44 | 39,83 | 1,47 | 5,14 |
| 4,2 | 6,7 | 5,33 | Incoerente - coesivo | 0 | 19,22 | 21,18 | 62,52 | 1,47 | 9,85 |
| 4,6 | 66 | 47,72 | Incoerente - coesivo | 0 | 24,52 | 24,52 | 86,65 | 1,47 | 97,02 |

## STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA PD/1

TERRENI COESIVI

Coesione non drenata (KPa)

| | NSPT | Prof. Strato (m) | Terzaghi-Peck | Sanglerat | Terzaghi-Peck (1948) | U.S.D.M.S.M | Schmertmann 1975 | SUNDA (1983) Benassi e Vannelli | Fletcher (1965) Argilla di Chicago | Houston (1960) | Shioi - Fukui 1982 | Begemann | De Beer |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| [1] - | 14,21 | 1,80 | 94,05 | 174,17 | 49,03 - 98,07 | 55,02 | 137,29 | 276,94 | 121,21 | 152,49 | 69,73 | 222,91 | 174,17 |
| [2] - | 5,14 | 2,20 | 31,48 | 62,96 | 24,52 - 49,03 | 20,50 | 49,03 | 91,79 | 45,50 | 80,12 | 25,20 | 62,76 | 62,96 |
| [3] - | 9,85 | 4,20 | 65,21 | 120,72 | 49,03 - 98,07 | 38,64 | 94,83 | 159,95 | 85,51 | 116,40 | 48,35 | 114,84 | 120,72 |
| [4] - | 97,02 | 4,60 | 642,24 | 1189,25 | 0,00 | 277,04 | 959,29 | 1431,57 | 535,54 | 1285,26 | 475,72 | 1618,39 | 1189,25 |

Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)

| | NSPT | Prof. Strato (m) | Correlazione | Qc (Mpa) |
|---|---|---|---|---|
| [1] - | 14,21 | 1,80 | Robertson (1983) | 2,79 |
| [2] - | 5,14 | 2,20 | Robertson (1983) | 1,01 |
| [3] - | 9,85 | 4,20 | Robertson (1983) | 1,93 |
| [4] - | 97,02 | 4,60 | Robertson (1983) | 19,03 |

Modulo Edometrico (Mpa)

| | NSPT | Prof. Strato (m) | Stroud e Butler (1975) | Vesic (1970) | Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner | Buisman-Sanglerat |
|---|---|---|---|---|---|---|
| [1] - | 14,21 | 1,80 | 6,39 | -- | 14,39 | 13,94 |
| [2] - | 5,14 | 2,20 | 2,31 | 7,56 | 5,32 | 6,30 |
| [3] - | 9,85 | 4,20 | 4,43 | -- | 10,03 | 12,07 |
| [4] - | 97,02 | 4,60 | 43,65 | -- | 97,22 | 95,14 |

Modulo di Young (Mpa)

| | NSPT | Prof. Strato (m) | Schultze | Apollonia |
|---|---|---|---|---|
| [1] - | 14,21 | 1,80 | 14,02 | 13,94 |
| [2] - | 5,14 | 2,20 | 3,80 | 5,04 |
| [3] - | 9,85 | 4,20 | 9,11 | 9,66 |
| [4] - | 97,02 | 4,60 | 107,42 | 95,14 |

Classificazione AGI

| | NSPT | Prof. Strato (m) | Correlazione | Classificazione |
|---|---|---|---|---|
| [1] - | 14,21 | 1,80 | A.G.I. (1977) | CONSISTENTE |
| [2] - | 5,14 | 2,20 | A.G.I. (1977) | MODERAT. CONSISTENTE |
| [3] - | 9,85 | 4,20 | A.G.I. (1977) | CONSISTENTE |
| [4] - | 97,02 | 4,60 | A.G.I. (1977) | ESTREM. CONSISTENTE |

Peso unita' di volume

| | NSPT | Prof. Strato (m) | Correlazione | Peso unita' di volume (KN/m³) |
|---|---|---|---|---|
| [1] - | 14,21 | 1,80 | Meyerhof | 20,20 |
| [2] - | 5,14 | 2,20 | Meyerhof | 17,36 |
| [3] - | 9,85 | 4,20 | Meyerhof | 19,22 |
| [4] - | 97,02 | 4,60 | Meyerhof | 24,52 |

Peso unita' di volume saturo

| | NSPT | Prof. Strato (m) | Correlazione | Peso unita' di volume saturo (KN/m³) |
|---|---|---|---|---|
| [1] - | 14,21 | 1,80 | Meyerhof | 22,26 |
| [2] - | 5,14 | 2,20 | Meyerhof | 18,44 |
| [3] - | 9,85 | 4,20 | Meyerhof | 21,18 |
| [4] - | 97,02 | 4,60 | Meyerhof | 24,52 |

# TERRENI INCOERENTI

Densita' relativa

| | NSPT | Prof. Strato (m) | Gibbs & Holtz 1957 | Meyerhof 1957 | Schultze & Menzenbach (1961) | Skempton 1986 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| [1] - | 14,21 | 1,80 | 44,96 | 84,13 | 94,65 | 41,56 |
| [2] - | 5,14 | 2,20 | 20,11 | 45,27 | 47,4 | 21,21 |
| [3] - | 9,85 | 4,20 | 29 | 56,99 | 57,47 | 32,66 |
| [4] - | 97,02 | 4,60 | 82,68 | 100 | 100 | 100 |

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] - | 14,21 | 1,80 | 14,21 | 31,06 | 24,06 | 31,98 | 32,96 | 35,2 | 39,78 | 30-32 | 29,6 | 31,26 | 28,36 | 31,86 |
| [2] - | 5,14 | 2,20 | 5,14 | 28,47 | 21,47 | 29,44 | 29,61 | 31,73 | 0 | <30 | 23,78 | 28,54 | 23,66 | 25,14 |
| [3] - | 9,85 | 4,20 | 9,85 | 29,81 | 22,81 | 30,76 | 29,68 | 33,61 | 0 | <30 | 27,16 | 29,95 | 25,25 | 29,04 |
| [4] - | 97,02 | 4,60 | 97,02 | 54,72 | 47,72 | 55,17 | 32,68 | 36,45 | 42 | >38 | 53,15 | 56,11 | 32,99 | 59,05 |

Modulo di Young (Mpa)

| | 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] - | 14,21 | 1,80 | 14,21 | 26,39 | 11,15 | 16,51 | 28,10 | 14,32 |
| [2] - | 5,14 | 2,20 | 5,14 | --- | 4,03 | --- | --- | --- |
| [3] - | 9,85 | 4,20 | 9,85 | --- | 7,73 | 11,47 | --- | --- |
| [4] - | 97,02 | 4,60 | 97,02 | 68,95 | 76,12 | 112,34 | 89,01 | 54,93 |

Modulo Edometrico (Mpa)

| | 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] - | 14,21 | 1,80 | 14,21 | 8,36 | 5,56 | 9,89 | 9,94 |
| [2] - | 5,14 | 2,20 | 5,14 | --- | 3,73 | 3,58 | 5,97 |
| [3] - | 9,85 | 4,20 | 9,85 | --- | 4,68 | 6,86 | 8,03 |
| [4] - | 97,02 | 4,60 | 97,02 | 57,09 | 22,24 | 67,55 | 46,16 |

Classificazione AGI

| | NSPT | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione | Classificazione AGI |
|---|---|---|---|---|---|
| [1] - | 14,21 | 1,80 | 14,21 | Classificazione A.G.I | MODERATAMENTE ADDENSATO |
| [2] - | 5,14 | 2,20 | 5,14 | Classificazione A.G.I | POCO ADDENSATO |
| [3] - | 9,85 | 4,20 | 9,85 | Classificazione A.G.I | POCO ADDENSATO |
| [4] - | 97,02 | 4,60 | 97,02 | Classificazione A.G.I | MOLTO ADDENSATO |

Peso unita' di volume

| | NSPT | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione | Peso Unita' di Volume (KN/m³) |
|---|---|---|---|---|---|
| [1] - | 14,21 | 1,80 | 14,21 | Terzaghi-Peck 1948 | 15,00 |
| [2] - | 5,14 | 2,20 | 5,14 | Terzaghi-Peck 1948 | 13,87 |
| [3] - | 9,85 | 4,20 | 9,85 | Terzaghi-Peck 1948 | 14,47 |
| [4] - | 97,02 | 4,60 | 97,02 | Terzaghi-Peck 1948 | 19,22 |

Peso unita' di volume saturo

| | NSPT | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione | Peso Unita' Volume Saturo (KN/m³) |
|---|---|---|---|---|---|
| [1] - | 14,21 | 1,80 | 14,21 | Terzaghi-Peck 1948 | 19,14 |
| [2] - | 5,14 | 2,20 | 5,14 | Terzaghi-Peck 1948 | 18,44 |
| [3] - | 9,85 | 4,20 | 9,85 | Terzaghi-Peck 1948 | 18,82 |
| [4] - | 97,02 | 4,60 | 97,02 | Terzaghi-Peck 1948 | 21,72 |

Modulo di Poisson

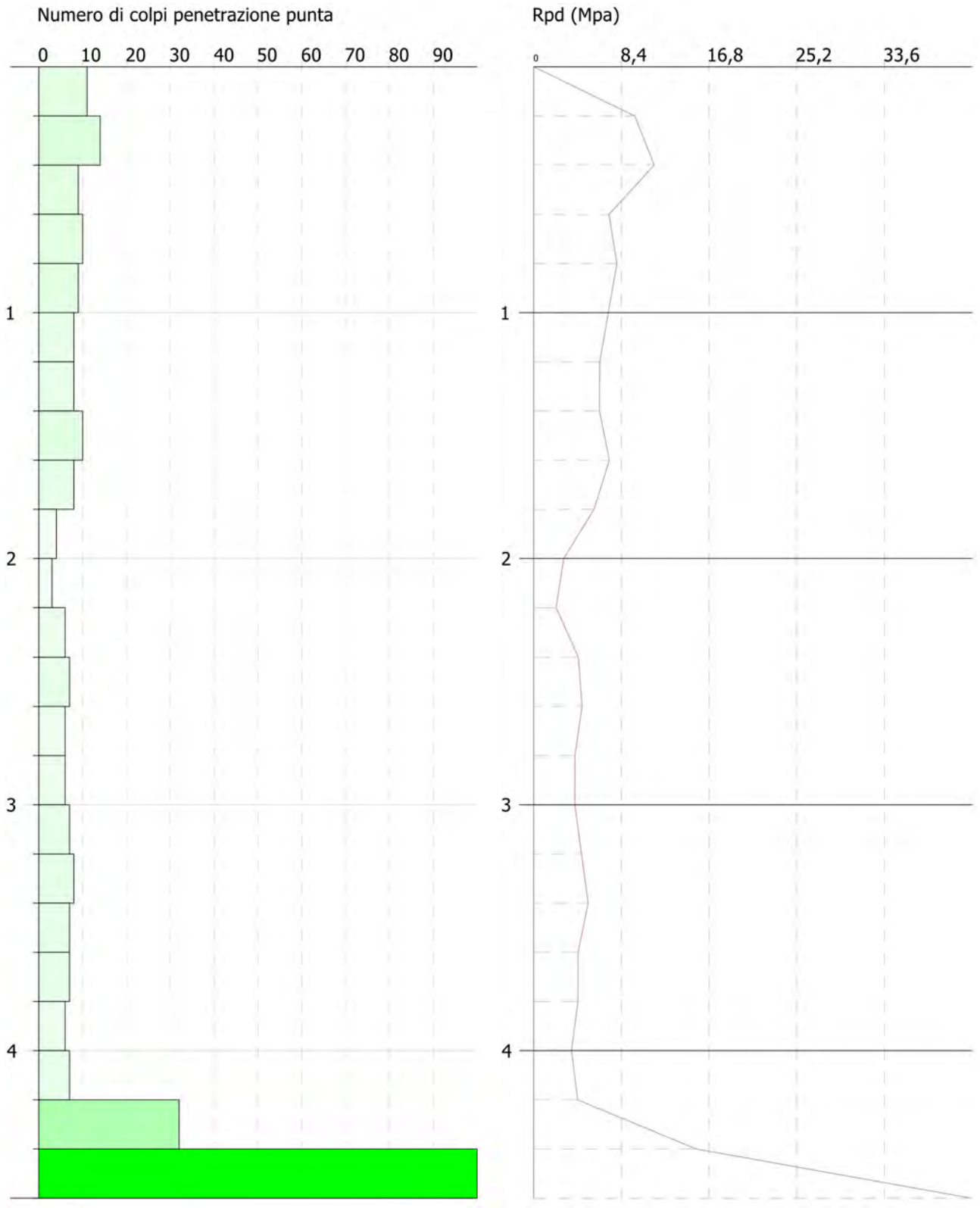
| | NSPT | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione | Poisson |
|---|---|---|---|---|---|
| [1] - | 14,21 | 1,80 | 14,21 | (A.G.I.) | 0,33 |
| [2] - | 5,14 | 2,20 | 5,14 | (A.G.I.) | 0,34 |
| [3] - | 9,85 | 4,20 | 9,85 | (A.G.I.) | 0,33 |
| [4] - | 97,02 | 4,60 | 97,02 | (A.G.I.) | 0,16 |

Modulo di deformazione a taglio dinamico (Mpa)

| | NSPT | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Ohsaki (Sabbie pulite) | Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982) |
|---|---|---|---|---|---|
| [1] - | 14,21 | 1,80 | 14,21 | 77,25 | 62,04 |
| [2] - | 5,14 | 2,20 | 5,14 | 29,70 | 33,33 |
| [3] - | 9,85 | 4,20 | 9,85 | 54,73 | 49,59 |
| [4] - | 97,02 | 4,60 | 97,02 | 469,98 | 200,63 |

Velocita' onde di taglio

| | NSPT | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione | Velocita' onde di taglio (m/s) |
|---|---|---|---|---|---|
| [1] - | 14,21 | 1,80 | 14,21 | Ohta & Goto (1978) Limi | 106,09 |
| [2] - | 5,14 | 2,20 | 5,14 | Ohta & Goto (1978) Limi | 103,8 |
| [3] - | 9,85 | 4,20 | 9,85 | Ohta & Goto (1978) Limi | 127,2 |
| [4] - | 97,02 | 4,60 | 97,02 | Ohta & Goto (1978) Limi | 200,93 |


Numero di colpi penetrazione punta
0
10
20
30
40
50
60
70
80
90
1
2
3
4
Rpd (Mpa)
0
8,4
16,8
25,2
33,6
1
2
3
4




Prova PD/1: postazione



Prova PD/1: punta a recupero

**PROVA PD/2**

Strumento utilizzato DPSH TG 63-200 PAGANI
Profondita' prova 2,40 mt

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

| Profondita' (m) | Nr. Colpi | Calcolo coeff. riduzione sonda Chi | Res. dinamica ridotta (Mpa) | Res. dinamica (Mpa) | Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (KPa) | Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (KPa) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 0,20 | 8 | 0,855 | 7,04 | 8,24 | 352,25 | 412,17 |
| 0,40 | 7 | 0,851 | 6,14 | 7,21 | 306,83 | 360,64 |
| 0,60 | 9 | 0,847 | 7,21 | 8,51 | 360,46 | 425,56 |
| 0,80 | 7 | 0,843 | 5,58 | 6,62 | 279,14 | 330,99 |
| 1,00 | 7 | 0,840 | 5,56 | 6,62 | 277,95 | 330,99 |
| 1,20 | 10 | 0,836 | 7,91 | 9,46 | 395,43 | 472,85 |
| 1,40 | 9 | 0,833 | 7,09 | 8,51 | 354,44 | 425,56 |
| 1,60 | 5 | 0,830 | 3,62 | 4,37 | 181,23 | 218,46 |
| 1,80 | 5 | 0,826 | 3,61 | 4,37 | 180,52 | 218,46 |
| 2,00 | 18 | 0,773 | 12,16 | 15,73 | 608,09 | 786,47 |
| 2,20 | 23 | 0,720 | 14,47 | 20,10 | 723,68 | 1004,93 |
| 2,40 | 100 | 0,617 | 53,93 | 87,39 | 2696,47 | 4369,27 |

| Prof. Strato (m) | NPDM | Rd (Mpa) | Tipo | Clay Fraction (%) | Peso unita' di volume (KN/m³) | Peso unita' di volume saturo (KN/m³) | Tensione efficace (KPa) | Coeff. di correlaz. con Nspt | NSPT |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1,4 | 8,14 | 7,88 | Incoerente - coesivo | 0 | 19,81 | 21,77 | 13,87 | 1,47 | 11,97 |
| 1,8 | 5 | 4,37 | Incoerente - coesivo | 0 | 18,34 | 18,63 | 31,4 | 1,47 | 7,35 |
| 2,2 | 20,5 | 17,91 | Incoerente - coesivo | 0 | 21,28 | 23,34 | 39,33 | 1,47 | 30,14 |
| 2,4 | 100 | 87,39 | Incoerente - coesivo | 0 | 24,52 | 24,52 | 46,03 | 1,47 | 147 |

## STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA PD/2

TERRENI COESIVI

Coesione non drenata (KPa)

| | NSPT | Prof. Strato (m) | Terzaghi-Peck | Sanglerat | Terzaghi-Peck (1948) | U.S.D.M.S.M | Schmertmann 1975 | SUNDA (1983) Benassie Vannelli | Fletcher (1965) Argilla di Chicago | Houston (1960) | Shioi - Fukui 1982 | Begemann | De Beer |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| [1] - | 11,97 | 1,40 | 79,24 | 146,71 | 49,03 - 98,07 | 46,68 | 115,42 | 236,44 | 103,07 | 133,66 | 58,74 | 189,76 | 146,71 |
| [2] - | 7,35 | 1,80 | 45,01 | 90,12 | 24,52 - 49,03 | 29,03 | 70,51 | 131,11 | 64,53 | 96,79 | 36,09 | 105,13 | 90,12 |
| [3] - | 30,14 | 2,20 | 199,47 | 369,42 | 0,00 | 110,82 | 293,91 | 537,31 | 239,58 | 304,40 | 147,79 | 494,35 | 369,42 |
| [4] - | 147 | 2,40 | 973,02 | 1801,97 | 0,00 | 329,80 | 1460,70 | 2621,71 | 544,56 | 2380,07 | 720,79 | 2532,18 | 1801,97 |

Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)

| | NSPT | Prof. Strato (m) | Correlazione | Qc (Mpa) |
|---|---|---|---|---|
| [1] - | 11,97 | 1,40 | Robertson (1983) | 2,35 |
| [2] - | 7,35 | 1,80 | Robertson (1983) | 1,44 |
| [3] - | 30,14 | 2,20 | Robertson (1983) | 5,91 |
| [4] - | 147 | 2,40 | Robertson (1983) | 28,83 |

Modulo Edometrico (Mpa)

| | NSPT | Prof. Strato (m) | Stroud e Butler (1975) | Vesic (1970) | Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner | Buisman-Sanglerat |
|---|---|---|---|---|---|---|
| [1] - | 11,97 | 1,40 | 5,39 | -- | 12,15 | 11,74 |
| [2] - | 7,35 | 1,80 | 3,31 | -- | 7,53 | 9,01 |
| [3] - | 30,14 | 2,20 | 13,56 | -- | 30,32 | 29,56 |
| [4] - | 147 | 2,40 | 66,14 | -- | 147,21 | 144,16 |

Modulo di Young (Mpa)

| | NSPT | Prof. Strato (m) | Schultze | Apollonia |
|---|---|---|---|---|
| [1] - | 11,97 | 1,40 | 11,50 | 11,74 |
| [2] - | 7,35 | 1,80 | 6,29 | 7,21 |
| [3] - | 30,14 | 2,20 | 31,99 | 29,56 |
| [4] - | 147 | 2,40 | 163,78 | 144,16 |

Classificazione AGI

| | NSPT | Prof. Strato (m) | Correlazione | Classificazione |
|---|---|---|---|---|
| [1] - | 11,97 | 1,40 | A.G.I. (1977) | CONSISTENTE |
| [2] - | 7,35 | 1,80 | A.G.I. (1977) | MODERAT. CONSISTENTE |
| [3] - | 30,14 | 2,20 | A.G.I. (1977) | ESTREM. CONSISTENTE |
| [4] - | 147 | 2,40 | A.G.I. (1977) | ESTREM. CONSISTENTE |

Peso unita' di volume

| | NSPT | Prof. Strato (m) | Correlazione | Peso unita' di volume (KN/m³) |
|---|---|---|---|---|
| [1] - | 11,97 | 1,40 | Meyerhof | 19,81 |
| [2] - | 7,35 | 1,80 | Meyerhof | 18,34 |
| [3] - | 30,14 | 2,20 | Meyerhof | 21,28 |
| [4] - | 147 | 2,40 | Meyerhof | 24,52 |

Peso unita' di volume saturo

| | NSPT | Prof. Strato (m) | Correlazione | Peso unita' di volume saturo (KN/m³) |
|---|---|---|---|---|
| [1] - | 11,97 | 1,40 | Meyerhof | 21,77 |
| [2] - | 7,35 | 1,80 | Meyerhof | 18,63 |
| [3] - | 30,14 | 2,20 | Meyerhof | 23,34 |
| [4] - | 147 | 2,40 | Meyerhof | 24,52 |

## TERRENI INCOERENTI

Densita' relativa

| | NSPT | Prof. Strato (m) | Gibbs & Holtz 1957 | Meyerhof 1957 | Schultze & Menzenbach (1961) | Skempton 1986 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| [1] - | 11,97 | 1,40 | 42,05 | 79,21 | 93,61 | 37,18 |
| [2] - | 7,35 | 1,80 | 28,16 | 56,37 | 59,85 | 26,83 |
| [3] - | 30,14 | 2,20 | 58,76 | 100 | 100 | 63,65 |
| [4] - | 147 | 2,40 | 100 | 100 | 100 | 100 |

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] - | 11,97 | 1,40 | 11,97 | 30,42 | 23,42 | 31,35 | 33,27 | 34,4 | 39,09 | <30 | 28,4 | 30,59 | 27,87 | 30,47 |
| [2] - | 7,35 | 1,80 | 7,35 | 29,1 | 22,1 | 30,06 | 30,7 | 32,63 | 0 | <30 | 25,5 | 29,2 | 25,35 | 27,12 |
| [3] - | 30,14 | 2,20 | 30,14 | 35,61 | 28,61 | 36,44 | 32,5 | 39,7 | 42 | 32-35 | 36,26 | 36,04 | 30,39 | 39,55 |
| [4] - | 147 | 2,40 | 147 | 69 | 62 | 69,16 | 34,73 | 10,65 | 42 | >38 | 61,96 | 71,1 | 36,14 | 69,22 |

Modulo di Young (Mpa)

| | 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] - | 11,97 | 1,40 | 11,97 | 24,22 | 9,39 | 13,92 | 26,46 | 13,22 |
| [2] - | 7,35 | 1,80 | 7,35 | --- | 5,77 | --- | --- | --- |
| [3] - | 30,14 | 2,20 | 30,14 | 38,43 | 23,65 | 34,95 | 39,82 | 22,13 |
| [4] - | 147 | 2,40 | 147 | 84,87 | 115,33 | 170,17 | 125,77 | 79,43 |

Modulo Edometrico (Mpa)

| | 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] - | 11,97 | 1,40 | 11,97 | 7,04 | 5,10 | 8,33 | 8,96 |
| [2] - | 7,35 | 1,80 | 7,35 | --- | 4,17 | 5,12 | 6,94 |
| [3] - | 30,14 | 2,20 | 30,14 | 17,73 | 8,76 | 20,99 | 16,91 |
| [4] - | 147 | 2,40 | 147 | 86,49 | 32,30 | 102,35 | 68,02 |

Classificazione AGI

| | NSPT | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione | Classificazione AGI |
|---|---|---|---|---|---|
| [1] - | 11,97 | 1,40 | 11,97 | Classificazione A.G.I | MODERATAMENTE ADDENSATO |
| [2] - | 7,35 | 1,80 | 7,35 | Classificazione A.G.I | POCO ADDENSATO |
| [3] - | 30,14 | 2,20 | 30,14 | Classificazione A.G.I | ADDENSATO |
| [4] - | 147 | 2,40 | 147 | Classificazione A.G.I | MOLTO ADDENSATO |

Peso unita' di volume

| | NSPT | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione | Peso Unita' di Volume (KN/m³) |
|---|---|---|---|---|---|
| [1] - | 11,97 | 1,40 | 11,97 | Terzaghi-Peck 1948 | 14,73 |
| [2] - | 7,35 | 1,80 | 7,35 | Terzaghi-Peck 1948 | 14,16 |
| [3] - | 30,14 | 2,20 | 30,14 | Terzaghi-Peck 1948 | 16,66 |
| [4] - | 147 | 2,40 | 147 | Terzaghi-Peck 1948 | 16,46 |

Peso unita' di volume saturo

| | NSPT | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione | Peso Unita' Volume Saturo (KN/m³) |
|---|---|---|---|---|---|
| [1] - | 11,97 | 1,40 | 11,97 | Terzaghi-Peck 1948 | 18,98 |
| [2] - | 7,35 | 1,80 | 7,35 | Terzaghi-Peck 1948 | 18,62 |
| [3] - | 30,14 | 2,20 | 30,14 | Terzaghi-Peck 1948 | 20,17 |
| [4] - | 147 | 2,40 | 147 | Terzaghi-Peck 1948 | 19,96 |

Modulo di Poisson

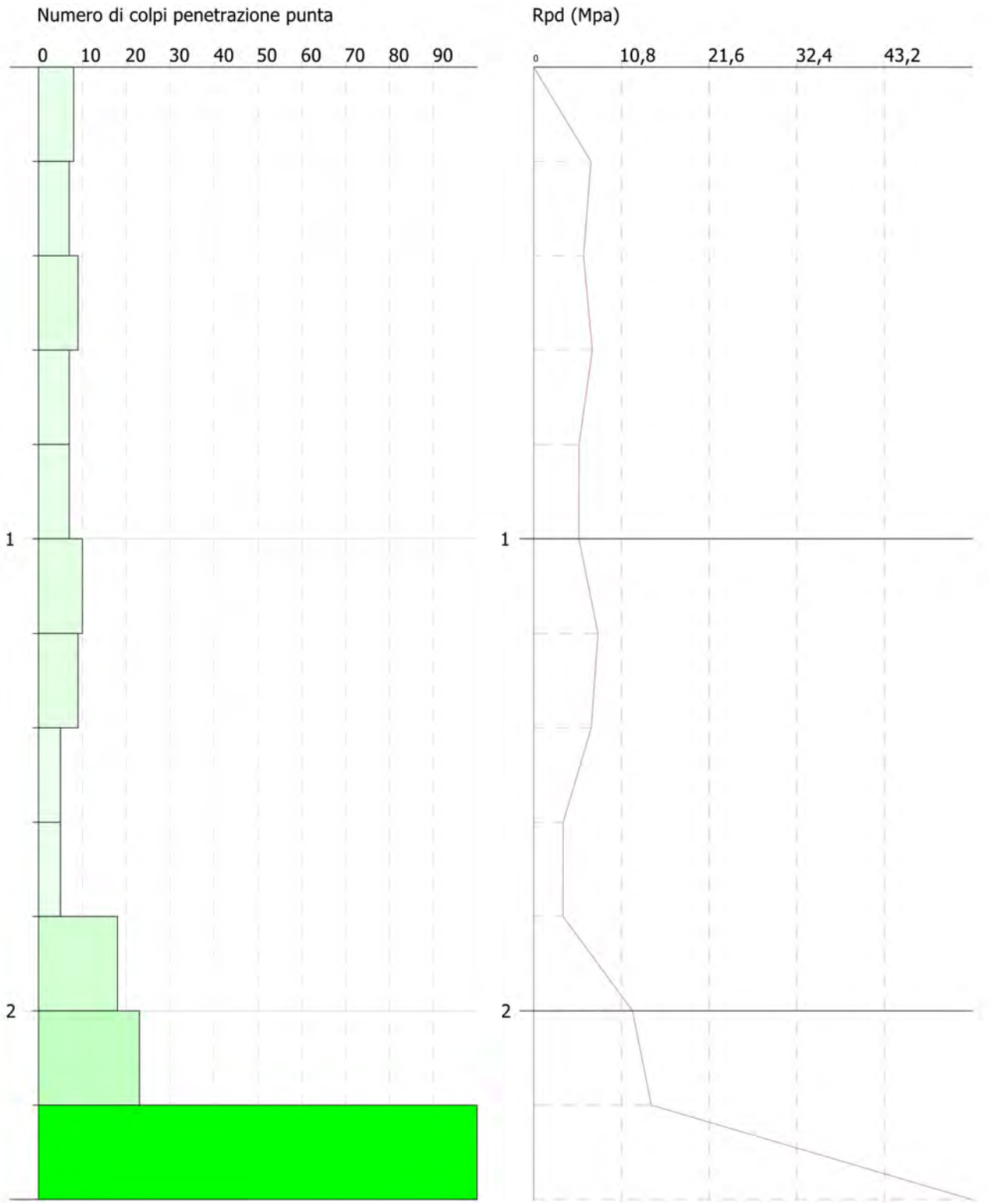
| | NSPT | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione | Poisson |
|---|---|---|---|---|---|
| [1] - | 11,97 | 1,40 | 11,97 | (A.G.I.) | 0,33 |
| [2] - | 7,35 | 1,80 | 7,35 | (A.G.I.) | 0,34 |
| [3] - | 30,14 | 2,20 | 30,14 | (A.G.I.) | 0,29 |
| [4] - | 147 | 2,40 | 147 | (A.G.I.) | 0,06 |

Modulo di deformazione a taglio dinamico (Mpa)

| | NSPT | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Ohsaki (Sabbie pulite) | Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982) |
|---|---|---|---|---|---|
| [1] - | 11,97 | 1,40 | 11,97 | 65,74 | 55,87 |
| [2] - | 7,35 | 1,80 | 7,35 | 41,57 | 41,47 |
| [3] - | 30,14 | 2,20 | 30,14 | 156,61 | 98,22 |
| [4] - | 147 | 2,40 | 147 | 694,56 | 258,62 |

Velocita' onde di taglio

| | NSPT | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione | Velocita' onde di taglio (m/s) |
|---|---|---|---|---|---|
| [1] - | 11,97 | 1,40 | 11,97 | Ohta & Goto (1978) Limi | 98,12 |
| [2] - | 7,35 | 1,80 | 7,35 | Ohta & Goto (1978) Limi | 105,78 |
| [3] - | 30,14 | 2,20 | 30,14 | Ohta & Goto (1978) Limi | 140,97 |
| [4] - | 147 | 2,40 | 147 | Ohta & Goto (1978) Limi | 190,49 |


Numero di colpi penetrazione punta
0
10
20
30
40
50
60
70
80
90
1
2
Rpd (Mpa)
0
10,8
21,6
32,4
43,2
1
2




Prova PD/2: postazione



Prova PD/2: punta a recupero

**PROVA PD/3**

Strumento utilizzato DPSH TG 63-200 PAGANI
Profondita' prova 2,20 mt

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

| Profondita' (m) | Nr. Colpi | Calcolo coeff. riduzione sonda Chi | Res. dinamica ridotta (Mpa) | Res. dinamica (Mpa) | Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (KPa) | Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (KPa) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 0,20 | 12 | 0,855 | 10,57 | 12,36 | 528,37 | 618,25 |
| 0,40 | 16 | 0,801 | 13,20 | 16,49 | 660,10 | 824,33 |
| 0,60 | 13 | 0,797 | 9,80 | 12,29 | 489,92 | 614,70 |
| 0,80 | 11 | 0,843 | 8,77 | 10,40 | 438,65 | 520,13 |
| 1,00 | 11 | 0,840 | 8,74 | 10,40 | 436,78 | 520,13 |
| 1,20 | 10 | 0,836 | 7,91 | 9,46 | 395,43 | 472,85 |
| 1,40 | 9 | 0,833 | 7,09 | 8,51 | 354,44 | 425,56 |
| 1,60 | 10 | 0,830 | 7,25 | 8,74 | 362,45 | 436,93 |
| 1,80 | 15 | 0,776 | 10,18 | 13,11 | 508,80 | 655,39 |
| 2,00 | 55 | 0,623 | 29,95 | 48,06 | 1497,57 | 2403,10 |
| 2,20 | 100 | 0,620 | 54,19 | 87,39 | 2709,49 | 4369,27 |

| Prof. Strato (m) | NPDM | Rd (Mpa) | Tipo | Clay Fraction (%) | Peso unita' di volume (KN/m³) | Peso unita' di volume saturo (KN/m³) | Tensione efficace (KPa) | Coeff. di correlaz. con Nspt | NSPT |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1,8 | 11,89 | 11,31 | Incoerente - coesivo | 0 | 20,5 | 22,56 | 18,45 | 1,47 | 17,48 |
| 2,2 | 77,5 | 67,72 | Incoerente - coesivo | 0 | 24,52 | 24,52 | 41,8 | 1,47 | 113,93 |

## STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA PD/3

TERRENI COESIVI

Coesione non drenata (KPa)

| | NSPT | Prof. Strato (m) | Terzaghi-Peck | Sanglerat | Terzaghi-Peck (1948) | U.S.D.M.S.M | Schmertmann 1975 | SUNDA (1983) Benassi e Vannelli | Fletcher (1965) Argilla di Chicago | Houston (1960) | Shioi - Fukui 1982 | Begemann | De Beer |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| [1] - | 17,48 | 1,80 | 115,72 | 214,28 | 98,07 - 196,13 | 66,98 | 169,36 | 339,31 | 147,00 | 181,13 | 85,71 | 279,78 | 214,28 |
| [2] - | 113,93 | 2,20 | 754,13 | 1396,56 | 0,00 | 301,75 | 1128,65 | 2031,64 | 558,88 | 1621,04 | 558,59 | 1956,62 | 1396,56 |

Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)

| | NSPT | Prof. Strato (m) | Correlazione | Qc (Mpa) |
|---|---|---|---|---|
| [1] - | 17,48 | 1,80 | Robertson (1983) | 3,43 |
| [2] - | 113,93 | 2,20 | Robertson (1983) | 22,35 |

Modulo Edometrico (Mpa)

| | NSPT | Prof. Strato (m) | Stroud e Butler (1975) | Vesic (1970) | Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner | Buisman-Sanglerat |
|---|---|---|---|---|---|---|
| [1] - | 17,48 | 1,80 | 7,86 | -- | 17,66 | 17,14 |
| [2] - | 113,93 | 2,20 | 51,26 | -- | 114,13 | 111,73 |

Modulo di Young (Mpa)

| | NSPT | Prof. Strato (m) | Schultze | Apollonia |
|---|---|---|---|---|
| [1] - | 17,48 | 1,80 | 17,71 | 17,14 |
| [2] - | 113,93 | 2,20 | 126,49 | 111,73 |

Classificazione AGI

| | NSPT | Prof. Strato (m) | Correlazione | Classificazione |
|---|---|---|---|---|
| [1] - | 17,48 | 1,80 | A.G.I. (1977) | MOLTO CONSISTENTE |
| [2] - | 113,93 | 2,20 | A.G.I. (1977) | ESTREM. CONSISTENTE |

Peso unita' di volume

| | NSPT | Prof. Strato (m) | Correlazione | Peso unita' di volume ($KN/m^3$) |
|---|---|---|---|---|
| [1] - | 17,48 | 1,80 | Meyerhof | 20,50 |
| [2] - | 113,93 | 2,20 | Meyerhof | 24,52 |

Peso unita' di volume saturo

| | NSPT | Prof. Strato (m) | Correlazione | Peso unita' di volume saturo ($KN/m^3$) |
|---|---|---|---|---|
| [1] - | 17,48 | 1,80 | Meyerhof | 22,56 |
| [2] - | 113,93 | 2,20 | Meyerhof | 24,52 |

# TERRENI INCOERENTI

Densita' relativa

| | NSPT | Prof. Strato (m) | Gibbs & Holtz 1957 | Meyerhof 1957 | Schultze & Menzenbach (1961) | Skempton 1986 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| [1] - | 17,48 | 1,80 | 49,83 | 93,16 | 100 | 47,3 |
| [2] - | 113,93 | 2,20 | 98,8 | 100 | 100 | 100 |

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] - | 17,48 | 1,80 | 17,48 | 31,99 | 24,99 | 32,89 | 33,26 | 36,29 | 41,04 | 30-32 | 31,19 | 32,24 | 29,13 | 33,7 |
| [2] - | 113,93 | 2,20 | 113,93 | 59,55 | 52,55 | 59,9 | 34,52 | 29,96 | 42 | >38 | 56,34 | 61,18 | 35,33 | 62,73 |

Modulo di Young (Mpa)

| | 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] - | 17,48 | 1,80 | 17,48 | 29,27 | 13,71 | 20,30 | 30,51 | 15,93 |
| [2] - | 113,93 | 2,20 | 113,93 | 74,72 | 89,38 | 131,91 | 101,45 | 63,22 |

Modulo Edometrico (Mpa)

| | 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] - | 17,48 | 1,80 | 17,48 | 10,29 | 6,21 | 12,17 | 11,37 |
| [2] - | 113,93 | 2,20 | 113,93 | 67,04 | 25,64 | 79,33 | 53,56 |

Classificazione AGI

| | NSPT | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione | Classificazione AGI |
|---|---|---|---|---|---|
| [1] - | 17,48 | 1,80 | 17,48 | Classificazione A.G.I | MODERATAMENTE ADDENSATO |
| [2] - | 113,93 | 2,20 | 113,93 | Classificazione A.G.I | MOLTO ADDENSATO |

Peso unita' di volume

| | NSPT | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione | Peso Unita' di Volume (KN/m³) |
|---|---|---|---|---|---|
| [1] - | 17,48 | 1,80 | 17,48 | Terzaghi-Peck 1948 | 15,37 |
| [2] - | 113,93 | 2,20 | 113,93 | Terzaghi-Peck 1948 | 18,74 |

Peso unita' di volume saturo

| | NSPT | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione | Peso Unita' Volume Saturo (KN/m³) |
|---|---|---|---|---|---|
| [1] - | 17,48 | 1,80 | 17,48 | Terzaghi-Peck 1948 | 19,37 |
| [2] - | 113,93 | 2,20 | 113,93 | Terzaghi-Peck 1948 | 21,41 |

Modulo di Poisson

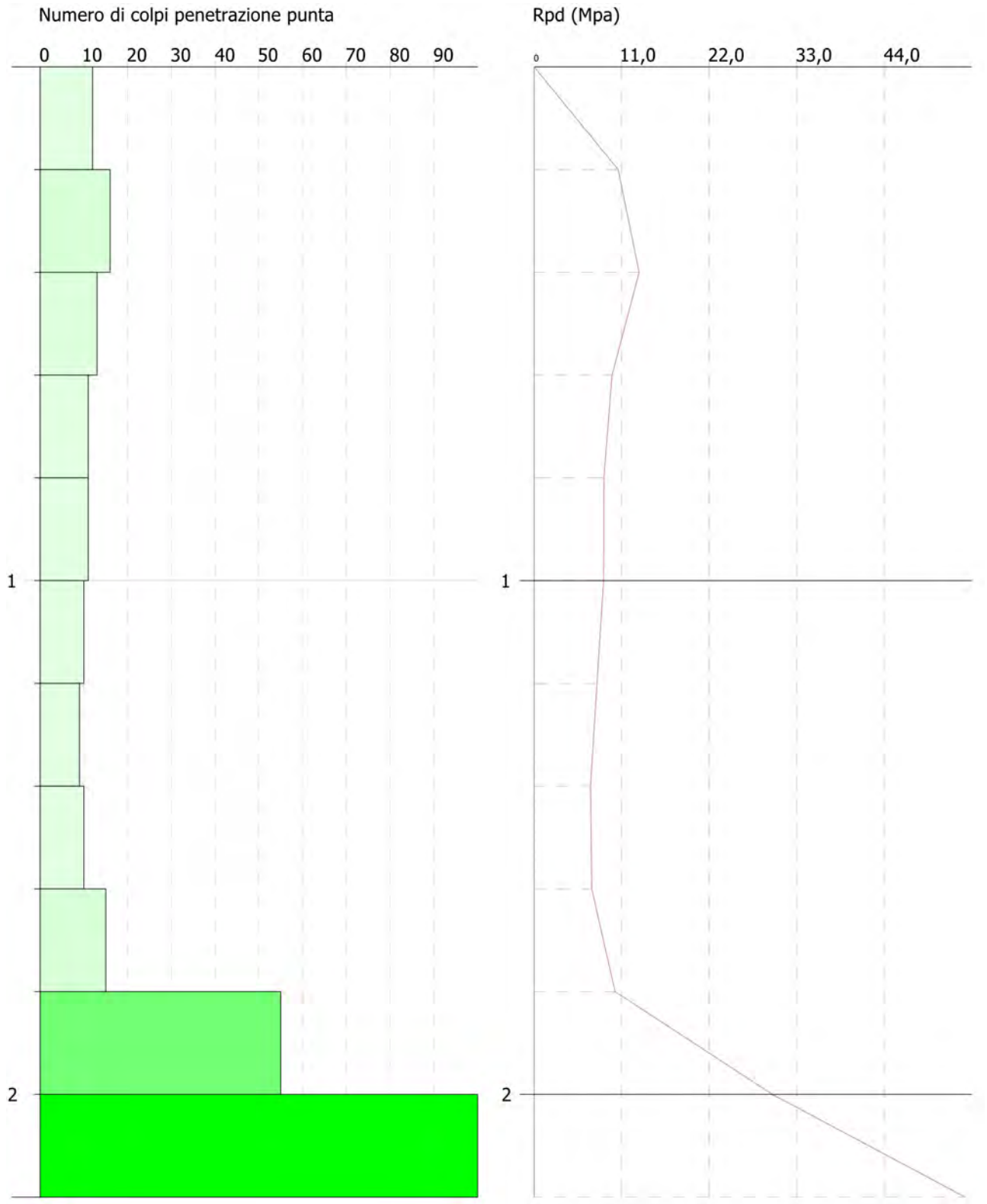
| | NSPT | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione | Poisson |
|---|---|---|---|---|---|
| [1] - | 17,48 | 1,80 | 17,48 | (A.G.I.) | 0,32 |
| [2] - | 113,93 | 2,20 | 113,93 | (A.G.I.) | 0,12 |

Modulo di deformazione a taglio dinamico (Mpa)

| | NSPT | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Ohsaki (Sabbie pulite) | Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982) |
|---|---|---|---|---|---|
| [1] - | 17,48 | 1,80 | 17,48 | 93,85 | 70,41 |
| [2] - | 113,93 | 2,20 | 113,93 | 546,61 | 221,33 |

Velocita' onde di taglio

| | NSPT | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione | Velocita' onde di taglio (m/s) |
|---|---|---|---|---|---|
| [1] - | 17,48 | 1,80 | 17,48 | Ohta & Goto (1978) Limi | 109,96 |
| [2] - | 113,93 | 2,20 | 113,93 | Ohta & Goto (1978) Limi | 177,43 |


Numero di colpi penetrazione punta
0
10
20
30
40
50
60
70
80
90
1
2
Rpd (Mpa)
0
11,0
22,0
33,0
44,0
1
2




Prova PD/3: postazione



Prova PD/3: punta a recupero

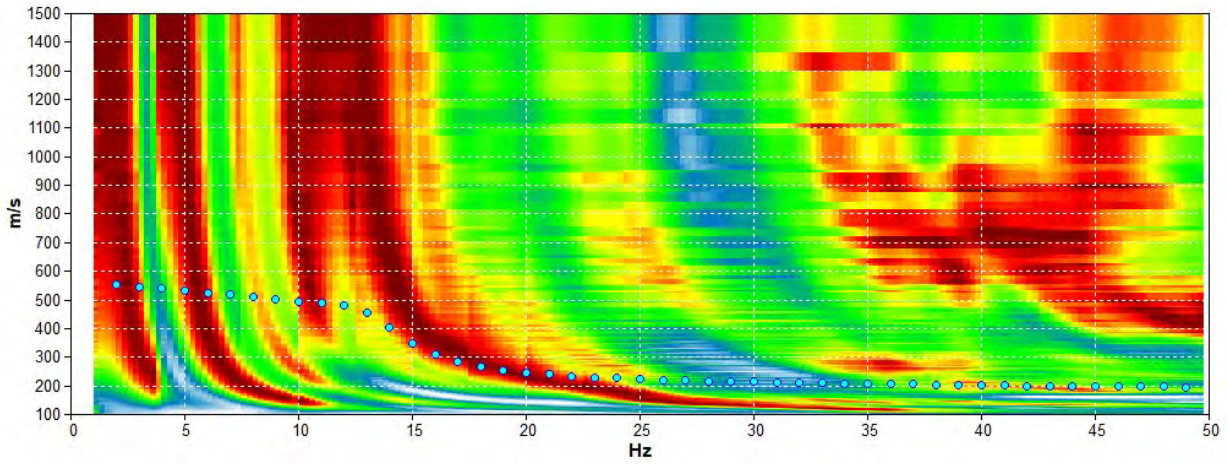
## MASW VADO DI SOLE, [Z] SP80 CASTEL DEL MONTE

Start recording: 05/09/2025 12:41:33 End recording: 05/09/2025 12:47:33
Trace length: 0h00'02".
Sampling rate: 512 Hz

Channel labels: B1 ; B2 ; B3 ; B4 ; B5 ; B6 ; B7 ; B8 ; B9 ; B10 ; B11 ; B12 ; B13 ; B14 ; B15 ; B16 ; B17 ; B18 ; B19 ; B20 ; B21 ; B22 ; B23 ; B24

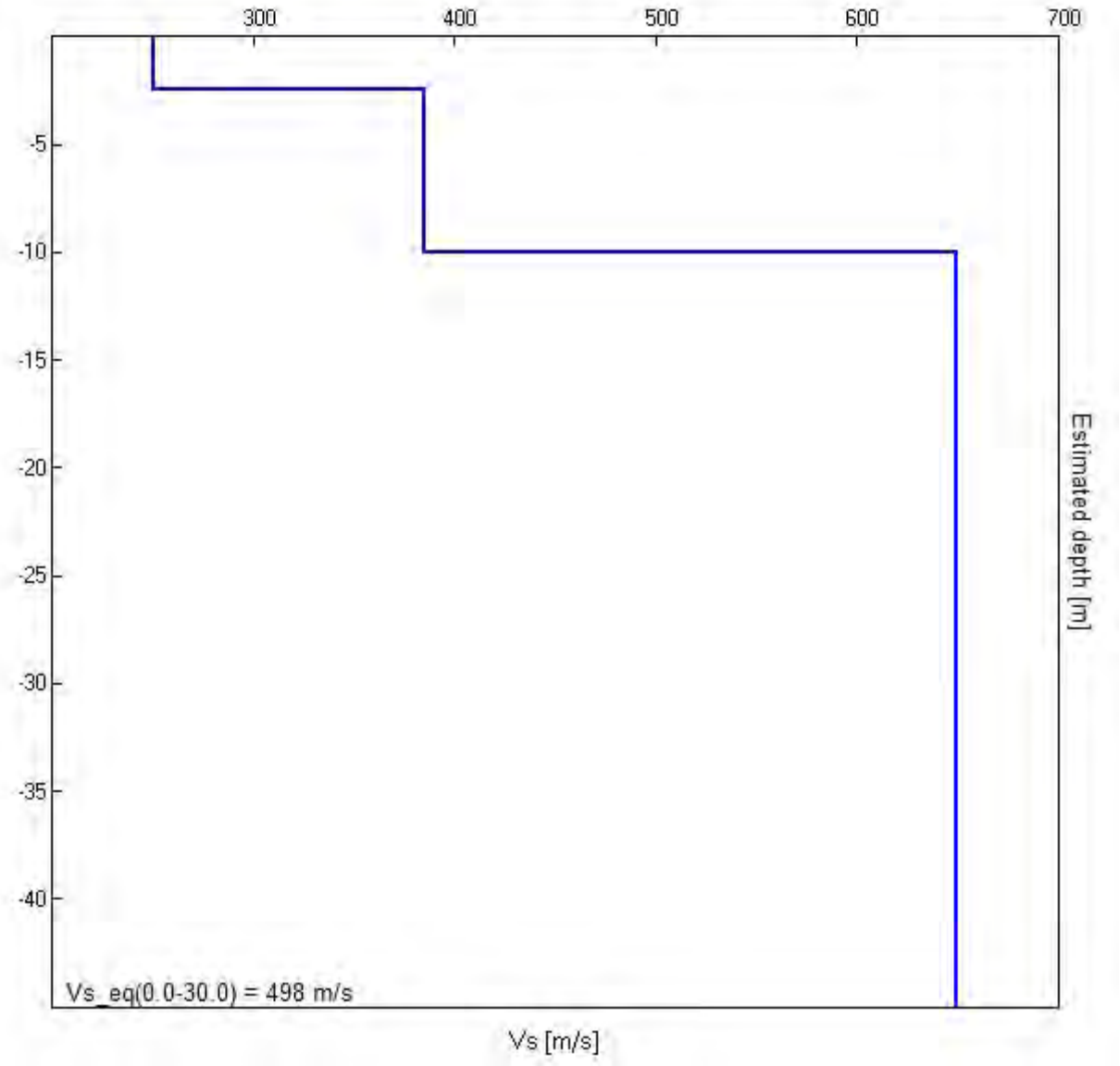
Array geometry (x): 0.0 2.0 4.0 6.0 8.0 10.0 12.0 14.0 16.0 18.0 20.0 22.0 24.0 26.0 28.0 30.0 32.0 34.0 36.0 38.0 40.0 42.0 44.0 46.0 48.0 m.

MODELLED RAYLEIGH WAVE PHASE VELOCITY DISPERSION CURVE




| Depth at the bottom of the layer [m] | Thickness [m] | Vs [m/s] | Poisson ratio |
|---|---|---|---|
| 2.50 | 2.50 | 250 | 0.42 |
| 10.00 | 7.50 | 385 | 0.42 |
| 40.00 | 30.00 | 650 | 0.42 |
| inf. | inf. | 650 | 0.42 |

Vs_eq(0.0-30.0) = 498 m/s


300
400
500
600
700
-5
-10
-15
-20
-25
-30
-35
-40
Estimated depth [m]
Vs_eq(0.0-30.0) = 498 m/s
Vs [m/s]

# COMUNE DI L'AQUILA

(PROVINCIA DI L'AQUILA)

COMMITTENTE:

**PROVINCIA DELL'AQUILA**

OGGETTO:

## INTERVENTI DI MESSA IN SICUREZZA E DI ADEGUAMENTO FUNZIONALE DELLE STRADE PROVINCIALI

## INTERVENTO FUNZIONALE 3.2: SP80 VADO DI SOLE

# RILIEVO GEOMECCANICO SP80

TECNOSOIL ENGINEERING s.r.l.

Il Relatore
Dott. Geol. Eustachio Pietromartire

Dott. Geol. PIETROMARTIRE EUSTACHIO
ORDINE DEI GEOLOGI REGIONE ABRUZZO n. 69

## SOMMARIO

**1.0 RILEVAMENTO GEOSTRUTTURALE ..... 2**

1.1 Martello di Schmidt ..... 5

1.2 Bussola di Brunton com – pro 5008 ..... 5

1.3 Pettine di Burton ..... 6

1.4 Point Load Test ..... 6

2.0 LA CLASSIFICAZIONE GEOMECCANICA DELL'AMMASSO ROCCIOSO ..... 7

2.1 SCHEDA RILEVAMENTO GEOMECCANICO – STOP 01-SP80-VADO DI SOLE ..... 12

3.0 CONCLUSIONI ..... 16



Via SPOLTORE (PESCARA) - Via Fontevecchia n°4 - tel./fax 085/412875 - P.IVA 00929310688 - email info@tecnosoil.it

## 1.0 RILEVAMENTO GEOSTRUTTURALE

Nell'ambito dello studio geologico al fine di valutare la stabilità dei versanti lungo la SP86-Del Vasto, è stato eseguito un rilievo geomeccanico dettagliato, in corrispondenza delle aree maggiormente sensibili a fenomeni di instabilità, al fine di caratterizzare le condizioni geologiche, strutturali e meccaniche degli ammassi rocciosi affioranti in prossimità del tracciato stradale.

L'attività di rilievo ha previsto l'ispezione visiva e l'analisi diretta degli affioramenti rocciosi presenti lungo i versanti interessati, con particolare attenzione alle discontinuità geologiche (fratture, diaclasi, piani di stratificazione e/o scistosità), al fine di:

- Individuare e classificare i principali sistemi di discontinuità presenti;
- Rilevare orientamento (direzione e immersione), spaziatura, continuità, apertura, presenza di riempimenti e condizioni di alterazione delle superfici;
- Valutare la qualità dell'ammasso roccioso attraverso l'applicazione di metodi di classificazione geomeccanica (es. RMR – Rock Mass Rating, GSI – Geological Strength Index, ecc.);
- Identificare eventuali cinematismi di instabilità attivi o potenziali, sia di tipo planare che cuneiforme o toppling;
- Supportare la progettazione di interventi di consolidamento o messa in sicurezza laddove necessario.

I rilievi geomeccanici sono stati dunque effettuati per la caratterizzazione della matrice rocciosa e dei principali sistemi di discontinuità, dove per discontinuità si intende una qualsiasi interruzione di continuità (fratture, piani di stratificazione, piani di scistosità ecc.) che può determinare una modificazione della resistenza di un ammasso roccioso. I parametri si possono distinguere in due principali categorie, ovvero geometrici e meccanici.

Di seguito vengono riportati i principali parametri e indici geometrici previsti per la caratterizzazione geomeccanica di un ammasso roccioso secondo le indicazioni I.S.R.M. (1978, 1985, 1993):

- **Orientazione**: è la posizione della discontinuità nello spazio. Viene descritta dalla direzione di immersione e dall'inclinazione della linea di massima pendenza del piano di discontinuità.
- **Spaziatura**: è la distanza tra discontinuità adiacenti misurata in direzione ortogonale alle discontinuità stesse.
- **Persistenza**: è la lunghezza della traccia della discontinuità osservata in affioramento. Le discontinuità si distinguono in funzione della loro terminazione: discontinuità che si



Via SPOLTORE (PESCARA) - Via Fontevecchia n°4 - tel./fax 085/412875 - P.IVA 00929310688 - email info@tecnosoil.it

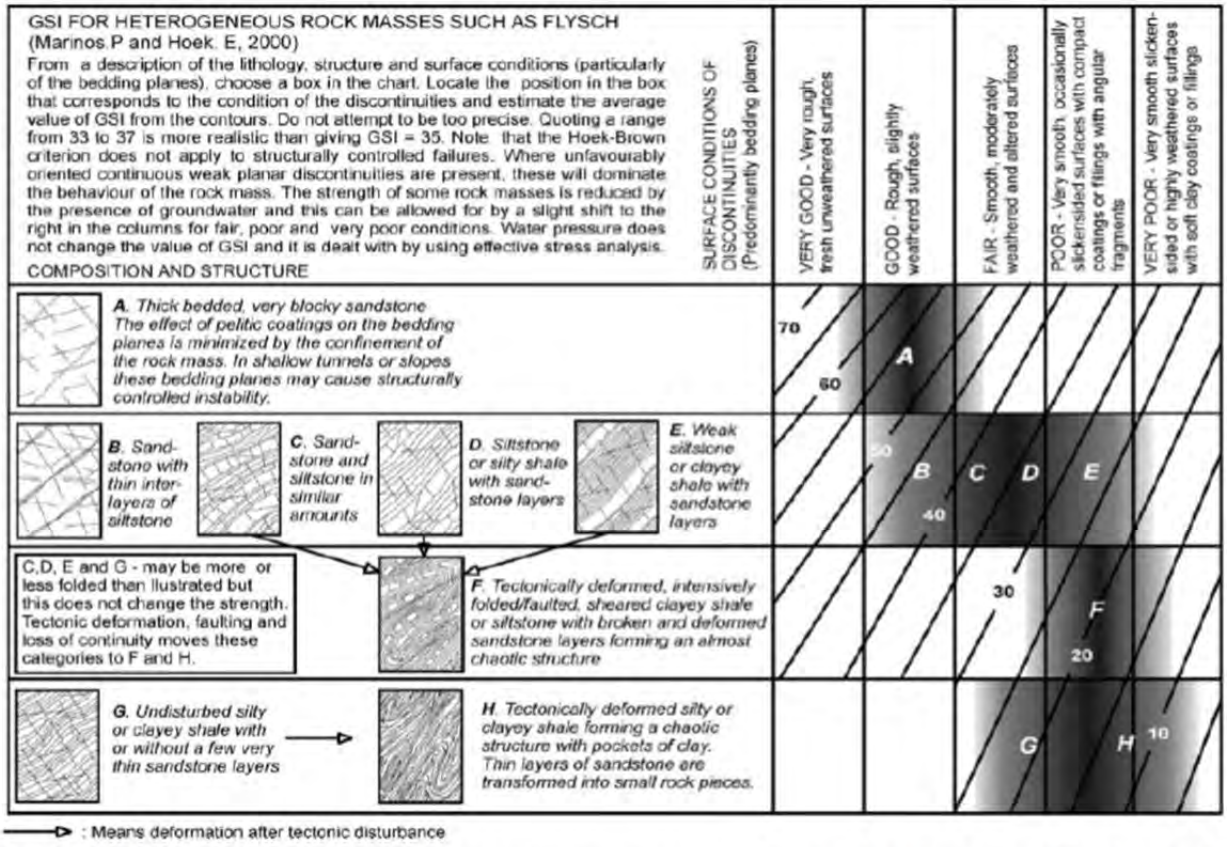
estendono al di fuori della roccia esposta (X), discontinuità che terminano nella roccia esposta (R) e discontinuità che terminano contro altre discontinuità (D).

- **Scabrezza**: è la rugosità e l'ondulazione delle superfici di una discontinuità relativamente al piano medio delle discontinuità. La rugosità e il suo andamento morfologico contribuiscono alla resistenza di taglio.
- **Apertura**: è la distanza perpendicolare che separa le pareti di una discontinuità aperta il cui spazio è riempito da aria o da acqua.
- **Ampiezza**: è la distanza perpendicolare che separa le pareti di una discontinuità aperta il cui spazio è riempito di materiale localmente dilavato.
- **Riempimento**: è il materiale che separa le pareti adiacenti di una discontinuità e che solitamente presenta caratteristiche meccaniche differenti rispetto all'ammasso principale.
- **Alterazione**: indica il grado di alterazione delle discontinuità che talvolta possono essere decomposte o disgregate.
- **Condizioni idriche**: indica la presenza di un flusso d'acqua o di abbondante umidità visibili nelle singole discontinuità o nella massa rocciosa nel suo insieme.
- **Indice della dimensione dei blocchi $I_b$**: è un indice che rappresenta le dimensioni medie dei blocchi tipo misurate sull'affioramento.
- **Numero volumetrico delle discontinuità Jv**: è un parametro che rappresenta il numero totale delle discontinuità che intercettano un'unità di volume (1 m3) dell'ammasso roccioso.

A partire dai dati geostrutturali è poi possibile associare ad ogni affioramento un valore di GSI (Geological Strenght Index), ovvero un indice che valuta la riduzione di resistenza di un ammasso in differenti condizioni geologiche. Il GSI viene valutato attraverso un grafico (Tab. 1) dove i caratteri strutturali dell'ammasso in termini di grado di fratturazione e disturbo tettonico sono intercorrelati con le caratteristiche della superficie delle discontinuità in termini di rugosità, alterazione e riempimento della frattura (Hoek e Brown, 1997).



Via SPOLTORE (PESCARA) - Via Fontevecchia n°4 - tel./fax 085/412875 - P.IVA 00929310688 - email info@tecnosoil.it




*Tab. 1 - GSI per ammassi rocciosi eterogenei come flysch (da Marinos e Hoek, 2001).*

Di seguito vengono riportati invece i principali parametri meccanici previsti dalle indicazioni I.S.R.M. (1978, 1985, 1993):

- **Resistenza delle pareti delle discontinuità:** è la resistenza a compressione equivalente dei lembi affacciati di una discontinuità. Può essere minore della resistenza della matrice rocciosa per l'esposizione agli agenti atmosferici e per l'alterazione delle pareti. Quando non sono applicabili le prove convenzionali (es. sclerometro di Schmidt) si effettuano prove di indice manuale che permettono di saggiare un gran numero di discontinuità fornendo una descrizione più rappresentativa delle condizioni delle pareti.
- **Resistenza della matrice rocciosa:** è il valore corrispondente allo sforzo di rottura per un campione di roccia sottoposto a compressione monoassiale senza confinamento. La resistenza a compressione semplice viene stimata mediante indici ottenuti in campagna con la prova di carico puntuale Point Load Test (PLT).



Via SPOLTORE (PESCARA) - Via Fontevecchia n°4 - tel./fax 085/412875 - P.IVA 00929310688 - email info@tecnosoil.it

| CLASSE | DESCRIZIONE | IDENTIFICAZIONE | U.C.S. (MPa) |
|---|---|---|---|
| **R0** | ROCCIA ESTREM. DEBOLE | Scalfita dall'unghia | 0,25 - 1 MPa |
| **R1** | ROCCIA MOLTO DEBOLE | Si sbriciola sotto i colpi della punta del martello; si graffia col coltello | 1 - 5 MPa |
| **R2** | ROCCIA DEBOLE | Graffiata con difficoltà dal coltello; piccole scalfiture provocate da colpi con la punta del martello | 5 - 25 MPa |
| **R3** | ROCCIA MED. RESISTENTE | La roccia si frattura con un colpo di martello | 25 - 50 MPa |
| **R4** | ROCCIA RESISTENTE | Richiede più di un colpo di martello per fratturarsi | 50 - 100 MPa |
| **R5** | ROCCIA MOLTO RESISTENTE | Richiede molti colpi di martello per fratturarsi | 100 - 200 MPa |
| **R6** | ROCCIA ESTR. RESISTENTE | Si scheggia solamente col martello | > 200 MPa |

Tabella standard ISRM (1978) per la valutazione della resistenza a compressione uniassiale.

Molti dei parametri ed indici sopra descritti sono stati ricavati attraverso un'analisi geostrutturale di campagna mediante l'ausilio della seguente strumentazione:

### 1.1 Martello di Schmidt

Il martello di Schmidt, noto come sclerometro, è ampiamente utilizzato come prova non distruttiva e volta a misurare la resistenza dell'ammasso roccioso. Dalla prova si ricava l'indice di rimbalzo R che è possibile correlare alla resistenza a compressione uniassiale (Su) mediante la relazione di Irfan e Dearman (1978):

$$S_u = 0{,}775\ R + 21{,}3$$

### 1.2 Bussola di Brunton com – pro 5008

- Singolo magnete Nd Fe B, più resistente alla smagnetizzazione di un qualsiasi altro magnete; Precisione azimuth: ±½ con gradazioni da 1°; Precisione angolo verticale: ±½ con gradazioni da 1° e lettura da 10 minuti; Misura angolo verticale: da ±90° o 100% gradi; Scala graduata percentuale con incrementi del 5%; Ago di precisione per misure rapide ed accurate; Cuscinetto allo zaffiro per maggiore sensibilità ai piccoli movimenti dell'ago.



Via SPOLTORE (PESCARA) - Via Fontevecchia n°4 - tel./fax 085/412875 - P.IVA 00929310688 - email info@tecnosoil.it

### 1.3 Pettine di Burton

Il pettine di Burton, detto anche profilometro, viene utilizzato per determinare il profilo di rugosità dei giunti, ricavato appoggiandolo sulla superficie della discontinuità, e confrontato poi con alcuni profili standard proposti da Barton & Choubey (1977). Visto che la lunghezza dei profili standard è pari a 10 cm, l'indice JRC fornisce indicazione sulle asperità a scala millimetrica.

### 1.4 Point Load Test

Per meglio caratterizzare l’ammasso roccioso sono stati prelevati blocchi e frammenti di roccia da inviare al laboratorio geotecnico per effettuare prove di carico puntuale (Point Load Test). Da queste ultime, unitamente ai risultati ottenuti dall’esecuzione della prova di Schmidt, è



Via SPOLTORE (PESCARA) - Via Fontevecchia n°4 - tel./fax 085/412875 - P.IVA 00929310688 - email info@tecnosoil.it

## 2.0 LA CLASSIFICAZIONE GEOMECCANICA DELL'AMMASSO ROCCIOSO

Nel quadro delle indagini geotecniche e geomeccaniche eseguite lungo un tratto selezionato della **Strada provinciale SP80-"Vado di Sole"**, è stato effettuato un **rilievo geomeccanico in situ** finalizzato alla caratterizzazione degli ammassi rocciosi affioranti e alla **valutazione della stabilità dei versanti**. L'analisi è stata condotta attraverso la **classificazione geomeccanica RMR** (Rock Mass Rating), nella formulazione proposta da **Z.T. Bieniawski (1989)**.

L'obiettivo del rilievo è stato quello di classificare la qualità dell'ammasso roccioso ai fini della valutazione della stabilità naturale e della progettazione di eventuali opere di consolidamento o protezione. La metodologia RMR "*Rock Mass Rating* (BIENIAWSKI, 1973-1989) impiegata, consente di formulare un giudizio non solo qualitativo ma anche quantitativo sulle caratteristiche globali di un ammasso roccioso mediante l'attribuzione di un punteggio complessivo sulla base di **sei parametri principali**, rilevati direttamente sul campo:

I seguenti parametri sono stati valutati per ciascun punto significativo di rilievo:

1. **Resistenza uniaxiale della roccia (UCS)**
   - Determinata indirettamente mediante martinetti Schmidt (martello di Schmidt, tipo N) e confrontata con letteratura per la litologia affiorante (ad es. calcari compatti, marne, o flysch).
   - Classi RMR da >250 MPa (eccellente) a <1 MPa (molto scarsa).
2. **RQD – Rock Quality Designation**
   - Stimata su base visiva e con l'ausilio di rilievi di scanline nei tratti accessibili.
   - Valori compresi generalmente tra 50% e 90%.
3. **Spaziatura delle discontinuità**
   - Rilevata mediante misurazione diretta su superfici esposte e con approccio statistico nei tratti con sufficiente esposizione.
   - Frequenze da molto ravvicinate (<60 mm) a distanziate (>2 m).
4. **Condizioni delle discontinuità**
   - Valutate su base visiva secondo i sottoparametri: rugosità, apertura, alterazione delle superfici, presenza di riempimenti (argille, calcite, ossidi).
   - Descrizione dettagliata secondo scheda RMR standard.
5. **Condizioni dell'acqua**
   - Presenza o assenza di umidità, stillicidio o flussi d'acqua nelle fratture o tra i letti rocciosi.
   - In linea generale, si sono riscontrate condizioni asciutte o localmente umide.
6. **Orientazione delle discontinuità rispetto al versante** (correzione dell'RMR)
   - Analisi cinematica effettuata con software stereografico (es. DIPS) per identificare geometrie favorevoli a instabilità planari, cuneiformi o ribaltamenti.
   - Correzione negativa dell'RMR nei casi di orientazioni sfavorevoli.

L'analisi geomeccanica è stata eseguita in corrispondenza di tratti in cui si evidenziano morfologie acclivi e condizioni litostratigrafiche potenzialmente critiche, spesso aggravate da



Via SPOLTORE (PESCARA) - Via Fontevecchia n°4 - tel./fax 085/412875 - P.IVA 00929310688 - email info@tecnosoil.it

fenomeni di disgregazione superficiale, alterazione delle rocce e presenza di sistemi di fratture ben sviluppati. L'obiettivo principale del rilievo è stato quello di fornire un quadro tecnico dettagliato delle caratteristiche geomeccaniche dell' ammasso, utile sia per l'interpretazione dei fenomeni d'instabilità in atto o potenziali, sia per la progettazione di eventuali interventi di consolidamento o protezione.

La SP80 si inserisce in un contesto montuoso e la successione stratigrafica è rappresentata dalla presenza di calcari marnosi e marne con intercalazioni torbiditiche che in corrispondenza dei versanti risultano ammantati da depositi di coltre detritica. I depositi calcarei sono caratterizzati da un elevato grado di fratturazione che favorisce l'infiltrazione di acqua che in contesti montuosi, come quello in studio, facilita i fenomeni di gelivazione che destabilizza il già precario stato di equilibrio dell'ammasso roccioso frammentandolo in poliedri in equilibrio precario lungo il pendio.

Nel tratto in studio è stato possibile raccogliere dati significativi sulle caratteristiche litologiche, sulle discontinuità principali, sull'orientazione degli elementi strutturali (giunti, fratture, piani di stratificazione), nonché sul grado di alterazione della roccia e sulla presenza di eventuali segni di instabilità. I dati acquisiti sono stati integrati con osservazioni morfologiche di contesto e con l'analisi di immagini satellitari e ortofotocarte, al fine di fornire un quadro il più possibile rappresentativo delle condizioni geomeccaniche dell'area.

In particolare, le formazioni intercettate nel corso del rilievo geomeccanico risultano costituite da calcareniti e calciruditi sovrastanti depositi di scaglia a (*scaglia rossa*).

Di seguito si riporta la planimetria indicante lo STOP di rilievo geomeccanico eseguito lungo la SP80-VADO DI SOLE:



Via SPOLTORE (PESCARA) - Via Fontevecchia n°4 - tel./fax 085/412875 - P.IVA 00929310688 - email info@tecnosoil.it

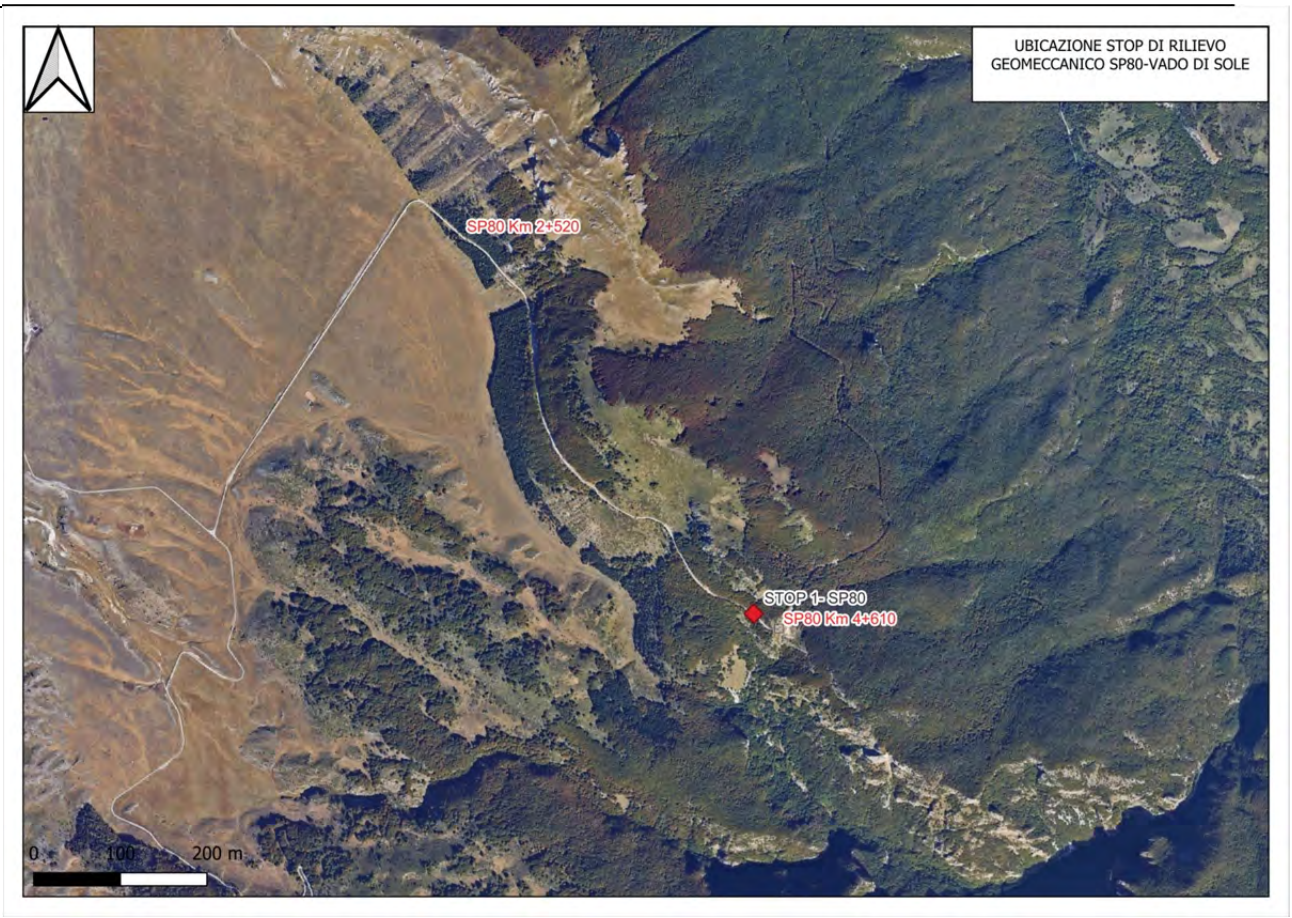



**Figura 1: Ubicazione STOP di rilievo geomeccanico lungo la SP80-VADO DI SOLE.**

L'utilizzo della classificazione RMR ha consentito di:

- Quantificare oggettivamente la qualità geomeccanica dell'ammasso roccioso;
- Fornire parametri geomeccanici dell'ammasso roccioso;
- Guidare la scelta e la progettazione degli interventi di mitigazione del rischio.

I risultati ottenuti del rilievo geomeccanico eseguito sono di seguito riassunti.



Via SPOLTORE (PESCARA) - Via Fontevecchia n°4 - tel./fax 085/412875 - P.IVA 00929310688 - email info@tecnosoil.it

**RILIEVO GEO-STRUTTURALE SP80 VADO DI SOLE**

| STOP | TIPO | DIP DIR | DIP | SPAZIATURA | APERTURA | RUGOSITA' | JRC | ALTERAZIONE | H2O | PERSISTENZA | RIEMPIMENTO | S.HAMMER | JCS |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | ° | ° | cm | mm | Beniawski | | Beniawski | | m | | | Sc Mpa |
| | COORDINATE: 42°23'45,08"N - 13°47'08,35" E | | | | | | | | | | | | |
| STOP 1 | STRATO | 105 | 33 | 20 | 3 | LEGGERMENTE RUGOSA | 4_6 | MEDIAMENTE ALTERATA | ASSENTE | 0,5 | ASSENTE | 48 | 59 |
| | JOINT | 180 | 85 | 40 | 2 | LEGGERMENTE RUGOSA | 4_6 | MEDIAMENTE ALTERATA | ASSENTE | 0,3 | ASSENTE | 35 | 48 |
| | JOINT | 290 | 84 | 40 | 3 | LEGGERMENTE RUGOSA | 8_10 | MEDIAMENTE ALTERATA | ASSENTE | 0,4 | ASSENTE | 30 | 45 |
| | JOINT | 230 | 75 | 50 | 3 | LEGGERMENTE RUGOSA | 8_10 | MEDIAMENTE ALTERATA | ASSENTE | 0,25 | ASSENTE | 28 | 43 |
| | JOINT | 76 | 80 | 50 | 2 | LEGGERMENTE RUGOSA | 6_8 | MEDIAMENTE ALTERATA | ASSENTE | 0,3 | ASSENTE | 25 | 41 |
| | JOINT | 40 | 30 | 60 | 1 | LEGGERMENTE RUGOSA | 8_10 | MEDIAMENTE ALTERATA | ASSENTE | 0,3 | ASSENTE | 23 | 39 |

**Figura 2: Tabella riassuntiva di rilievo geomeccanico eseguito lungo la SP80-VADO DI SOLE**



Via SPOLTORE (PESCARA) - Via Fontevecchia n°4 - tel./fax 085/412875 - P.IVA 00929310688 - email info@tecnosoil.it



**Figura 3: Panoramica affioramento lungo la SP80.**



**Figura 4: Fasi del rilievo geomeccanico lungo la SP80.**



Via SPOLTORE (PESCARA) - Via Fontevecchia n°4 - tel./fax 085/412875 - P.IVA 00929310688 - email info@tecnosoil.it

## 2.1 SCHEDA RILEVAMENTO GEOMECCANICO – STOP 01-SP80-VADO DI SOLE

n corrispondenza dello stop in corrispondenza del tratto maggiormente critico della SP80 così come indicato nella planimetria sopra riportata è stato eseguito un rilievo geomeccanico del quale di seguito si riportano gli stereogrammi e la relativa analisi cinematica:

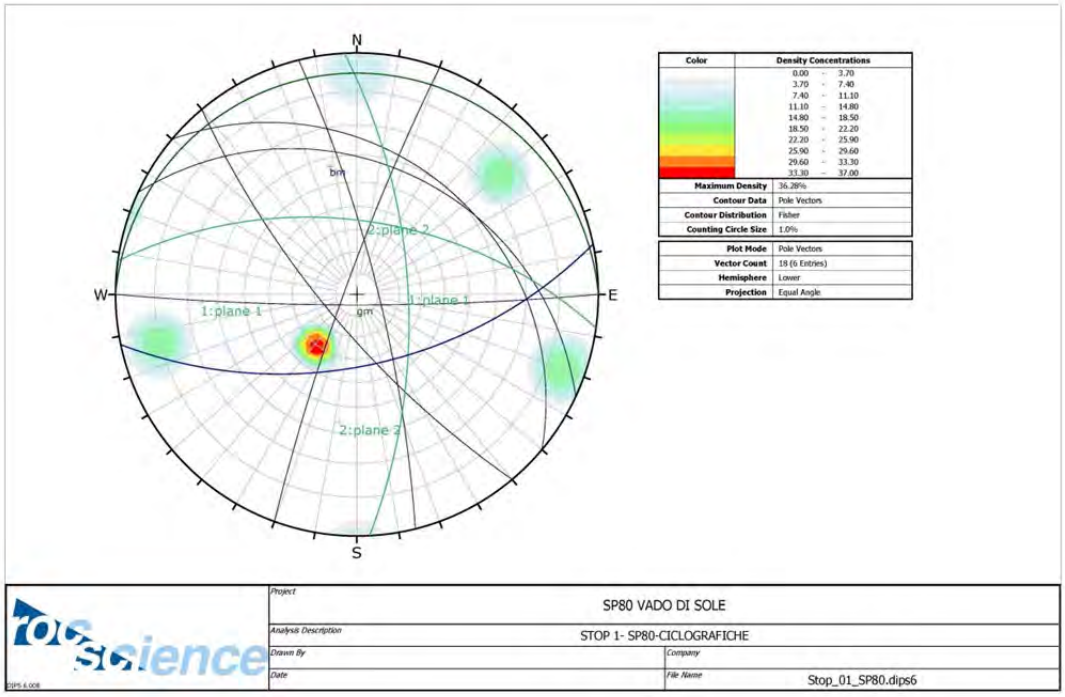



**Figura 5: Ciclografiche STOP SP 80.**

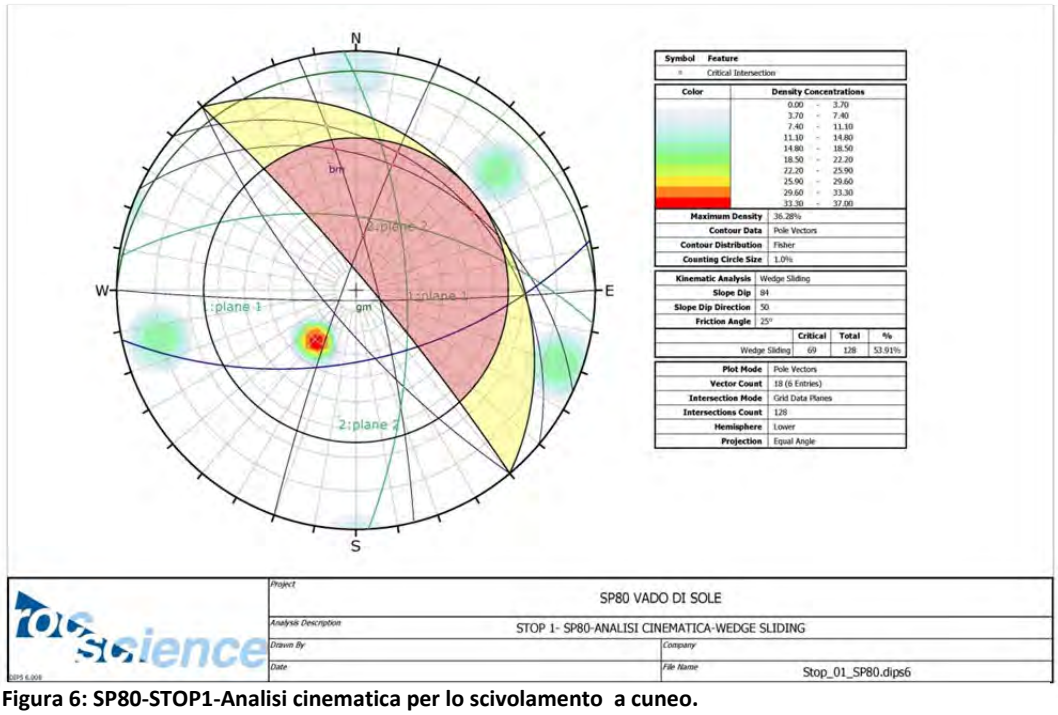



**Figura 6: SP80-STOP1-Analisi cinematica per lo scivolamento a cuneo.**



Via SPOLTORE (PESCARA) - Via Fontevecchia n°4 - tel./fax 085/412875 - P.IVA 00929310688 - email info@tecnosoil.it

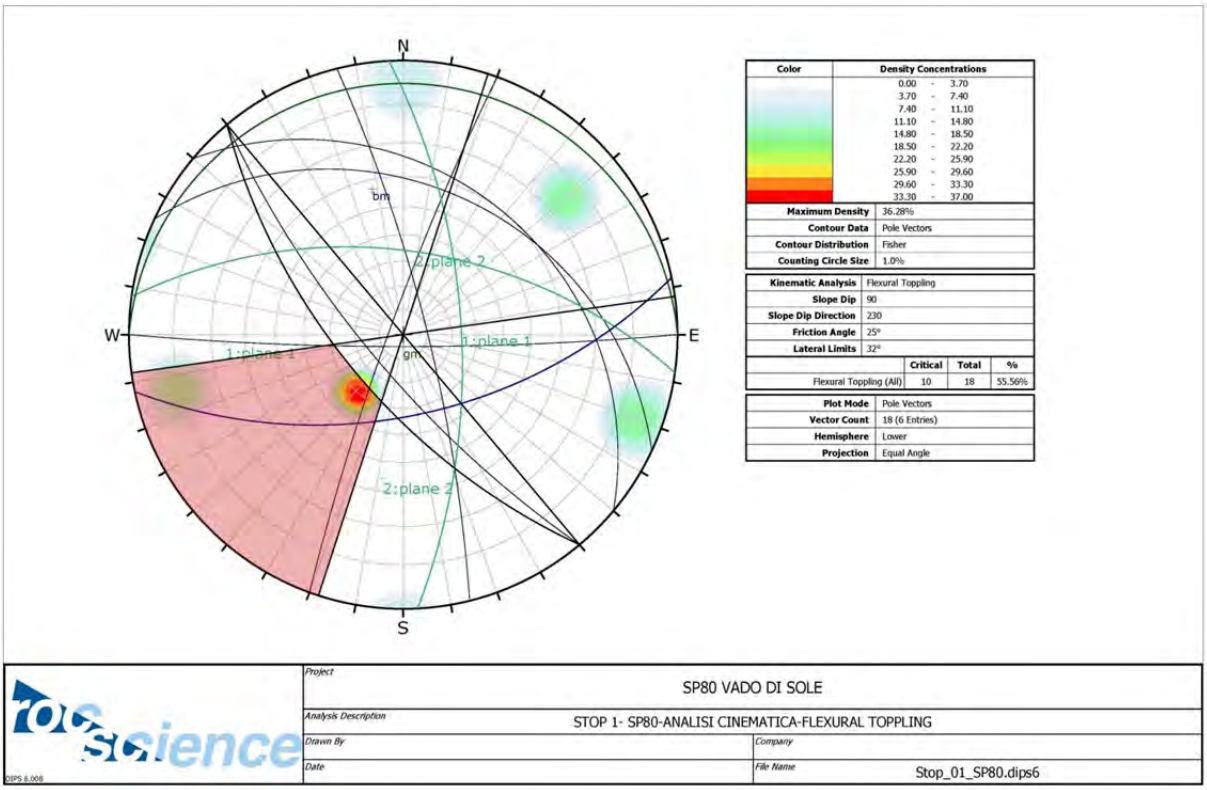



**Figura 7: SP86-STOP1-Analisi cinematica per il ribaltamento flessurale.**

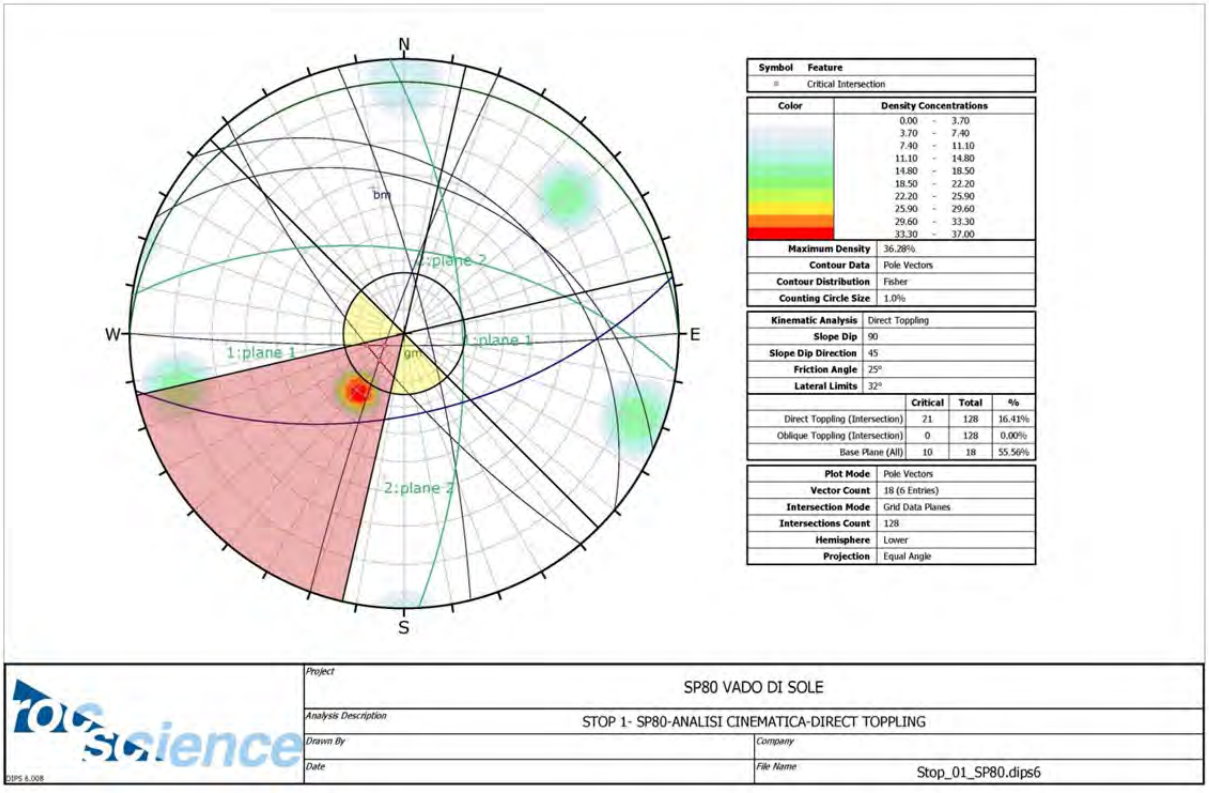



**Figura 8: SP86-STOP1-Analisi cinematica per il ribaltamento di blocchi.**



Via SPOLTORE (PESCARA) - Via Fontevecchia n°4 - tel./fax 085/412875 - P.IVA 00929310688 - email info@tecnosoil.it

Di seguito si riportano i valori assegnati allo STOP 1 per il calcolo dell'RMR secondo la tabella del Sistema di Calssificazione di Bieniawsky (1989) nel quale sono indicati in rosso i valori assegnati all'ammasso roccioso in studio

| A. CLASSIFICATION PARAMETERS AND THEIR RATINGS | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Parameter | | | Range of values | | | | | | |
| A1 | Strength of intact rock material | Point-load strength index | >10 MPa | 4 - 10 MPa | 2 - 4 MPa | 1 - 2 MPa | For this low range - uniaxial compressive test is preferred | | |
| | | Uniaxial comp. strength | >250 MPa | 100 - 250 MPa | 50 - 100 MPa | 25 - 50 MPa | 5 - 25 MPa | 1 - 5 MPa | < 1 MPa |
| | Rating | | 15 | 12 | 7 | 4 | 2 | 1 | 0 |
| A2 | Drill core Quality RQD | | 90% - 100% | 75% - 90% | 50% - 75% | 25% - 50% | < 25% | | |
| | Rating | | 20 | 17 | 13 | 8 | 3 | | |
| A3 | Spacing of discontinuities | | > 2 m | 0.6 - 2 . m | 200 - 600 mm | 60 - 200 mm | < 60 mm | | |
| | Rating | | 20 | 15 | 10 | 8 | 5 | | |
| A4 | Condition of discontinuities (See E) | | Very rough surfaces Not continuous No separation Unweathered wall rock | Slightly rough surfaces Separation < 1 mm Slightly weathered walls | Slightly rough surfaces Separation < 1 mm Highly weathered walls | Slickensided surfaces or Gouge < 5 mm thick or Separation 1-5 mm Continuous | Soft gouge >5 mm thick or Separation > 5 mm Continuous | | |
| | Rating | | 30 | 25 | 20 | 10 | 0 | | |
| A5 | Groundwater | Inflow per 10 m tunnel length (l/m) | None | < 10 | 10 - 25 | 25 - 125 | > 125 | | |
| | | (Joint water press)/ (Major principal σ) | 0 | < 0.1 | 0.1, - 0.2 | 0.2 - 0.5 | > 0.5 | | |
| | | General conditions | Completely dry | Damp | Wet | Dripping | Flowing | | |
| | Rating | | 15 | 10 | 7 | 4 | 0 | | |

| B. RATING ADJUSTMENT FOR DISCONTINUITY ORIENTATIONS (See F) | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Strike and dip orientations | | Very favourable | Favourable | Fair | Unfavourable | Very Unfavourable |
| Ratings | Tunnels & mines | 0 | -2 | -5 | -10 | -12 |
| | Foundations | 0 | -2 | -7 | -15 | -25 |
| | Slopes | 0 | -5 | -25 | -50 | |

| C. ROCK MASS CLASSES DETERMINED FROM TOTAL RATINGS | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Rating | 100 ← 81 | 80 ← 61 | 60 ← 41 | 40 ← 21 | < 21 | |
| Class number | I | II | III | IV | V | |
| Description | Very good rock | Good rock | Fair rock | Poor rock | Very poor rock | |

| D. MEANING OF ROCK CLASSES | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Class number | I | II | III | IV | V |
| Average stand-up time | 20 yrs for 15 m span | 1 year for 10 m span | 1 week for 5 m span | 10 hrs for 2.5 m span | 30 min for 1 m span |
| Cohesion of rock mass (kPa) | > 400 | 300 - 400 | 200 - 300 | 100 - 200 | < 100 |
| Friction angle of rock mass (deg) | > 45 | 35 - 45 | 25 - 35 | 15 - 25 | < 15 |

| E. GUIDELINES FOR CLASSIFICATION OF DISCONTINUITY conditions | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Discontinuity length (persistence) | < 1 m | 1 - 3 m | 3 - 10 m | 10 - 20 m | > 20 m |
| Rating | 6 | 4 | 2 | 1 | 0 |
| Separation (aperture) | None | < 0.1 mm | 0.1 - 1.0 mm | 1 - 5 mm | > 5 mm |
| Rating | 6 | 5 | 4 | 1 | 0 |
| Roughness | Very rough | Rough | Slightly rough | Smooth | Slickensided |
| Rating | 6 | 5 | 3 | 1 | 0 |
| Infilling (gouge) | None | Hard filling < 5 mm | Hard filling > 5 mm | Soft filling < 5 mm | Soft filling > 5 mm |
| Rating | 6 | 4 | 2 | 2 | 0 |
| Weathering | Unweathered | Slightly weathered | Moderately weathered | Highly weathered | Decomposed |
| Ratings | 6 | 5 | 3 | 1 | 0 |

| F. EFFECT OF DISCONTINUITY STRIKE AND DIP ORIENTATION IN TUNNELLING** | | | |
|---|---|---|---|
| A Strike perpendicular to tunnel axis | | B Strike parallel to tunnel axis | |
| Drive with dip - Dip 45 - 90° | Drive with dip - Dip 20 - 45° | Dip 45 - 90° | Dip 20 - 45° |
| Very favourable | Favourable | Very unfavourable | Fair |
| Drive against dip - Dip 45-90° | Drive against dip - Dip 20-45° | Dip 0-20 - Irrespective of strike° | |
| Fair | Unfavourable | Fair | |

* Some conditions are mutually exclusive . For example, if infilling is present, the roughness of the surface will be overshadowed by the influence of the gouge. In such cases use A.4 directly.
** Modified after Wickham et al (1972).

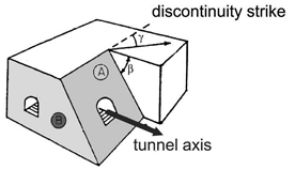



**Figura 5.3** Valori dei parametri A1-A5 (*rating*) della Classificazione RMR, classi e correzioni per la giacitura delle discontinuità; da BIENIAWSKI (1989).



Via SPOLTORE (PESCARA) - Via Fontevecchia n°4 - tel./fax 085/412875 - P.IVA 00929310688 - email info@tecnosoil.it

Sulla base di tale classificazione è emerso un valore di **RMR** pari a **40 corrispondente ad una classe IV SCADENTE**, pertanto è possibile assegnare un valore stimato della coesione e dell'angolo di attrito dell'ammasso roccioso come da tabelle di seguito riportate riferite a Bieniawski, 1989 e C.S.I.R –Rock Mass Rating Bieniawski 1976:

| INDICE RMR | 100÷81 | 80÷61 | 60÷41 | 40÷21 | <20 |
|---|---|---|---|---|---|
| CLASSE | I | II | III | IV | V |
| qualità roccia | ottima | buona | mediocre | scadente | molto scadente |

| CLASSE | I | II | III | IV | V |
|---|---|---|---|---|---|
| Coesione (kPa) | >400 | 400÷300 | 300÷200 | 200÷100 | <100 |
| Angolo attrito interno | >45° | 45°÷35° | 35°÷25° | 25°÷15° | <15° |
| tempo medio autoostentamento | 20 anni | 1 anno | 1 settimana | 10 ore | 30 minuti |

**Figura 20: Bieniawski, 1989**

| Classe | RMR | c (kg/cmq) | ϕ (°) |
|---|---|---|---|
| I Ottima | 100 – 81 | > 3 | > 45 |
| II Buona | 80 – 61 | 2 ÷ 3 | 40 : 45 |
| III Discreta | 60 – 41 | 1.5 ÷ 2 | 35 : 40 |
| IV Scadente | 40 – 21 | 1 ÷ 1.5 | 30 : 35 |
| V Molto Scadente | < 20 | < 1 | < 30 |

**Figura 21: C.S.I.R –Rock Mass Rating Bieniawski 1976**



Via SPOLTORE (PESCARA) - Via Fontevecchia n°4 - tel./fax 085/412875 - P.IVA 00929310688 - email info@tecnosoil.it

L'analisi geostrutturale ha evidenziato la presenza di un deposito calcareo caratterizzato da un elevato grado di fratturazione con due principali set di discontinuità che definiscono geometrie favorevoli a instabilità locali, favorite anche da un'esposizione del versante a sud ovest. In particolare dalle analisi cinematiche emerge una propensione all'instabilità principalmente per scivolamenti a cuneo e ribaltamenti e secondariamente crolli. La locale pericolosità geologica dell'area è inoltre favorita dal contesto montuoso le cui piogge intense e fenomeni di crioclastismo aumentano il grado di instabilità dell'ammasso roccioso ed eventuali fenomeni tellurici.

## 3.0 CONCLUSIONI

Sulla base del rilievo geomeccanico eseguito lungo la SP80-Vado di Sole è emerso che l'ammasso roccioso in esame, costituito da depositi calcarei con orientazione delle discontinuità che favoriscono prevalentemente cinematismi di scorrimento a cuneo e ribaltamento.

I fenomeni sopra descritti sono favoriti dalla forte acclività che caratterizza il versante, dalle piogge intense, dalla permanenza del manto nevoso dato il contesto montuoso in cui si inserisce la strada provinciale e da eventi tellurici.



Via SPOLTORE (PESCARA) - Via Fontevecchia n°4 - tel./fax 085/412875 - P.IVA 00929310688 - email info@tecnosoil.it

# SEZIONE LITOSTRATIGRAFICA RAPPRESENTATIVA SP80
# VADO DI SOLE

*Scala 1:500*

A

A'

1.694 m
s.l.m.
1.689

SP80

## Legenda

Terreno di riporto.

Calcari marnosi grigi ed avena talora dolomitici molto fratturati ed alterati.

Calcari marnosi grigi ed avena talora dolomitici. Il deposito si presenta fratturato.

