# 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 3.3 - SP72 DI CAPESTRANO

| *Tavola/Allegato* | *C35* | **Relazione geologica** | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| *Codice commessa* | *T2502* | *Data di emissione* *Novembre 2025* | *Rev* *00* | *Scala* | *Formato* *doc* |
| *Codice elaborato* | *ES35* | *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. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO ..... 6
4. CARATTERI GEOLOGICI DELLA SP72 ..... 8
5. CARATTERI GEOMORFOLOGICI DELLE AREE IN STUDIO ..... 12
6. CARATTERI IDROLOGICI ED IDROGEOLOLOGICI ..... 16
7. SERIE DEI TERRENI E LORO CARATTERISTICHE TECNICHE ..... 18
8. SISMICITA' DELL'AREA E CLASSIFICAZIONE DEI TERRENI DI FONDAZIONE ..... 20
9. CONCLUSIONI ..... 25

**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.
- RAPPORTO D'INDAGINE
- SEZIONE LITOSTRATIGRAFICA 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 3.3 – **SP72** Capestrano".

In particolare, l'area del sub intervento della SP72 è ubicata interamente all'interno del territorio comunale di Capestrano, come visibile dall'immagine di seguito riportata:

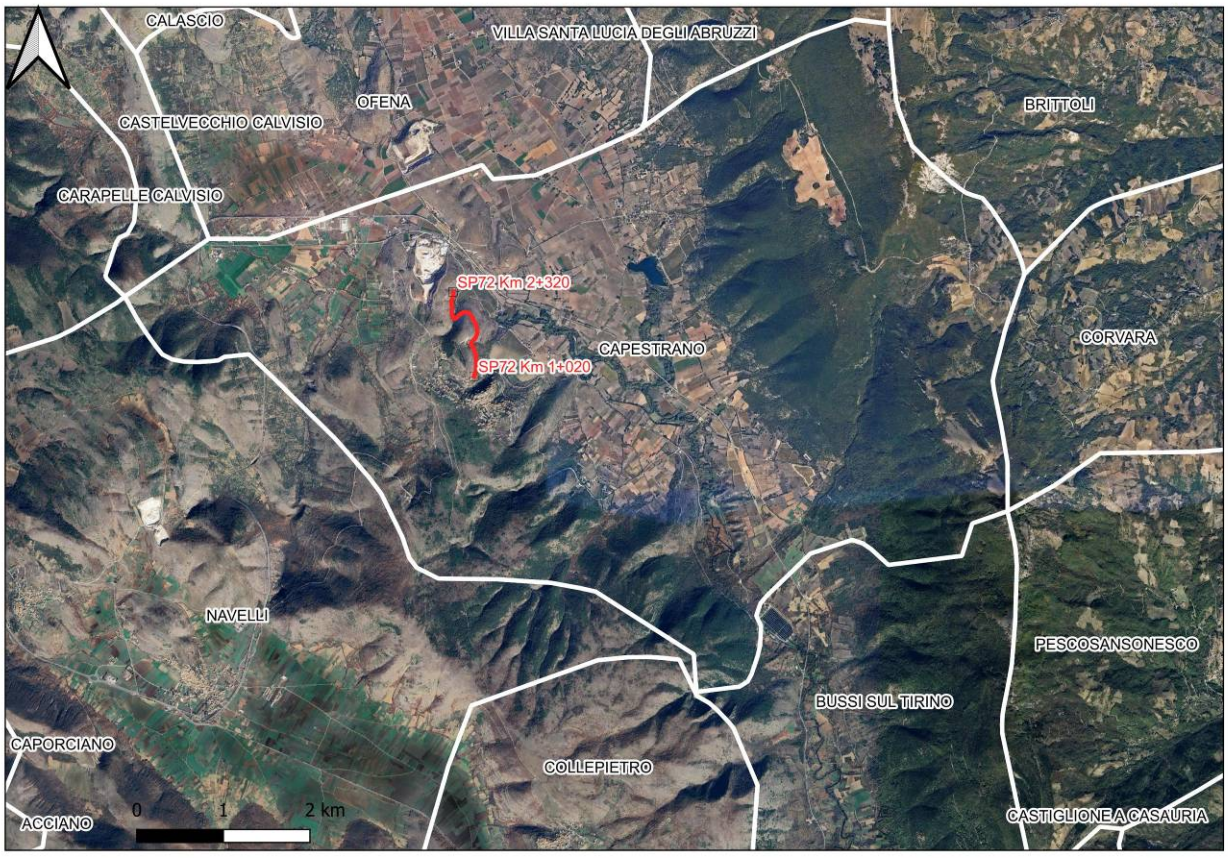



**Figura 1: Ubicazione del sub intervento c3.3 in corrispondenza della SP72.**

La SP72 è morfologicamente caratterizzata da pendii che si presentano anche con una moderata acclività con esposizione a cigli di scarpata. Tali condizioni consentono all'infrastruttura di essere particolarmente sensibile all'azione minacciosa degli agenti esogeni e tellurici, causa di fenomeni di dissesto come caduta massi, smottamenti etc….

L'area, data la sua collocazione geografica, 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 particolare la SP72 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.

Data dunque l'assenza di barriere di sicurezza passive lungo la SP72, sono state previste come indagini n.3 prove penetrometriche dinamiche super pesanti ubicate, nelle aree ritenute più rappresentative lungo la SP72, in corrispondenza della banchina della carreggiata stradale. Esse hanno così consentito di definire gli spessori dei depositi detritici ed antropici presenti e le loro caratteristiche fisico meccaniche.

Per l'assegnazione della categoria di sottosuolo di appartenenza dei depositi presenti è stata eseguita un'indagine sismica di tipo MASW.

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;
- Esecuzione e interpretazione della campagna di indagine geognostica e geofisica;
- Realizzazione di cartografia georeferenziata;
- Elaborazione e interpretazione dei dati bibliografici e di rilevamento e della campagna di indagine;
- Redazione dello studio.

## 3. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

La SP72, come anticipato in premessa, attraversa il Comune di Capestrano e, nella cartografia in scala 1:25.000 è distinta al Foglio n. 360 OVEST ed in scala 1:5.000 è individuata nell'elemento n. 360103-360104 come da stralci cartografici di seguito riportati:

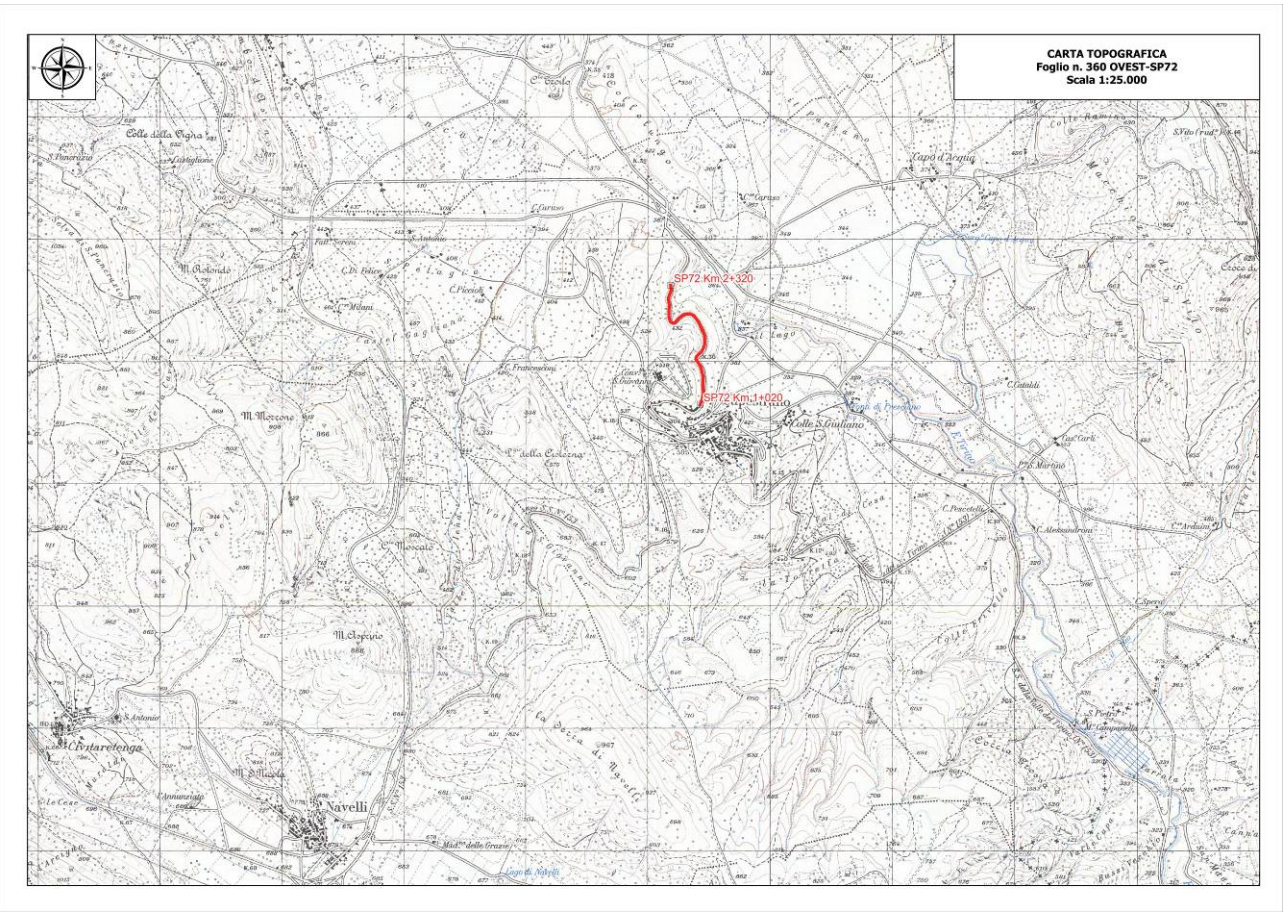



**Figura 2:Stralcio carta Topografica in scala 1:25.000 con riportato il tratto in studio della SP72.**

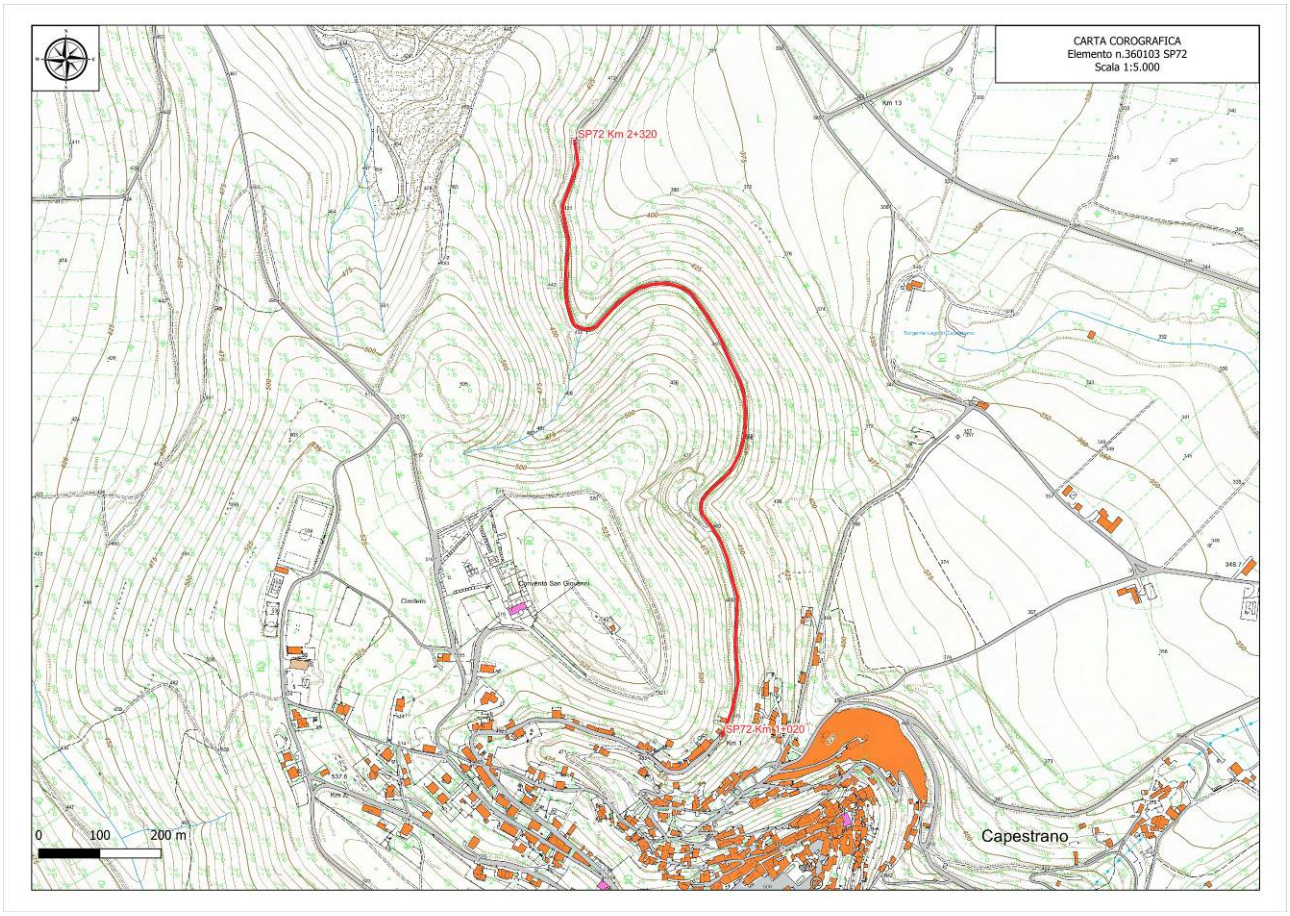



**Figura 3: Stralcio carta Corografica in scala 1:5.000 con evidenziata in rosso il tratto in studio della SP72.**

## 4. CARATTERI GEOLOGICI DELLA SP72

La zona oggetto di studio s'inserisce nel sistema collinare periadriatico, nella fascia collinare che si trova fra i rilievi montuosi appenninici e la linea di costa adriatica.

Tale fascia è parte integrante di un lungo e stretto bacino marino (Miocene superiore–Pliocene inferiore) messo in posto in seguito alla migrazione, verso est, del sistema catena-avanfossa che ha prodotto la formazione della catena appenninica.

L'avanfossa, in rapida subsidenza ed in costante approfondimento, su un fondo dalla morfologia irregolare, nel Miocene superiore ha avuto la fase più attiva della sedimentazione di materiali torbiditici provenienti dal disfacimento della catena, dando luogo ad una potente successione di terreni flyschoidi.

Successivamente, nel Quaternario più antico, con lo sviluppo della rete idrografica, le formazioni sopra descritte furono ricoperte dai sedimenti fluviali.

Questi ultimi, in virtù del bacino idrografico sotteso e della vicinanza dei termini di piattaforma, sono caratterizzati da episodi ghiaiosi e sabbiosi a vario grado di addensamento, che allo stato attuale si rinvengono come lembi sospesi ed isolati nel fianco sinistro dei corsi fluviali.

Dal punto di vista strutturale, l'area ricade in prossimità di un'importante fascia di deformazione (Zona di taglio Rigopiano-Bussi-Rivisondoli), a direzione circa N-S, sviluppata per una lunghezza complessiva di circa 100 km, che mostra una complessa interferenza tra sovrascorrimenti sia a basso angolo che subverticali e sistemi plicativi a dominante vergenza orientale.

L'intensa fase compressiva, che ha interessato tale fascia di deformazione, ha comportato al suo interno il ripetuto scagliamento di cunei del substrato carbonatico, disposti secondo pieghe *en-Echelon* lungo direttrici N-S.

La struttura tettonica risulta inoltre smembrata da una serie di importanti sistemi di faglie dirette a direzione circa E-W, osservabili anche nell'area oggetto di studio.

In particolare, l'assetto strutturale della zona di taglio Rigopiano-Bussi-Rivisondoli è caratterizzato da una struttura molto sollevata e con immersioni assiali sia verso Nord sia verso Sud, smembrata in un sistema di scaglie tettoniche subverticali delimitate da piani ad alto angolo, perforanti i termini terrigeni messiniani.

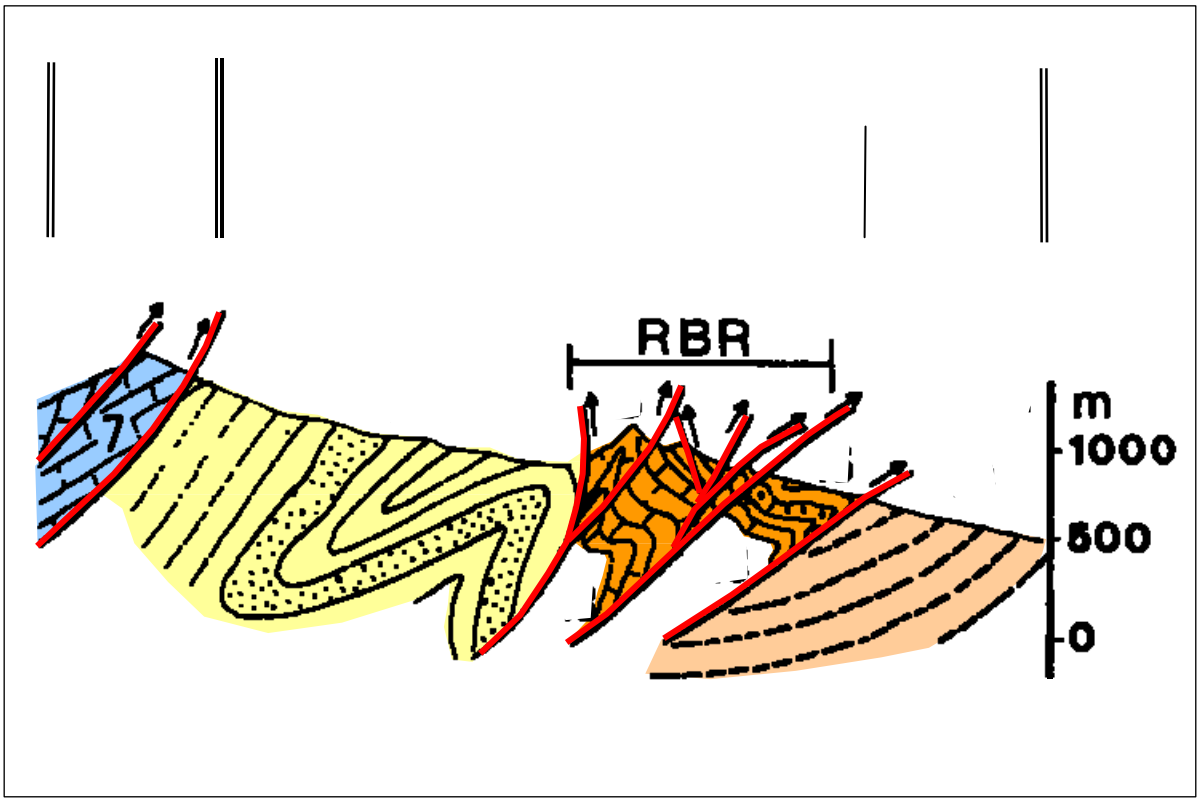



**Figura 4- Sezione schematica della zona di taglio RBR (Rigopiano-Bussi-Rivisondoli).**

L'unità geologica che caratterizza il sito in esame fa parte di una successione stratigrafica calcarea parte integrante della serie carbonatica dell'unità del Gran Sasso. Nel dettaglio la formazione affiorante si inquadra nei termini calcarei che costituiscono le porzioni più elevate della valle del fiume Tirino.

Il sistema vallivo del Tirino risulta intagliato da termini della formazione del Calcare massiccio ascrivibili alla Unità del Gran Sasso-Monte Cappucciata-M.Mentino-M.Genzana appartenenti alla successione meso-cenozoica di scarpata-bacino prossimale.

La litologia litoide ha consentito che venisse sagomata una valle bordata da erte pareti sub-verticali con ampie fasce di roccia affiorante e con esigue coperture di detrito, non sempre presenti alle sommità dei crinali e prevalentemente diffuse in corrispondenza del fondo valle.

Successivamente, nel Quaternario più antico, con lo sviluppo della rete idrografica, le formazioni sopra descritte furono ricoperte dai sedimenti fluviali.

Questi ultimi, in virtù del bacino idrografico sotteso e della vicinanza dei termini di piattaforma, sono caratterizzati da episodi ghiaiosi e sabbiosi a vario grado di addensamento, che allo stato attuale si rinvengono come lembi sospesi ed isolati nel fianco sinistro dei corsi fluviali.

La SP72, che si sviluppa a nord del centro abitato di Capestrano, attraversa i depositi cretacei della Scaglia Detritica costituita da calcari micritici e marnosi in strati medi e sottili (SCZa). Nella parte più a monte, per un limitato tratto, è possibile rinvenire in affioramento depositi calcarei appartenenti alle formazioni dei Calcareniti e calciruditi bioclastiche cristalline in strati da spessi a molto spessi(CTNd).

Di seguito si riporta lo stralcio cartografico del Foglio 360 “Torre de’ passeri” in scala 1:50.000 del progetto CARG in cui è indicato il tratto della strada provinciale 72:

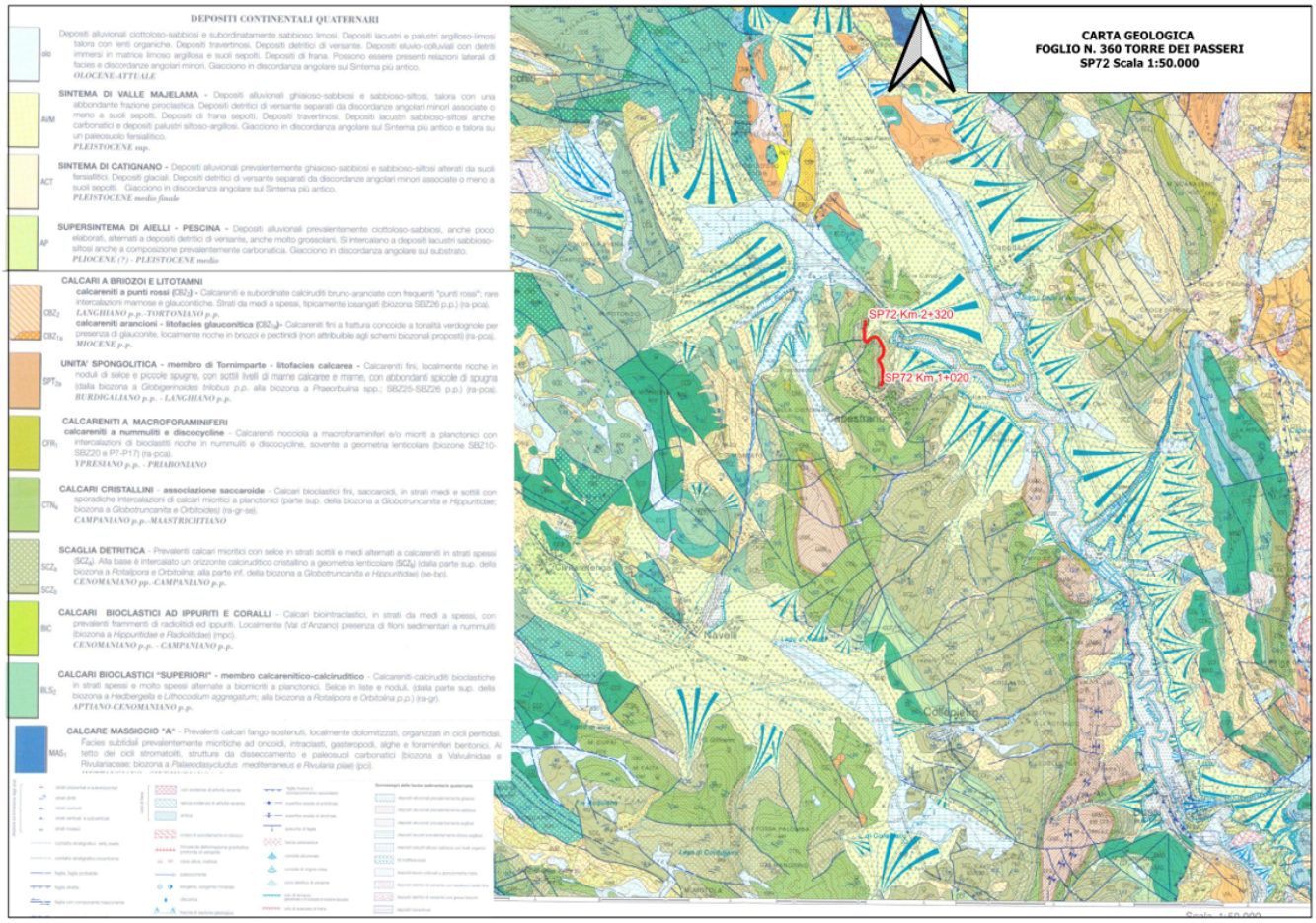



**Figura 5: Stralcio Carta Geologica Foglio 360 Torre de' Passeri in scala 1:50.000.**

## 5. CARATTERI GEOMORFOLOGICI DELLE AREE 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.

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.

Il tratto in studio della SP72 si sviluppa su versanti caratterizzati da pendenze variabili dai 30° ai 45° come visibile dalla carta delle pendenze di seguito riportata:

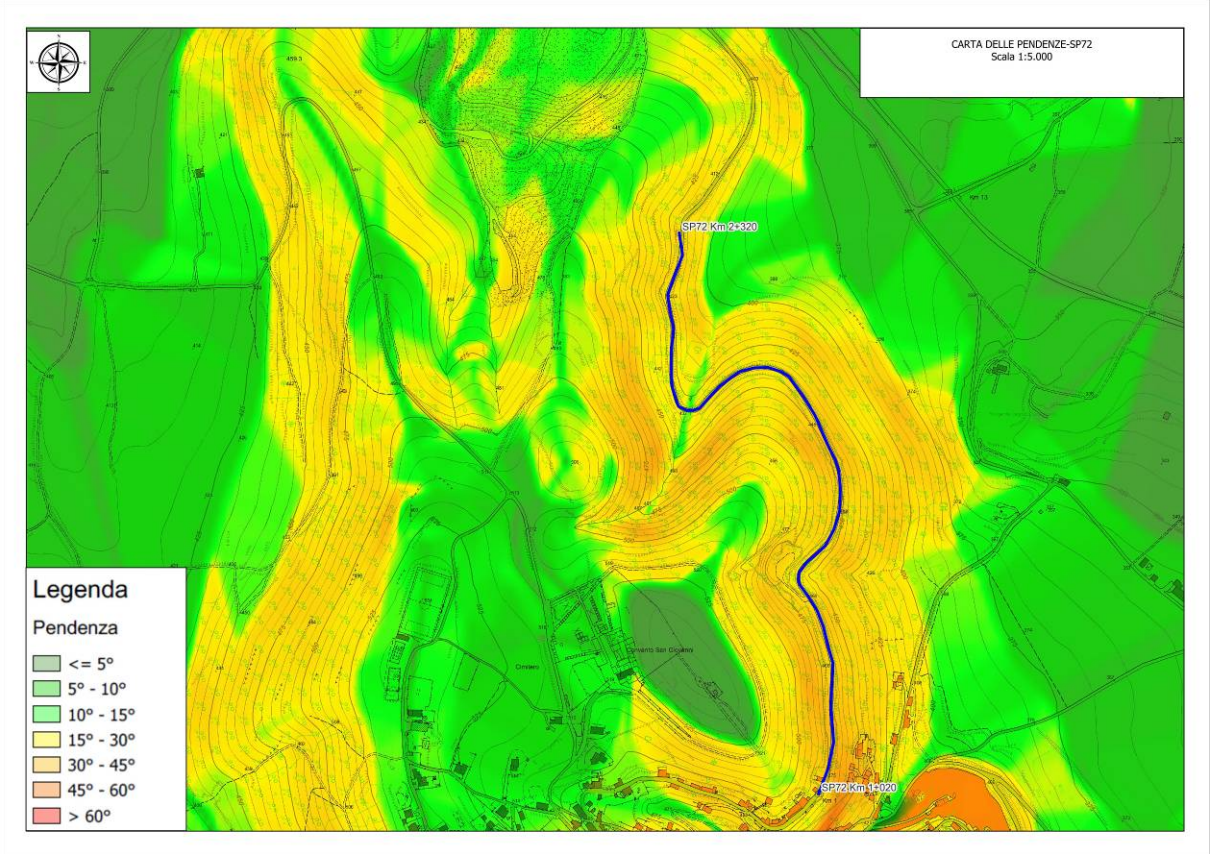



**Figura 6: Stralcio Carta delle pendenze SP72.**

L' area di studio rientra nel foglio 360 Ovest della cartografia di Piano PAI della Regione Abruzzo dalla cui lettura si evince che la SP72 interferisce con aree identificate come superficie con forme di dilavamento prevalentemente concentrato allo stato quiescente che generano una pericolosità moderata P1 come da stralci cartografici di seguito riportati:

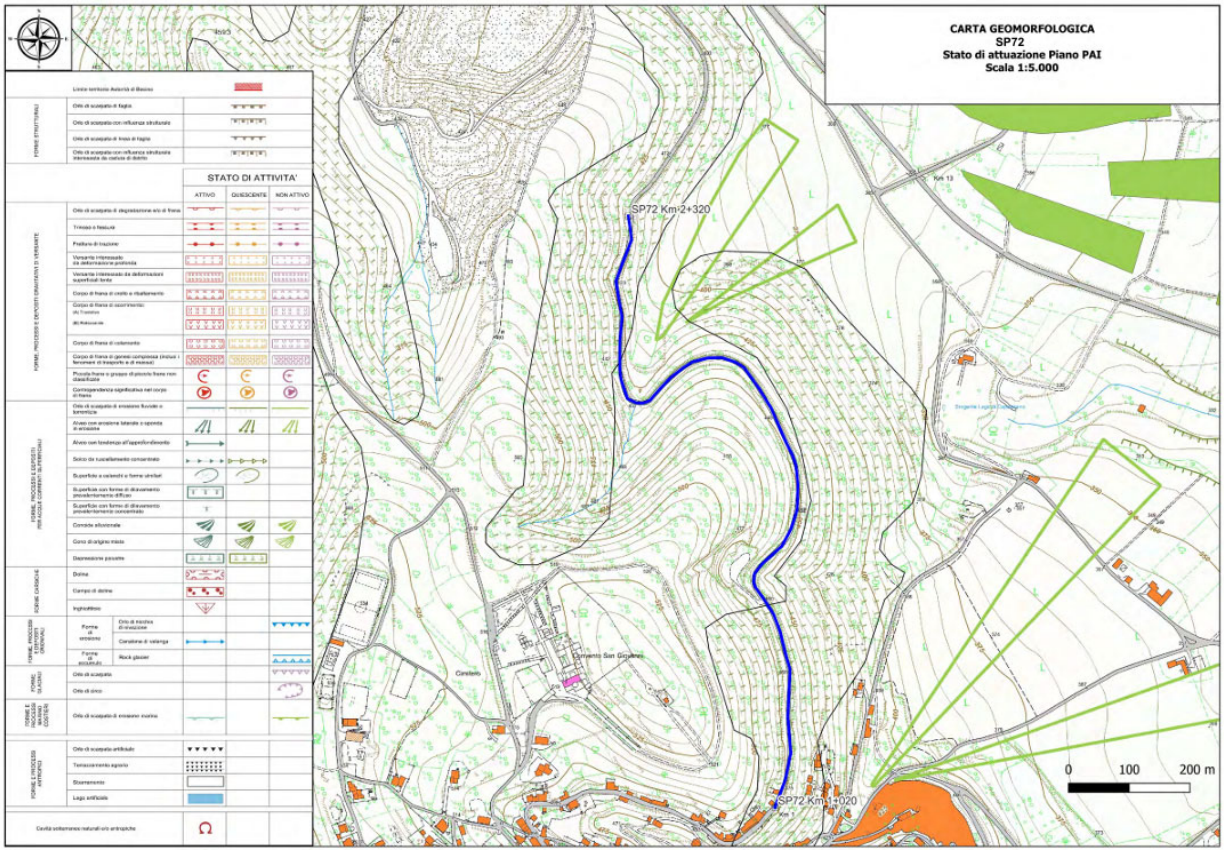



**Figura 7: Stralcio carta geomorfologica PAI riferita alla SP72.**

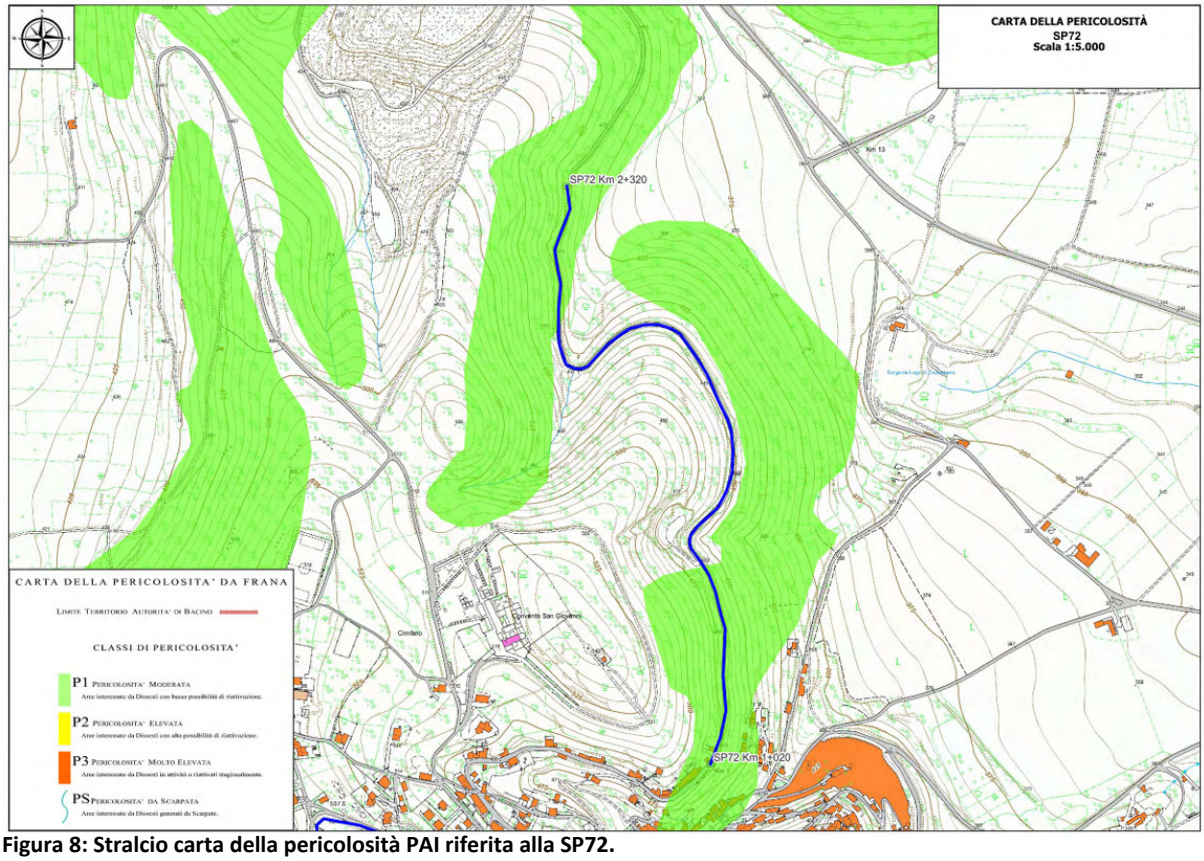



**Figura 8: Stralcio carta della pericolosità PAI riferita alla SP72.**

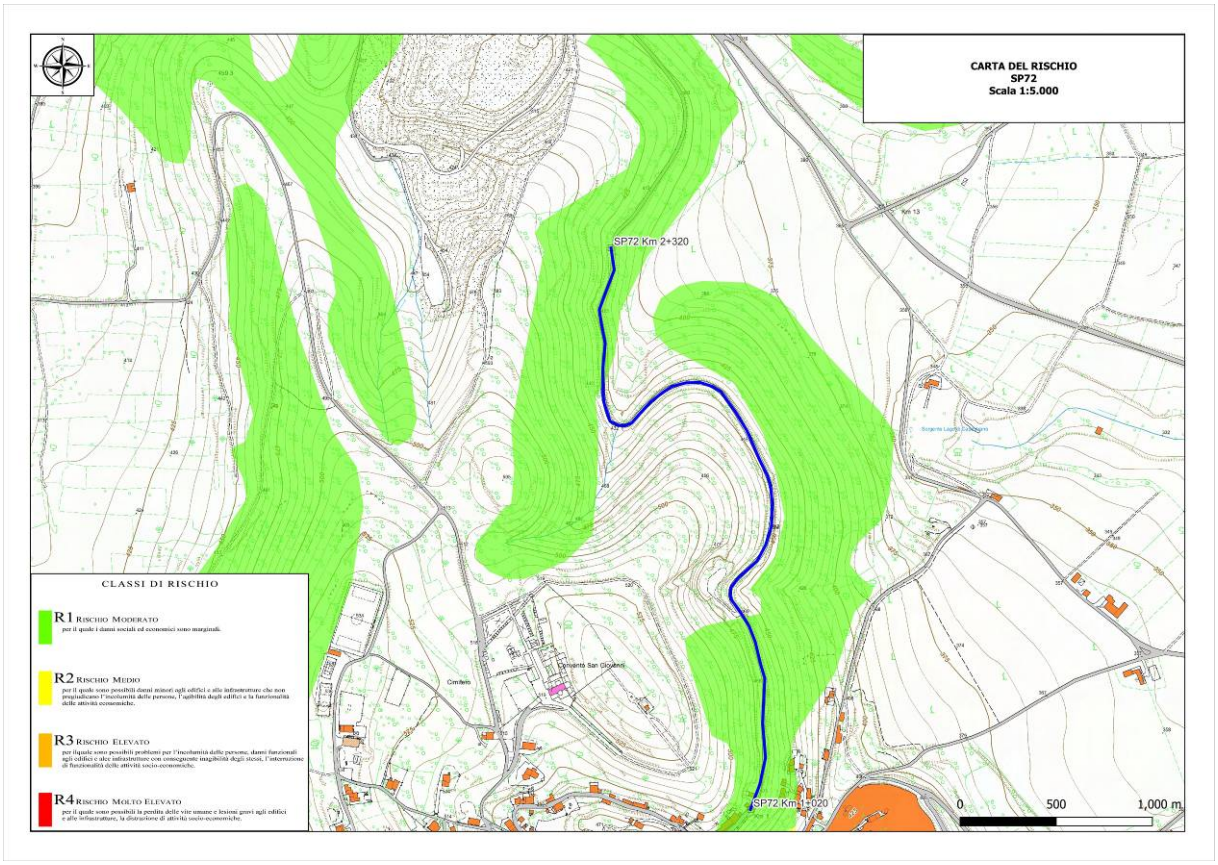



**Figura 9: Stralcio carta del rischio. In blu la SP72.**

## 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 caratterizzate da una permeabilità secondaria per fratturazione che rappresenta un fattore destabilizzante per gli ammassi rocciosi.

Le coperture detritiche veicolano le acque di infiltrazione superficiale e vanno ad alimentare un deflusso profondo con costanza nel tempo. 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 e dall'analisi di quanto emerso dalle prove penetrometriche dinamiche eseguite in corrispondenza dell'area di progetto.

In particolare nell'area in studio sono presenti lungo il versante e visibili in affioramento, in corrispondenza dei tagli stradali della SP 72, calcari micritici e marnosi in strati medi e sottili (SCZa) e nella parte più a monte, per un limitato tratto, è possibile rinvenire in affioramento depositi calcarei appartenenti alle formazioni dei calcareniti e calciruditi bioclastiche cristalline in strati da spessi a molto spessi.

Lungo il tratto considerato, l'ammasso roccioso non presenta pareti rocciose di elevata potenza, pertanto, il rischio di crolli di grande entità risulta contenuto. Si osservano invece locali accumuli detritici alla base dei versanti, riconducibili a fenomeni di disgregazione superficiale o piccoli distacchi frammentari.

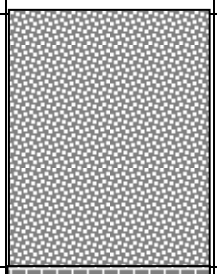
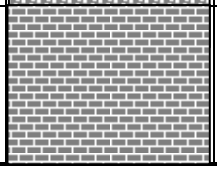
Vista la tipologia degli interventi previsti, come anticipato in premessa, per la definizione puntuale dell'assetto litostratigrafico e delle sue caratteristiche fisico meccaniche sono state eseguite, in corrispondenza della banchina, n. 3 prove penetrometriche dinamiche super pesanti che hanno consentito di definire gli spessori del deposito detritico e del riporto antropico presenti al di sotto della carreggiata stradale. Mentre per l'assegnazione della categoria di sottosuolo è stata eseguita un'indagine sismica di tipo MASW.

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

- **DEPOSITO DETRITICO E MATERIALE DI RIPORTO**
  Costituito da detrito di versante con clasti calcarei eterometrici in matrice limosa misto a riporto antropico. Lo spessore dell'unità è variabile tra 1,40 e 3,00 m.
- **DEPOSITO CALCAREO**
  Costituita da Calcari micritici e marnosi in strati e banchi. Si presenta fratturata. Presenti oltre 1,40 m dal p.c.

Di seguito si riporta il modello geotecnico del tratto in studio della SP72 a cui il progettista può fare riferimento per le considerazioni di carattere tecnico.

## MODELLO GEOLOGICO TECNICO SP72 DI CAPESTRANO

| PROFONDITÀ (M DAL P.C.) | PROFILO STRATIGRAFICO | DESCRIZIONE | PARAMETRI GEOTECNICI |
|---|---|---|---|
| ~1,40-3,0 |  | 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' = 0,0 KPa<br>Cu= 0,0 KPa<br>E'= 5.000 kPa |
| >1,40-3,0 m |  | Calcari micritici e marnosi | $\gamma$= 24,50 KN/m$^3$<br>$\varnothing$ = 35°<br>Cu= 0,0 KPa<br>c' = 150,0 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 Regione 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 **il Comune di Capestrano è** individuato in **<u>Zona sismica 1.</u>**

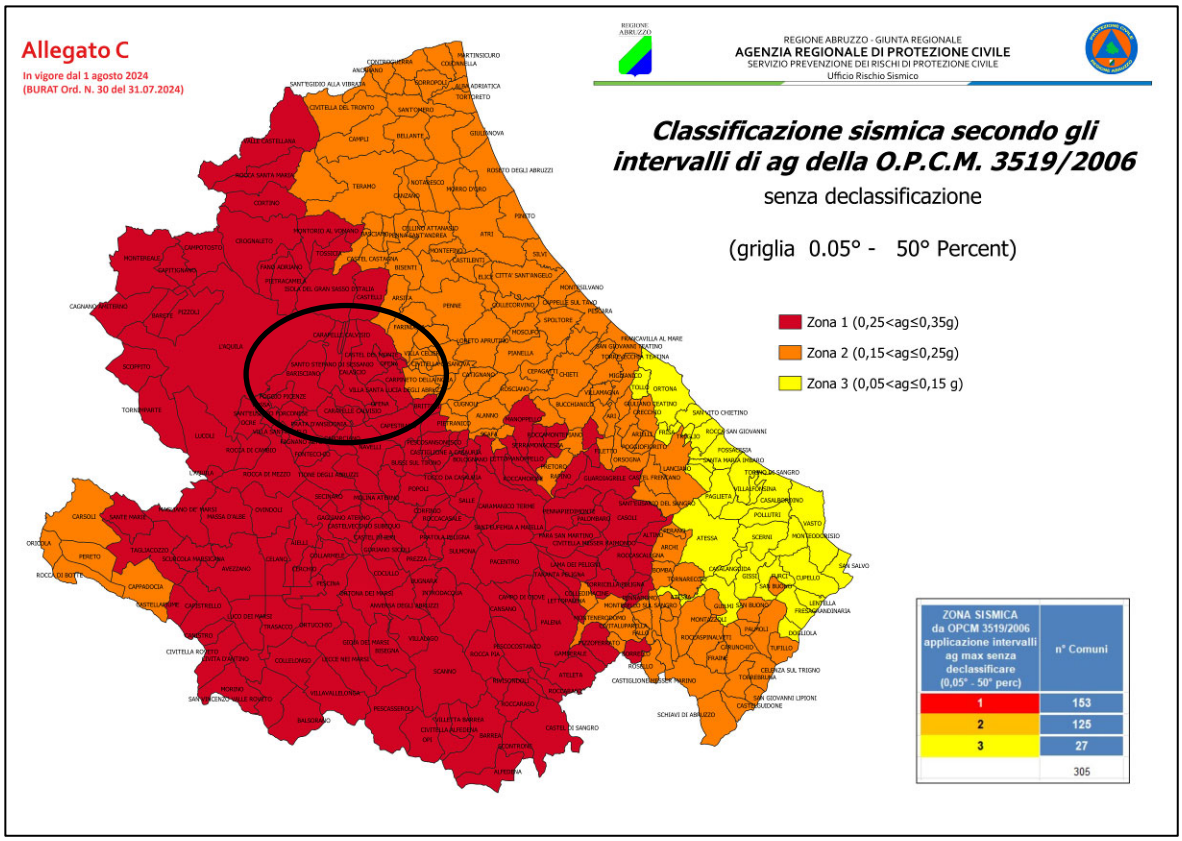



**Figura 10: Classificazione sismica della Regione Abruzzo.**

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 **469 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.**

Di seguito si riporta uno stralcio della carta delle MOPS di Capestrano in cui è indicato il tracciato della SP72 che interferisce con i depositi della microzona stabile suscettibile di amplificazione per topografia 2002 :

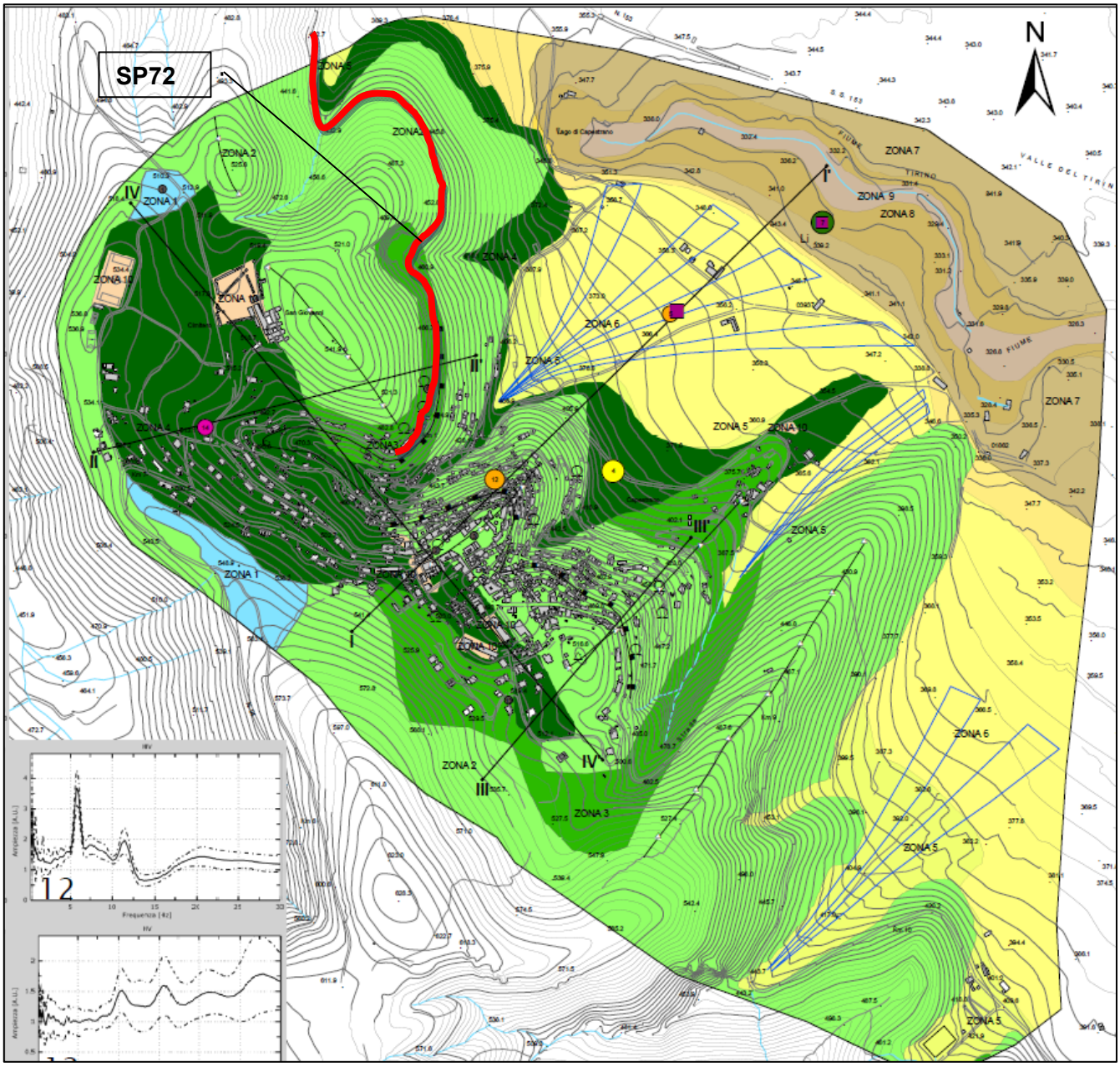



**Figura 11: Stralcio Carta MOPS del Comune di Capestrano, dove ricade un tratto della Sp72 indicato in rosso. Segue legenda.**

# Legenda

## ZONE STABILI

ZONA 1

substrato lapideo stratificato

## ZONE STABILI SUSCETTIBILI DI AMPLIFICAZIONI LOCALI

### Amplificazione per topografia

ZONA 2

'endio >15°

substrato lapideo stratificato

ZONA 3

substrato lapideo intensamente fratturat Jv>30/Cataclasite

ZONA 3

ZONA 4

ZONA 5

ZONA 6

ZONA 7

ZONA 9

ZONA 10

### Litologia dei terreni di copertura

Terreno di riporto, depositi eterogenei sciolti

Detriti di versante:clasti calcarei da angolosi a sub-angolosi, ghiaie eterometriche in matrice sabbiosa e limo-argillosa

Inclusi lapidei in matrice sabbiosa e limo argillosa all'interno dei depositi alluvionali

depositi alluvionali ghiaiosi e ghiaioso-sabbiosi

limi e limi sabbiosi livelli limoso argillosi con materia organica

limi calcarei e limi sabbiosi

siltiti biancastre- cineriti

sabbie e sabbie ghiaiose

substrato lapideo stratificato variamente fratturato

## ZONE SUSCETTIBILI DI INSTABILITA'

Li — Liquefazione

Area con terreni sabbiosi e sabbioso-limosi con falda <15 m

### Forme di superficie e sepolte

Orlo di scarpata morfologica 10-20 m

Orlo di scarpata morfologica >20 m

Cresta

Traccia di sezione geologica

Conoide alluvionale e di origine mista in stato non attivo

Ω cavità isolata

picco isolato

## 9. CONCLUSIONI

Nella presente relazione si sono esposti i risultati di uno studio geologico, geomorfologico, 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 3.3 – SP72 CAPESTRANO**."

In generale la SP72 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.

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 indagine la quale ha previsto l'esecuzione di tre prove penetrometriche dinamiche super pesanti (DPSH) la cui elaborazione ha consentito di discretizzare lo spessore dei depositi detritici ed antropici in corrispondenza della carreggiata stradale e di definirne i loro parametri fisico meccanici così come indicato al paragrafo 7.0 della presente relazione.

Dalla consultazione delle carte tematiche del Piano Stralcio di Bacino della Regione Abruzzo (AUBAC dell'Appennino Centrale) emerge la presenza di aree interessate da erosione diffusa. Sismicamente il territorio comunale di **Capestrano** risulta classificato come Zona sismica 1. In particolare, come da Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri numero 3907 del 13 Novembre 2010, la pericolosità sismica di base, espressa in termini di accelerazione orizzontale massima del terreno "ag" per il tempo di ritorno di 475 anni, per il territorio comunale di **ag** è pari a **0.2534 g**.

Dall'elaborazione dell'indagine MASW è emerso un valore di $Vs_{,eq(0.0\text{-}30.0m)}$ uguale a **469 m/s,** per cui al sito di progetto è possibile attribuire una **categoria di sottosuolo "B"**. Per quanto riguarda la categoria topografica, come emerge dall'osservazione della carta delle pendenze e dai sopralluoghi eseguiti, essendo le pendenze maggiori di 30°, si attribuisce all'area una categoria topografica "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.
- RAPPORTO D'INDAGINE
- SEZIONE LITOSTRATIGRAFICA RAPPRESENTATIVA

**CARTA TOPOGRAFICA**
**Foglio n. 360 OVEST-SP72**
**Scala 1:25.000**

SP72 Km 2+320

SP72 Km 1+020

CARTA COROGRAFICA
Elementi n. 360104-360103 -SP72
Scala 1:5.000

SP72 Km 2+320

SP72 Km 1+020

Km 13

Km 1

Convento San Giovanni

Cimitero

Sorgente Lagodi Capezzano

FIUME TIRINO

0 100 200 m

## DEPOSITI CONTINENTALI QUATERNARI

**olo** — Depositi alluvionali ciottoloso-sabbiosi e subordinatamente sabbioso limosi. Depositi lacustri e palustri argilloso-limosi talora con lenti organiche. Depositi travertinosi. Depositi detritici di versante. Depositi eluvio-colluviali con detriti immersi in matrice limoso argillosa e suoli sepolti. Depositi di frana. Possono essere presenti relazioni laterali di facies e discordanze angolari minori. Giacciono in discordanza angolare sul Sintema più antico.
*OLOCENE-ATTUALE*

**AVM** — **SINTEMA DI VALLE MAJELAMA** - Depositi alluvionali ghiaioso-sabbiosi e sabbioso-siltosi, talora con una abbondante frazione piroclastica. Depositi detritici di versante separati da discordanze angolari minori associate o meno a suoli sepolti. Depositi di frana sepolti. Depositi travertinosi. Depositi lacustri sabbioso-siltosi anche carbonatici e depositi palustri siltoso-argillosi. Giacciono in discordanza angolare sul Sintema più antico e talora su un paleosuolo fersialitico.
*PLEISTOCENE sup.*

**ACT** — **SINTEMA DI CATIGNANO** - Depositi alluvionali prevalentemente ghiaioso-sabbiosi e sabbioso-siltosi alterati da suoli fersiallitici. Depositi glaciali. Depositi detritici di versante separati da discordanze angolari minori associate o meno a suoli sepolti. Giacciono in discordanza angolare sul Sintema più antico.
*PLEISTOCENE medio finale*

**AP** — **SUPERSINTEMA DI AIELLI - PESCINA** - Depositi alluvionali prevalentemente ciottoloso-sabbiosi, anche poco elaborati, alternati a depositi detritici di versante, anche molto grossolani. Si intercalano a depositi lacustri sabbioso-siltosi anche a composizione prevalentemente carbonatica. Giacciono in discordanza angolare sul substrato.
*PLIOCENE (?) - PLEISTOCENE medio*

## CALCARI A BRIOZOI E LITOTAMNI

**$CBZ_2$** — **calcareniti a punti rossi ($CBZ_2$)** - Calcareniti e subordinate calciruditi bruno-aranciate con frequenti "punti rossi"; rare intercalazioni marnose e glauconitiche. Strati da medi a spessi, tipicamente losangati (biozona SBZ26 p.p.) (ra-pca).
*LANGHIANO p.p.-TORTONIANO p.p.*

**$CBZ_{1a}$** — **calcareniti arancioni - litofacies glauconitica ($CBZ_{1a}$)**- Calcareniti fini a frattura concoide a tonalità verdognole per presenza di glauconite, localmente ricche in briozoi e pectinidi (non attribuibile agli schemi biozonali proposti) (ra-pca).
*MIOCENE p.p.*

**$SPT_{2a}$** — **UNITA' SPONGOLITICA - membro di Tornimparte - litofacies calcarea** - Calcareniti fini, localmente ricche in noduli di selce e piccole spugne, con sottili livelli di marne calcaree e marne, con abbondanti spicole di spugna (dalla biozona a *Globigerinoides trilobus p.p.* alla biozona a *Praeorbulina* spp.; SBZ25-SBZ26 p.p.) (ra-pca).
*BURDIGALIANO p.p. - LANGHIANO p.p.*

## CALCARENITI A MACROFORAMINIFERI

**$CFR_1$** — **calcareniti a nummuliti e discocycline** - Calcareniti nocciola a macroforaminiferi e/o micriti a planctonici con intercalazioni di bioclastiti ricche in nummuliti e discocycline, sovente a geometria lenticolare (biozone SBZ10-SBZ20 e P7-P17) (ra-pca).
*YPRESIANO p.p. - PRIABONIANO*

**$CTN_a$** — **CALCARI CRISTALLINI - associazione saccaroide** - Calcari bioclastici fini, saccaroidi, in strati medi e sottili con sporadiche intercalazioni di calcari micritici a planctonici (parte sup. della biozona a *Globotruncanita e Hippuritidae*; biozona a *Globotruncanita e Orbitoides)* (ra-gr-se).
*CAMPANIANO p.p.-MAASTRICHTIANO*

**$SCZ_a$ / $SCZ_b$** — **SCAGLIA DETRITICA** - Prevalenti calcari micritici con selce in strati sottili e medi alternati a calcareniti in strati spessi ($SCZ_a$). Alla base è intercalato un orizzonte calciruditico cristallino a geometria lenticolare ($SCZ_b$) (dalla parte sup. della biozona a *Rotalipora e Orbitolina*; alla parte inf. della biozona a *Globotruncanita e Hippuritidae*) (se-bp).
*CENOMANIANO pp.-CAMPANIANO p.p.*

**BIC** — **CALCARI BIOCLASTICI AD IPPURITI E CORALLI** - Calcari biointraclastici, in strati da medi a spessi, con prevalenti frammenti di radiolitidi ed ippuriti. Localmente (Val d'Anzano) presenza di filoni sedimentari a nummuliti (biozona a *Hippuritidae e Radiolitidae*) (mpc).
*CENOMANIANO p.p. - CAMPANIANO p.p.*

**$BLS_2$** — **CALCARI BIOCLASTICI "SUPERIORI" - membro calcarenitico-calciruditico** - Calcareniti-calciruditi bioclastiche in strati spessi e molto spessi alternate a biomicriti a planctonici. Selce in liste e noduli. (dalla parte sup. della biozona a *Hedbergella e Lithocodium aggregatum*; alla biozona a *Rotalipora e Orbitolina p.p.*) (ra-gr).
*APTIANO-CENOMANIANO p.p.*

**$MAS_1$** — **CALCARE MASSICCIO "A"** - Prevalenti calcari fango-sostenuti, localmente dolomitizzati, organizzati in cicli peritidali. Facies subtidali prevalentemente micritiche ad oncoidi, intraclasti, gasteropodi, alghe e foraminiferi bentonici. Al tetto dei cicli stromatoliti, strutture da disseccamento e paleosuoli carbonatici (biozona a Valvulinidae e Rivulariaceae; biozona a *Palaeodasycludus mediterraneus e Rivularia piae*) (pci).




**CARTA GEOLOGICA**
**FOGLIO N. 360 TORRE DEI PASSERI**
**SP72 Scala 1:50.000**

SP72 Km 2+320
SP72 Km 1+020
Capodacqua
Capestrano
Civitaretenga
Navelli
Lago di Navelli
Colle Pietro
Lago di Collepietro
Lago di Calloggiano
Scala 1:50.000

# CARTA GEOMORFOLOGICA
## SP72
## Stato di attuazione Piano PAI
## Scala 1:5.000

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 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 | | | |
| | | STATO DI ATTIVITA' | | |
| | | ATTIVO | QUIESCENTE | NON ATTIVO |
| 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 | | | |
| | Forme di erosione: 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 | | | |

SP72 Km 2+320

Km 13

Sorgente Lagodi Cappellano

Convento San Giovanni

Cimitero

SP72 Km 1+020

Km 1

0 100 200 m

**CARTA DELLA PERICOLOSITÀ**
**SP72**
**Scala 1:5.000**

SP72 Km 2+320

SP72 Km 1+020

Km 13

Km 1

Convento San Giovanni

Cimitero

Sorgente Lagodi Castellano

## 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**
**SP72**
**Scala 1:5.000**

SP72 Km 2+320

SP72 Km 1+020

Km 13

Km 1

Cimitero

Convento San Giovanni

Sorgente Lago di Capestrano

0 500 1,000 m

## 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.

CARTA DELLE PENDENZE-SP72
Scala 1:5.000

SP72 Km 2+320

SP72 Km 1+020

Km 13

Km 1

Convento San Giovanni

Cimitero

## Legenda

Pendenza

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

**MISURE DI SALVAGUARDIA DEL**
**BACINO PESCARA - D.S. n. 145/2025**
**Scala 1:25.000**

SP72 Km 2+320

SP72 Km 1+020

**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 3.3 – SP 72 DI CAPESTRANO***

*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 3.3 nell'ambito degli "Interventi di messa in sicurezza e di adeguamento funzionale delle strade provinciali" lungo la S.P. 72 di Capestrano.

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

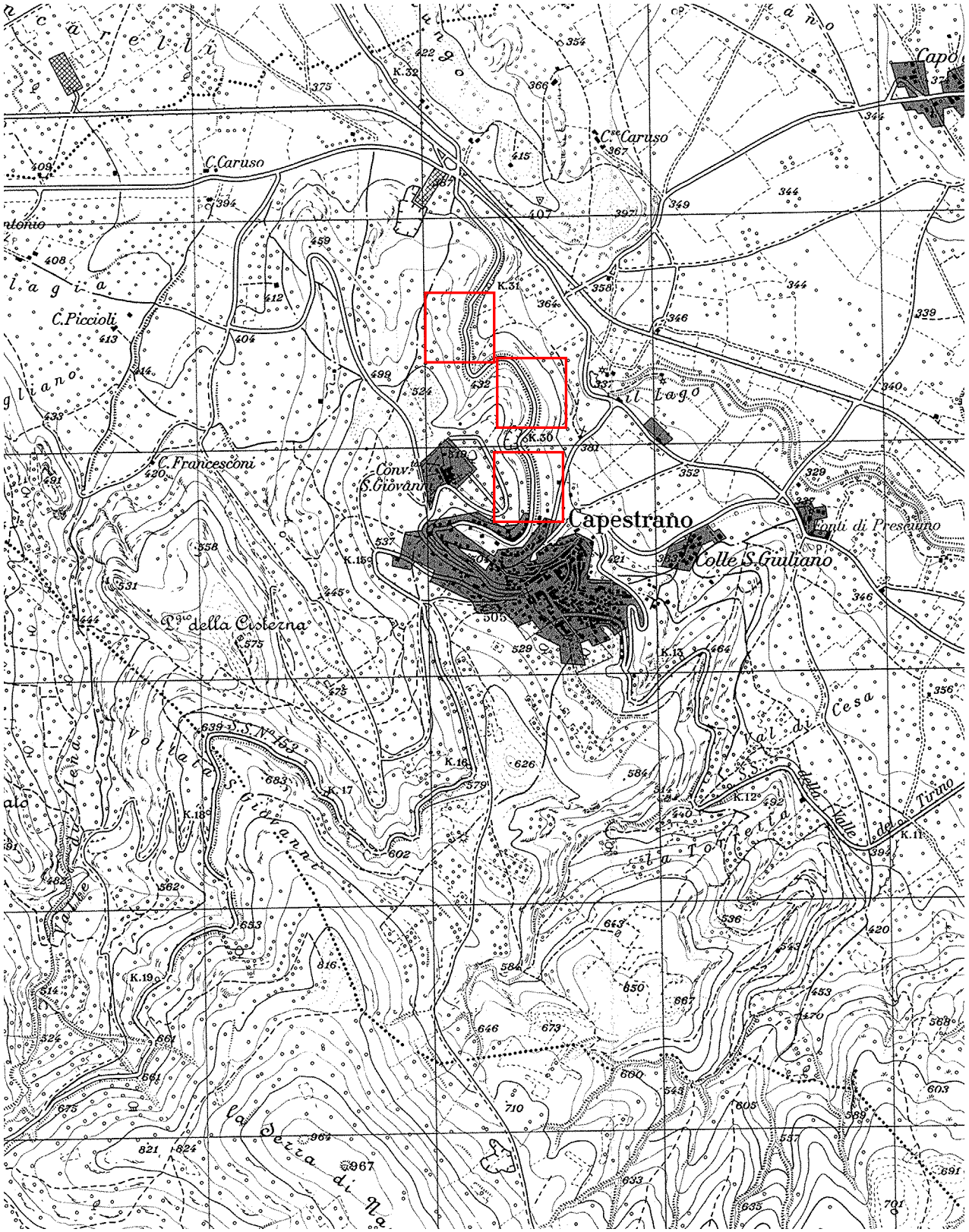
Le prove penetrometriche dinamiche sono state eseguite con penetrometro dinamico superpesante tipo Pagani TG 63-200.

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)*




PD/1
PD/2
MASW
PD/3

# PROVA PENETROMETRICA DINAMICA

Committente: Amministrazione Provinciale dell'Aquila – Settore viabilità
Descrizione: Messa in sicurezza e adeguamento funzionale delle strade provinciali
Localita': Sp 72 di Capestrano

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 $\delta$) 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 $\alpha$);
- avanzamento (penetrazione) $\delta$;
- 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 δ = 10 cm, punta conica (α=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 δ = 10 cm, punta conica (α= 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 δ=30 cm, punta conica (α = 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 δ=20-30 cm, punta conica conica (α = 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:

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

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

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

## Metodologia di Elaborazione

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

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

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

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

In particolare, consente di ottenere informazioni su:

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

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

dove n è il numero di letture.

**Pressione ammissibile**

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

## Correlazioni geotecniche terreni incoerenti

***Liquefazione***

Permette di calcolare utilizzando dati 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) σ >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) σ >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 1,40 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 | 15 | 0,805 | 12,44 | 15,46 | 621,83 | 772,81 |
| 0,40 | 9 | 0,851 | 7,89 | 9,27 | 394,49 | 463,69 |
| 0,60 | 6 | 0,847 | 4,81 | 5,67 | 240,30 | 283,71 |
| 0,80 | 6 | 0,843 | 4,79 | 5,67 | 239,26 | 283,71 |
| 1,00 | 31 | 0,690 | 20,22 | 29,32 | 1011,07 | 1465,83 |
| 1,20 | 59 | 0,636 | 35,50 | 55,80 | 1775,06 | 2789,81 |
| 1,40 | 100 | 0,633 | 59,85 | 94,57 | 2992,50 | 4728,49 |

| 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 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0,8 | 7 | 6,87 | Incoerente - coesivo | 0 | 19,42 | 21,38 | 7,77 | 1,47 | 10,29 |
| 1,2 | 45 | 42,56 | Incoerente - coesivo | 0 | 24,52 | 24,52 | 20,44 | 1,47 | 66,15 |
| 1,4 | 100 | 94,57 | Incoerente - coesivo | 0 | 24,52 | 24,52 | 27,8 | 1,47 | 147 |

## 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] - | 10,29 | 0,80 | 68,16 | 126,11 | 49,03 - 98,07 | 40,31 | 99,05 | 206,14 | 89,24 | 120,03 | 50,50 | 169,07 | 126,11 |
| [2] - | 66,15 | 1,20 | 437,87 | 810,91 | 0,00 | 213,98 | 651,06 | 1276,83 | 439,34 | 763,64 | 324,40 | 1137,38 | 810,91 |
| [3] - | 147 | 1,40 | 973,02 | 1801,97 | 0,00 | 329,80 | 1460,70 | 2837,06 | 544,56 | 2380,07 | 720,79 | 2549,73 | 1801,97 |

Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)

| | NSPT | Prof. Strato (m) | Correlazione | Qc (Mpa) |
|---|---|---|---|---|
| [1] - | 10,29 | 0,80 | Robertson (1983) | 2,02 |
| [2] - | 66,15 | 1,20 | Robertson (1983) | 12,97 |
| [3] - | 147 | 1,40 | 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] - | 10,29 | 0,80 | 4,63 | -- | 10,47 | 10,09 |
| [2] - | 66,15 | 1,20 | 29,76 | -- | 66,34 | 64,87 |
| [3] - | 147 | 1,40 | 66,14 | -- | 147,21 | 144,16 |

Modulo di Young (Mpa)

| | NSPT | Prof. Strato (m) | Schultze | Apollonia |
|---|---|---|---|---|
| [1] - | 10,29 | 0,80 | 9,60 | 10,09 |
| [2] - | 66,15 | 1,20 | 72,60 | 64,87 |
| [3] - | 147 | 1,40 | 163,78 | 144,16 |

Classificazione AGI

| | NSPT | Prof. Strato (m) | Correlazione | Classificazione |
|---|---|---|---|---|
| [1] - | 10,29 | 0,80 | A.G.I. (1977) | CONSISTENTE |
| [2] - | 66,15 | 1,20 | A.G.I. (1977) | ESTREM. CONSISTENTE |
| [3] - | 147 | 1,40 | A.G.I. (1977) | ESTREM. CONSISTENTE |

Peso unita' di volume

| | NSPT | Prof. Strato (m) | Correlazione | Peso unita' di volume ($KN/m^3$) |
|---|---|---|---|---|
| [1] - | 10,29 | 0,80 | Meyerhof | 19,42 |
| [2] - | 66,15 | 1,20 | Meyerhof | 24,52 |
| [3] - | 147 | 1,40 | Meyerhof | 24,52 |

Peso unita' di volume saturo

| | NSPT | Prof. Strato (m) | Correlazione | Peso unita' di volume saturo ($KN/m^3$) |
|---|---|---|---|---|
| [1] - | 10,29 | 0,80 | Meyerhof | 21,38 |
| [2] - | 66,15 | 1,20 | Meyerhof | 24,52 |
| [3] - | 147 | 1,40 | Meyerhof | 24,52 |

# TERRENI INCOERENTI

Densita' relativa

| | NSPT | Prof. Strato (m) | Gibbs & Holtz 1957 | Meyerhof 1957 | Schultze & Menzenbach (1961) | Skempton 1986 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| [1] - | 10,29 | 0,80 | 40,14 | 76,31 | 100 | 33,63 |
| [2] - | 66,15 | 1,20 | 86,94 | 100 | 100 | 97,95 |
| [3] - | 147 | 1,40 | 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] - | 10,29 | 0,80 | 10,29 | 29,94 | 22,94 | 30,88 | 34,28 | 33,78 | 38,68 | <30 | 27,42 | 30,09 | 27,54 | 29,35 |
| [2] - | 66,15 | 1,20 | 66,15 | 45,9 | 38,9 | 46,52 | 35,2 | 42,4 | 42 | >38 | 46,5 | 46,85 | 34,1 | 51,37 |
| [3] - | 147 | 1,40 | 147 | 69 | 62 | 69,16 | 35,82 | 10,65 | 42 | >38 | 61,96 | 71,1 | 36,84 | 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] - | 10,29 | 0,80 | 10,29 | 22,45 | 8,07 | 11,98 | 25,22 | 12,40 |
| [2] - | 66,15 | 1,20 | 66,15 | 56,93 | 51,90 | 76,62 | 66,30 | 39,79 |
| [3] - | 147 | 1,40 | 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] - | 10,29 | 0,80 | 10,29 | 6,05 | 4,77 | 7,16 | 8,23 |
| [2] - | 66,15 | 1,20 | 66,15 | 38,92 | 16,02 | 46,06 | 32,66 |
| [3] - | 147 | 1,40 | 147 | 86,49 | 32,30 | 102,35 | 68,02 |

Classificazione AGI

| | NSPT | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione | Classificazione AGI |
|---|---|---|---|---|---|
| [1] - | 10,29 | 0,80 | 10,29 | Classificazione A.G.I | MODERATAMENTE ADDENSATO |
| [2] - | 66,15 | 1,20 | 66,15 | Classificazione A.G.I | MOLTO ADDENSATO |
| [3] - | 147 | 1,40 | 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] - | 10,29 | 0,80 | 10,29 | Terzaghi-Peck 1948 | 14,53 |
| [2] - | 66,15 | 1,20 | 66,15 | Terzaghi-Peck 1948 | 18,93 |
| [3] - | 147 | 1,40 | 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] - | 10,29 | 0,80 | 10,29 | Terzaghi-Peck 1948 | 18,85 |
| [2] - | 66,15 | 1,20 | 66,15 | Terzaghi-Peck 1948 | 21,56 |
| [3] - | 147 | 1,40 | 147 | Terzaghi-Peck 1948 | 19,96 |

Modulo di Poisson

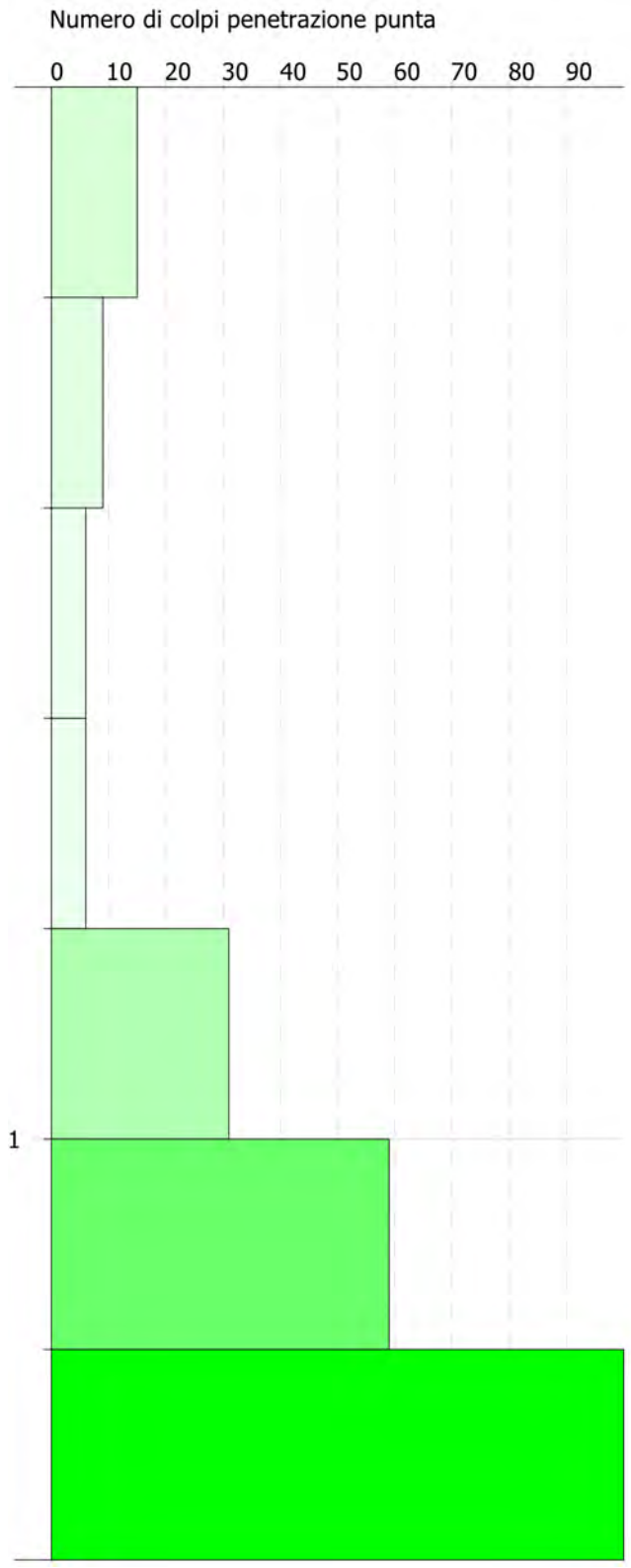
| | NSPT | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione | Poisson |
|---|---|---|---|---|---|
| [1] - | 10,29 | 0,80 | 10,29 | (A.G.I.) | 0,33 |
| [2] - | 66,15 | 1,20 | 66,15 | (A.G.I.) | 0,22 |
| [3] - | 147 | 1,40 | 147 | (A.G.I.) | 0,06 |

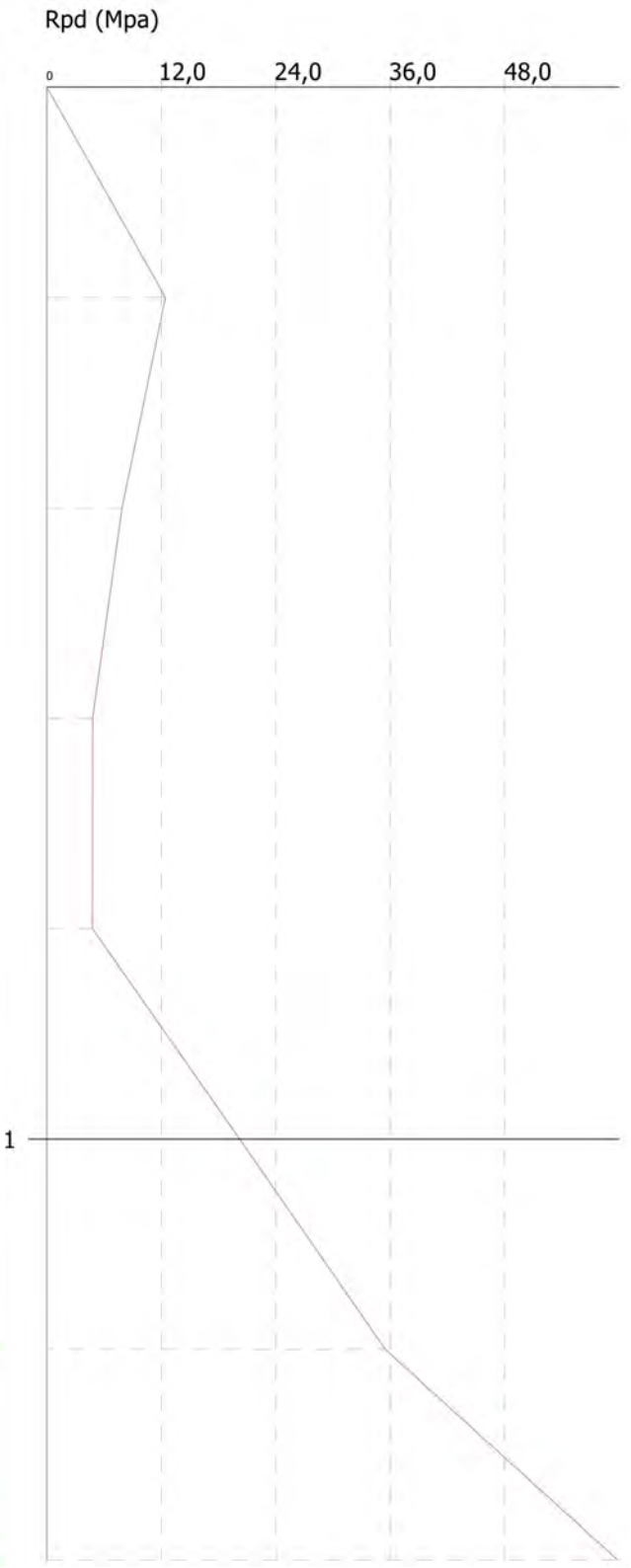
Modulo di deformazione a taglio dinamico (Mpa)

| | NSPT | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Ohsaki (Sabbie pulite) | Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982) |
|---|---|---|---|---|---|
| [1] - | 10,29 | 0,80 | 10,29 | 57,03 | 50,93 |
| [2] - | 66,15 | 1,20 | 66,15 | 327,89 | 158,77 |
| [3] - | 147 | 1,40 | 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] - | 10,29 | 0,80 | 10,29 | Ohta & Goto (1978) Limi | 85,8 |
| [2] - | 66,15 | 1,20 | 66,15 | Ohta & Goto (1978) Limi | 141,28 |
| [3] - | 147 | 1,40 | 147 | Ohta & Goto (1978) Limi | 170,63 |


Numero di colpi penetrazione punta
0
10
20
30
40
50
60
70
80
90
1


Rpd (Mpa)
0
12,0
24,0
36,0
48,0
1




Prova PD/1: postazione



Prova PD/1: punta a recupero

**PROVA PD/2**

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 | 13 | 0,805 | 10,78 | 13,40 | 538,92 | 669,77 |
| 0,40 | 5 | 0,851 | 4,38 | 5,15 | 219,16 | 257,60 |
| 0,60 | 4 | 0,847 | 3,20 | 3,78 | 160,20 | 189,14 |
| 0,80 | 3 | 0,843 | 2,39 | 2,84 | 119,63 | 141,85 |
| 1,00 | 3 | 0,840 | 2,38 | 2,84 | 119,12 | 141,85 |
| 1,20 | 4 | 0,836 | 3,16 | 3,78 | 158,17 | 189,14 |
| 1,40 | 3 | 0,833 | 2,36 | 2,84 | 118,15 | 141,85 |
| 1,60 | 4 | 0,830 | 2,90 | 3,50 | 144,98 | 174,77 |
| 1,80 | 8 | 0,826 | 5,78 | 6,99 | 288,84 | 349,54 |
| 2,00 | 21 | 0,723 | 13,27 | 18,35 | 663,56 | 917,55 |
| 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 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1,6 | 3,71 | 3,53 | Incoerente - coesivo | 0 | 17,46 | 18,44 | 13,97 | 1,47 | 5,45 |
| 2 | 14,5 | 12,67 | Incoerente - coesivo | 0 | 20,59 | 20,89 | 32,05 | 1,47 | 21,32 |
| 2,2 | 100 | 87,39 | Incoerente - coesivo | 0 | 24,52 | 24,52 | 38,62 | 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) Benassi e Vannelli | Fletcher (1965) Argilla di Chicago | Houston (1960) | Shioi - Fukui 1982 | Begemann | De Beer |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| [1] - | 5,45 | 1,60 | 33,44 | 66,78 | 24,52 - 49,03 | 21,67 | 52,07 | 105,91 | 48,25 | 82,38 | 26,67 | 75,51 | 66,78 |
| [2] - | 21,32 | 2,00 | 141,12 | 261,35 | 98,07 - 196,13 | 80,71 | 207,02 | 380,11 | 176,32 | 216,43 | 104,54 | 343,92 | 261,35 |
| [3] - | 147 | 2,20 | 973,02 | 1801,97 | 0,00 | 329,80 | 1460,70 | 2621,71 | 544,56 | 2380,07 | 720,79 | 2535,71 | 1801,97 |

Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)

| | NSPT | Prof. Strato (m) | Correlazione | Qc (Mpa) |
|---|---|---|---|---|
| [1] - | 5,45 | 1,60 | Robertson (1983) | 1,07 |
| [2] - | 21,32 | 2,00 | Robertson (1983) | 4,18 |
| [3] - | 147 | 2,20 | 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] - | 5,45 | 1,60 | 2,45 | 8,02 | 5,63 | 6,68 |
| [2] - | 21,32 | 2,00 | 9,59 | -- | 21,50 | 20,91 |
| [3] - | 147 | 2,20 | 66,14 | -- | 147,21 | 144,16 |

Modulo di Young (Mpa)

| | NSPT | Prof. Strato (m) | Schultze | Apollonia |
|---|---|---|---|---|
| [1] - | 5,45 | 1,60 | 4,15 | 5,34 |
| [2] - | 21,32 | 2,00 | 22,04 | 20,91 |
| [3] - | 147 | 2,20 | 163,78 | 144,16 |

Classificazione AGI

| | NSPT | Prof. Strato (m) | Correlazione | Classificazione |
|---|---|---|---|---|
| [1] - | 5,45 | 1,60 | A.G.I. (1977) | MODERAT. CONSISTENTE |
| [2] - | 21,32 | 2,00 | A.G.I. (1977) | MOLTO CONSISTENTE |
| [3] - | 147 | 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] - | 5,45 | 1,60 | Meyerhof | 17,46 |
| [2] - | 21,32 | 2,00 | Meyerhof | 20,59 |
| [3] - | 147 | 2,20 | Meyerhof | 24,52 |

Peso unita' di volume saturo

| | NSPT | Prof. Strato (m) | Correlazione | Peso unita' di volume saturo ($KN/m^3$) |
|---|---|---|---|---|
| [1] - | 5,45 | 1,60 | Meyerhof | 18,44 |
| [2] - | 21,32 | 2,00 | Meyerhof | 20,89 |
| [3] - | 147 | 2,20 | Meyerhof | 24,52 |

# TERRENI INCOERENTI

Densita' relativa

| | NSPT | Prof. Strato (m) | Gibbs & Holtz 1957 | Meyerhof 1957 | Schultze & Menzenbach (1961) | Skempton 1986 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| [1] - | 5,45 | 1,60 | 25,67 | 53,41 | 64,14 | 22,02 |
| [2] - | 21,32 | 2,00 | 51,53 | 95,69 | 99,04 | 53,14 |
| [3] - | 147 | 2,20 | 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] - | 5,45 | 1,60 | 5,45 | 28,56 | 21,56 | 29,53 | 31,98 | 31,86 | 0 | <30 | 24,04 | 28,64 | 24,89 | 25,44 |
| [2] - | 21,32 | 2,00 | 21,32 | 33,09 | 26,09 | 33,97 | 32,38 | 37,46 | 41,4 | 30-32 | 32,88 | 33,4 | 29,36 | 35,65 |
| [3] - | 147 | 2,20 | 147 | 69 | 62 | 69,16 | 35,11 | 10,65 | 42 | >38 | 61,96 | 71,1 | 36,42 | 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] - | 5,45 | 1,60 | 5,45 | --- | 4,28 | --- | --- | --- |
| [2] - | 21,32 | 2,00 | 21,32 | 32,32 | 16,73 | 24,74 | 33,33 | 17,81 |
| [3] - | 147 | 2,20 | 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] - | 5,45 | 1,60 | 5,45 | --- | 3,79 | 3,79 | 6,11 |
| [2] - | 21,32 | 2,00 | 21,32 | 12,54 | 6,99 | 14,84 | 13,05 |
| [3] - | 147 | 2,20 | 147 | 86,49 | 32,30 | 102,35 | 68,02 |

Classificazione AGI

| | NSPT | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione | Classificazione AGI |
|---|---|---|---|---|---|
| [1] - | 5,45 | 1,60 | 5,45 | Classificazione A.G.I | POCO ADDENSATO |
| [2] - | 21,32 | 2,00 | 21,32 | Classificazione A.G.I | MODERATAMENTE ADDENSATO |
| [3] - | 147 | 2,20 | 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] - | 5,45 | 1,60 | 5,45 | Terzaghi-Peck 1948 | 13,91 |
| [2] - | 21,32 | 2,00 | 21,32 | Terzaghi-Peck 1948 | 15,79 |
| [3] - | 147 | 2,20 | 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] - | 5,45 | 1,60 | 5,45 | Terzaghi-Peck 1948 | 18,47 |
| [2] - | 21,32 | 2,00 | 21,32 | Terzaghi-Peck 1948 | 19,63 |
| [3] - | 147 | 2,20 | 147 | Terzaghi-Peck 1948 | 19,96 |

Modulo di Poisson

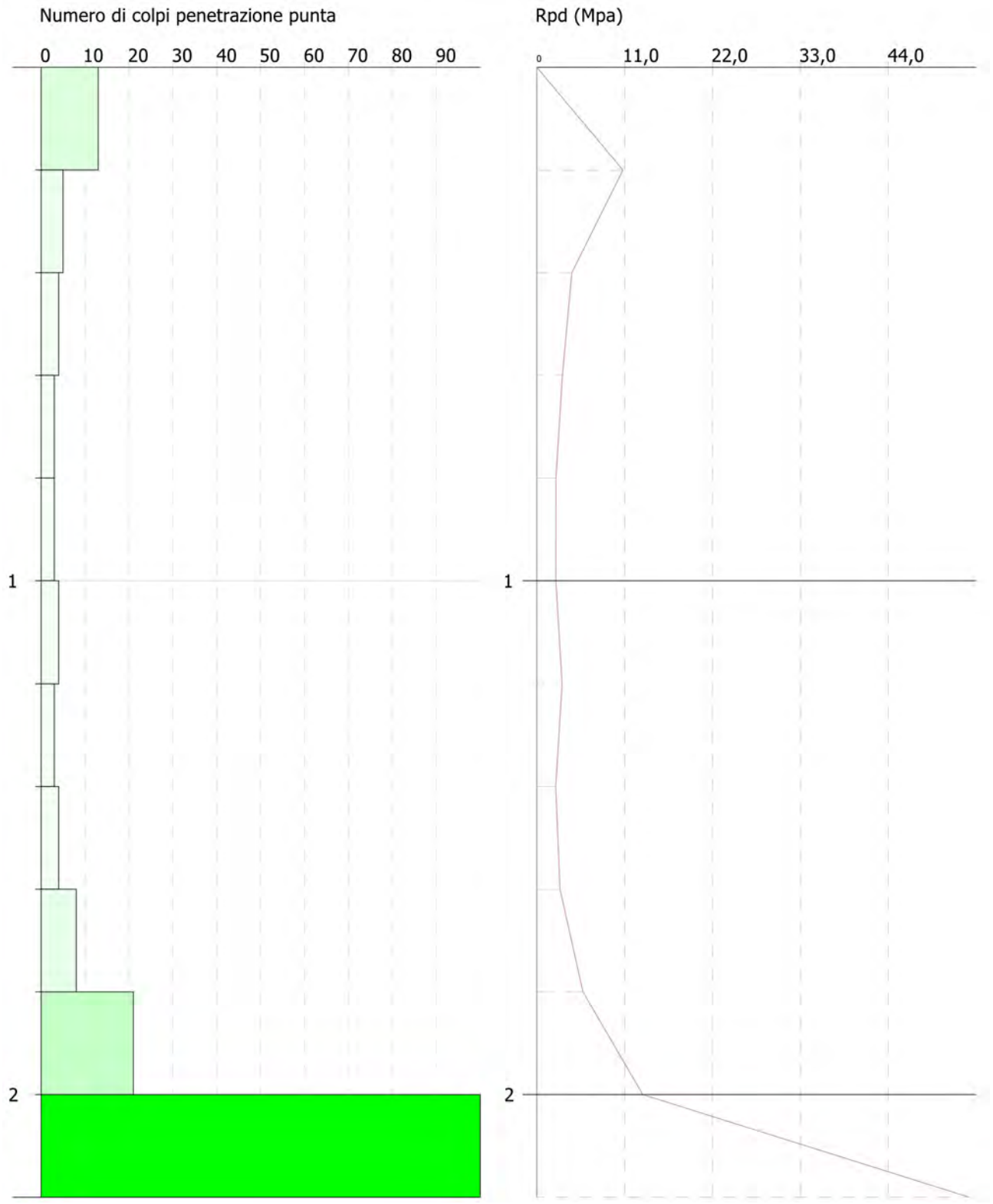
| | NSPT | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione | Poisson |
|---|---|---|---|---|---|
| [1] - | 5,45 | 1,60 | 5,45 | (A.G.I.) | 0,34 |
| [2] - | 21,32 | 2,00 | 21,32 | (A.G.I.) | 0,31 |
| [3] - | 147 | 2,20 | 147 | (A.G.I.) | 0,06 |

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] - | 5,45 | 1,60 | 5,45 | 31,38 | 34,54 |
| [2] - | 21,32 | 2,00 | 21,32 | 113,11 | 79,49 |
| [3] - | 147 | 2,20 | 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] - | 5,45 | 1,60 | 5,45 | Ohta & Goto (1978) Limi | 87,86 |
| [2] - | 21,32 | 2,00 | 21,32 | Ohta & Goto (1978) Limi | 130,1 |
| [3] - | 147 | 2,20 | 147 | Ohta & Goto (1978) Limi | 187,18 |


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/2: postazione



Prova PD/2: punta a recupero

**PROVA PD/3**

Strumento utilizzato DPSH TG 63-200 PAGANI
Profondita' prova 3,00 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 | 7 | 0,855 | 6,16 | 7,21 | 308,22 | 360,64 |
| 0,40 | 8 | 0,851 | 7,01 | 8,24 | 350,66 | 412,17 |
| 0,60 | 8 | 0,847 | 6,41 | 7,57 | 320,40 | 378,28 |
| 0,80 | 6 | 0,843 | 4,79 | 5,67 | 239,26 | 283,71 |
| 1,00 | 5 | 0,840 | 3,97 | 4,73 | 198,54 | 236,42 |
| 1,20 | 5 | 0,836 | 3,95 | 4,73 | 197,71 | 236,42 |
| 1,40 | 2 | 0,833 | 1,58 | 1,89 | 78,76 | 94,57 |
| 1,60 | 3 | 0,830 | 2,17 | 2,62 | 108,74 | 131,08 |
| 1,80 | 4 | 0,826 | 2,89 | 3,50 | 144,42 | 174,77 |
| 2,00 | 4 | 0,823 | 2,88 | 3,50 | 143,87 | 174,77 |
| 2,20 | 8 | 0,820 | 5,73 | 6,99 | 286,67 | 349,54 |
| 2,40 | 11 | 0,817 | 7,85 | 9,61 | 392,74 | 480,62 |
| 2,60 | 13 | 0,764 | 8,07 | 10,56 | 403,45 | 527,90 |
| 2,80 | 81 | 0,611 | 40,22 | 65,78 | 2011,11 | 3289,23 |
| 3,00 | 100 | 0,609 | 49,43 | 81,22 | 2471,69 | 4060,78 |

| 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 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1,2 | 6,5 | 6,36 | Incoerente - coesivo | 0 | 19,12 | 20,99 | 11,47 | 1,47 | 9,56 |
| 2 | 3,25 | 2,88 | Incoerente - coesivo | 0 | 17,16 | 18,44 | 29,81 | 1,47 | 4,78 |
| 2,6 | 10,67 | 9,05 | Incoerente - coesivo | 0 | 20,3 | 22,36 | 42,76 | 1,47 | 15,68 |
| 3 | 90,5 | 73,5 | Incoerente - coesivo | 0 | 24,52 | 24,52 | 53,76 | 1,47 | 133,04 |

## 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] - | 9,56 | 1,20 | 63,25 | 117,19 | 49,03 - 98,07 | 37,56 | 91,99 | 190,84 | 83,16 | 114,15 | 46,88 | 151,02 | 117,19 |
| [2] - | 4,78 | 2,00 | 29,32 | 58,64 | 24,52 - 49,03 | 19,02 | 45,60 | 86,40 | 42,36 | 77,47 | 23,44 | 59,23 | 58,64 |
| [3] - | 15,68 | 2,60 | 103,75 | 192,21 | 98,07 - 196,13 | 60,41 | 151,71 | 271,55 | 132,88 | 165,24 | 76,88 | 236,93 | 192,21 |
| [4] - | 133,04 | 3,00 | 880,64 | 1630,85 | 0,00 | 321,17 | 1320,37 | 2205,03 | 560,35 | 2043,12 | 652,34 | 2277,20 | 1630,85 |

Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)

| | NSPT | Prof. Strato (m) | Correlazione | Qc (Mpa) |
|---|---|---|---|---|
| [1] - | 9,56 | 1,20 | Robertson (1983) | 1,88 |
| [2] - | 4,78 | 2,00 | Robertson (1983) | 0,94 |
| [3] - | 15,68 | 2,60 | Robertson (1983) | 3,08 |
| [4] - | 133,04 | 3,00 | Robertson (1983) | 26,09 |

Modulo Edometrico (Mpa)

| | NSPT | Prof. Strato (m) | Stroud e Butler (1975) | Vesic (1970) | Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner | Buisman-Sanglerat |
|---|---|---|---|---|---|---|
| [1] - | 9,56 | 1,20 | 4,30 | -- | 9,74 | 11,72 |
| [2] - | 4,78 | 2,00 | 2,15 | 7,03 | 4,96 | 5,86 |
| [3] - | 15,68 | 2,60 | 7,05 | -- | 15,86 | 15,38 |
| [4] - | 133,04 | 3,00 | 59,86 | -- | 133,24 | 130,47 |

Modulo di Young (Mpa)

| | NSPT | Prof. Strato (m) | Schultze | Apollonia |
|---|---|---|---|---|
| [1] - | 9,56 | 1,20 | 8,78 | 9,38 |
| [2] - | 4,78 | 2,00 | 3,39 | 4,69 |
| [3] - | 15,68 | 2,60 | 15,68 | 15,38 |
| [4] - | 133,04 | 3,00 | 148,04 | 130,47 |

Classificazione AGI

| | NSPT | Prof. Strato (m) | Correlazione | Classificazione |
|---|---|---|---|---|
| [1] - | 9,56 | 1,20 | A.G.I. (1977) | CONSISTENTE |
| [2] - | 4,78 | 2,00 | A.G.I. (1977) | MODERAT. CONSISTENTE |
| [3] - | 15,68 | 2,60 | A.G.I. (1977) | MOLTO CONSISTENTE |
| [4] - | 133,04 | 3,00 | A.G.I. (1977) | ESTREM. CONSISTENTE |

Peso unita' di volume

| | NSPT | Prof. Strato (m) | Correlazione | Peso unita' di volume (KN/m³) |
|---|---|---|---|---|
| [1] - | 9,56 | 1,20 | Meyerhof | 19,12 |
| [2] - | 4,78 | 2,00 | Meyerhof | 17,16 |
| [3] - | 15,68 | 2,60 | Meyerhof | 20,30 |
| [4] - | 133,04 | 3,00 | Meyerhof | 24,52 |

Peso unita' di volume saturo

| | NSPT | Prof. Strato (m) | Correlazione | Peso unita' di volume saturo (KN/m³) |
|---|---|---|---|---|
| [1] - | 9,56 | 1,20 | Meyerhof | 20,99 |
| [2] - | 4,78 | 2,00 | Meyerhof | 18,44 |
| [3] - | 15,68 | 2,60 | Meyerhof | 22,36 |
| [4] - | 133,04 | 3,00 | Meyerhof | 24,52 |

# TERRENI INCOERENTI

Densita' relativa

| | NSPT | Prof. Strato (m) | Gibbs & Holtz 1957 | Meyerhof 1957 | Schultze & Menzenbach (1961) | Skempton 1986 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| [1] - | 9,56 | 1,20 | 37,63 | 71,84 | 88,35 | 32,01 |
| [2] - | 4,78 | 2,00 | 20,39 | 45,82 | 49,39 | 20,24 |
| [3] - | 15,68 | 2,60 | 42,07 | 78,02 | 79,29 | 44,23 |
| [4] - | 133,04 | 3,00 | 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] - | 9,56 | 1,20 | 9,56 | 29,73 | 22,73 | 30,68 | 33,32 | 33,5 | 0 | <30 | 26,97 | 29,87 | 27,11 | 28,83 |
| [2] - | 4,78 | 2,00 | 4,78 | 28,37 | 21,37 | 29,34 | 30,12 | 31,58 | 0 | <30 | 23,47 | 28,43 | 23,78 | 24,78 |
| [3] - | 15,68 | 2,60 | 15,68 | 31,48 | 24,48 | 32,39 | 31,26 | 35,7 | 38,92 | 30-32 | 30,34 | 31,7 | 27,78 | 32,71 |
| [4] - | 133,04 | 3,00 | 133,04 | 65,01 | 58,01 | 65,25 | 34,23 | 19,87 | 42 | >38 | 59,67 | 66,91 | 35,46 | 66,58 |

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] - | 9,56 | 1,20 | 9,56 | --- | 7,50 | 11,13 | --- | --- |
| [2] - | 4,78 | 2,00 | 4,78 | --- | 3,75 | --- | --- | --- |
| [3] - | 15,68 | 2,60 | 15,68 | 27,72 | 12,30 | 18,21 | 29,18 | 15,04 |
| [4] - | 133,04 | 3,00 | 133,04 | 80,74 | 104,37 | 154,02 | 115,50 | 72,59 |

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] - | 9,56 | 1,20 | 9,56 | --- | 4,62 | 6,66 | 7,91 |
| [2] - | 4,78 | 2,00 | 4,78 | --- | 3,66 | 3,33 | 5,82 |
| [3] - | 15,68 | 2,60 | 15,68 | 9,23 | 5,85 | 10,92 | 10,58 |
| [4] - | 133,04 | 3,00 | 133,04 | 78,28 | 29,49 | 92,63 | 61,92 |

Classificazione AGI

| | NSPT | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione | Classificazione AGI |
|---|---|---|---|---|---|
| [1] - | 9,56 | 1,20 | 9,56 | Classificazione A.G.I | POCO ADDENSATO |
| [2] - | 4,78 | 2,00 | 4,78 | Classificazione A.G.I | POCO ADDENSATO |
| [3] - | 15,68 | 2,60 | 15,68 | Classificazione A.G.I | MODERATAMENTE ADDENSATO |
| [4] - | 133,04 | 3,00 | 133,04 | 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] - | 9,56 | 1,20 | 9,56 | Terzaghi-Peck 1948 | 14,44 |
| [2] - | 4,78 | 2,00 | 4,78 | Terzaghi-Peck 1948 | 13,82 |
| [3] - | 15,68 | 2,60 | 15,68 | Terzaghi-Peck 1948 | 15,17 |
| [4] - | 133,04 | 3,00 | 133,04 | Terzaghi-Peck 1948 | 17,64 |

Peso unita' di volume saturo

| | NSPT | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione | Peso Unita' Volume Saturo (KN/m³) |
|---|---|---|---|---|---|
| [1] - | 9,56 | 1,20 | 9,56 | Terzaghi-Peck 1948 | 18,79 |
| [2] - | 4,78 | 2,00 | 4,78 | Terzaghi-Peck 1948 | 18,41 |
| [3] - | 15,68 | 2,60 | 15,68 | Terzaghi-Peck 1948 | 19,25 |
| [4] - | 133,04 | 3,00 | 133,04 | Terzaghi-Peck 1948 | 20,71 |

Modulo di Poisson

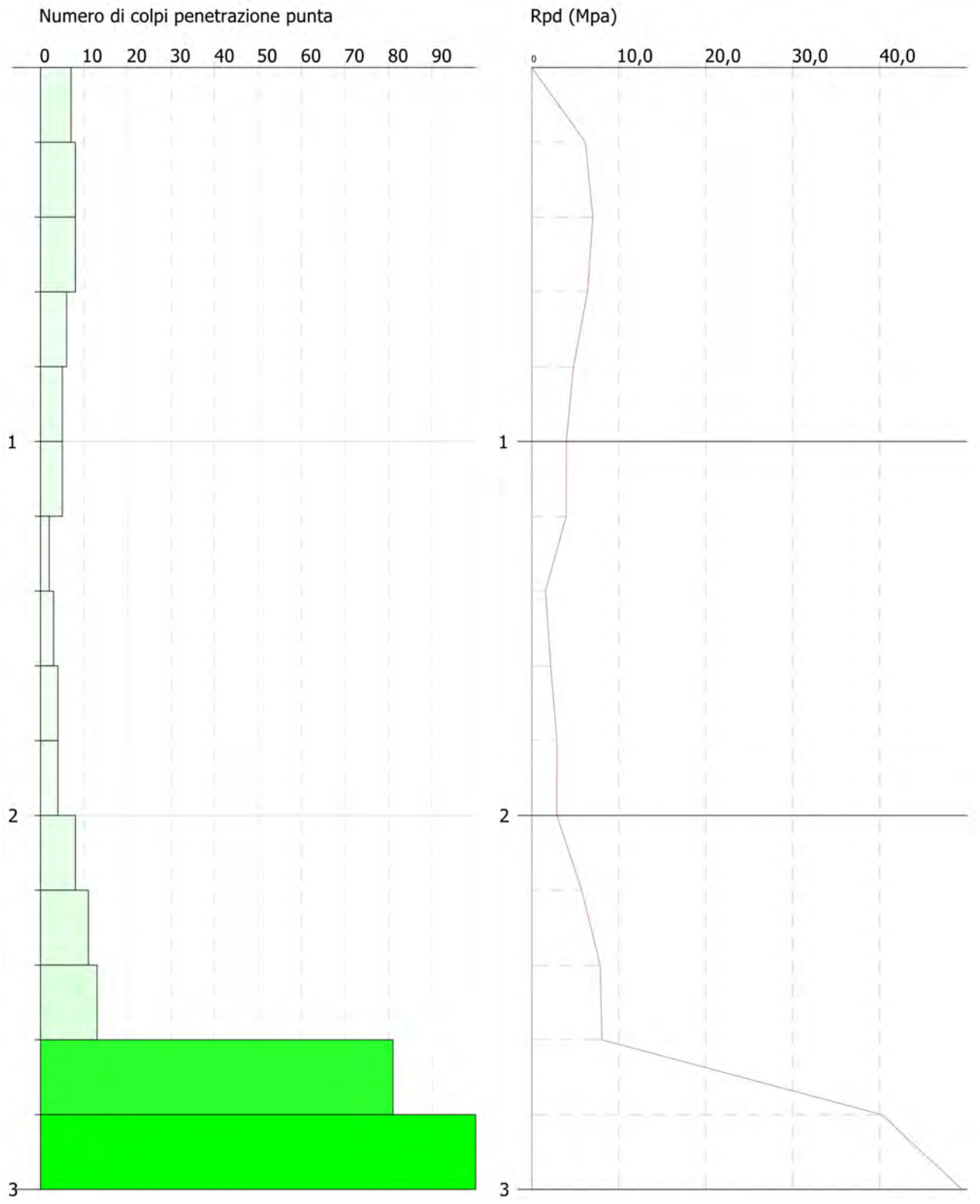
| | NSPT | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione | Poisson |
|---|---|---|---|---|---|
| [1] - | 9,56 | 1,20 | 9,56 | (A.G.I.) | 0,34 |
| [2] - | 4,78 | 2,00 | 4,78 | (A.G.I.) | 0,34 |
| [3] - | 15,68 | 2,60 | 15,68 | (A.G.I.) | 0,32 |
| [4] - | 133,04 | 3,00 | 133,04 | (A.G.I.) | 0,09 |

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] - | 9,56 | 1,20 | 9,56 | 53,22 | 48,70 |
| [2] - | 4,78 | 2,00 | 4,78 | 27,74 | 31,88 |
| [3] - | 15,68 | 2,60 | 15,68 | 84,73 | 65,88 |
| [4] - | 133,04 | 3,00 | 133,04 | 632,38 | 243,32 |

Velocita' onde di taglio

| | NSPT | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione | Velocita' onde di taglio (m/s) |
|---|---|---|---|---|---|
| [1] - | 9,56 | 1,20 | 9,56 | Ohta & Goto (1978) Limi | 91,61 |
| [2] - | 4,78 | 2,00 | 4,78 | Ohta & Goto (1978) Limi | 98,19 |
| [3] - | 15,68 | 2,60 | 15,68 | Ohta & Goto (1978) Limi | 129,34 |
| [4] - | 133,04 | 3,00 | 133,04 | Ohta & Goto (1978) Limi | 194,48 |


Numero di colpi penetrazione punta
0
10
20
30
40
50
60
70
80
90
1
2
3
Rpd (Mpa)
0
10,0
20,0
30,0
40,0
1
2
3



Prova PD/3: postazione



Prova PD/3: punta a recupero

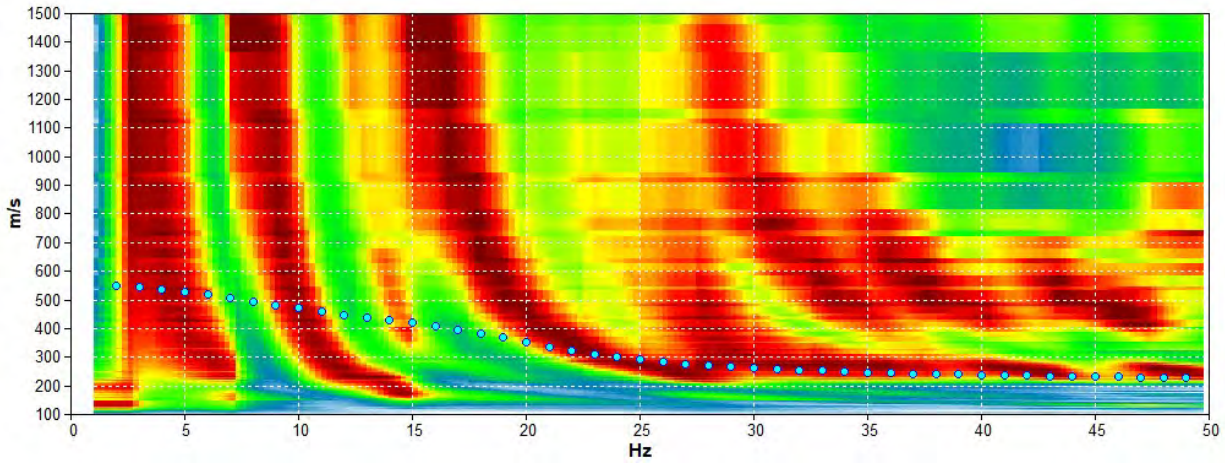
## MASW CAPESTRANO, [Z] SP72

Start recording: 05/09/2025 09:41:33 End recording: 05/09/2025 09:47:33
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

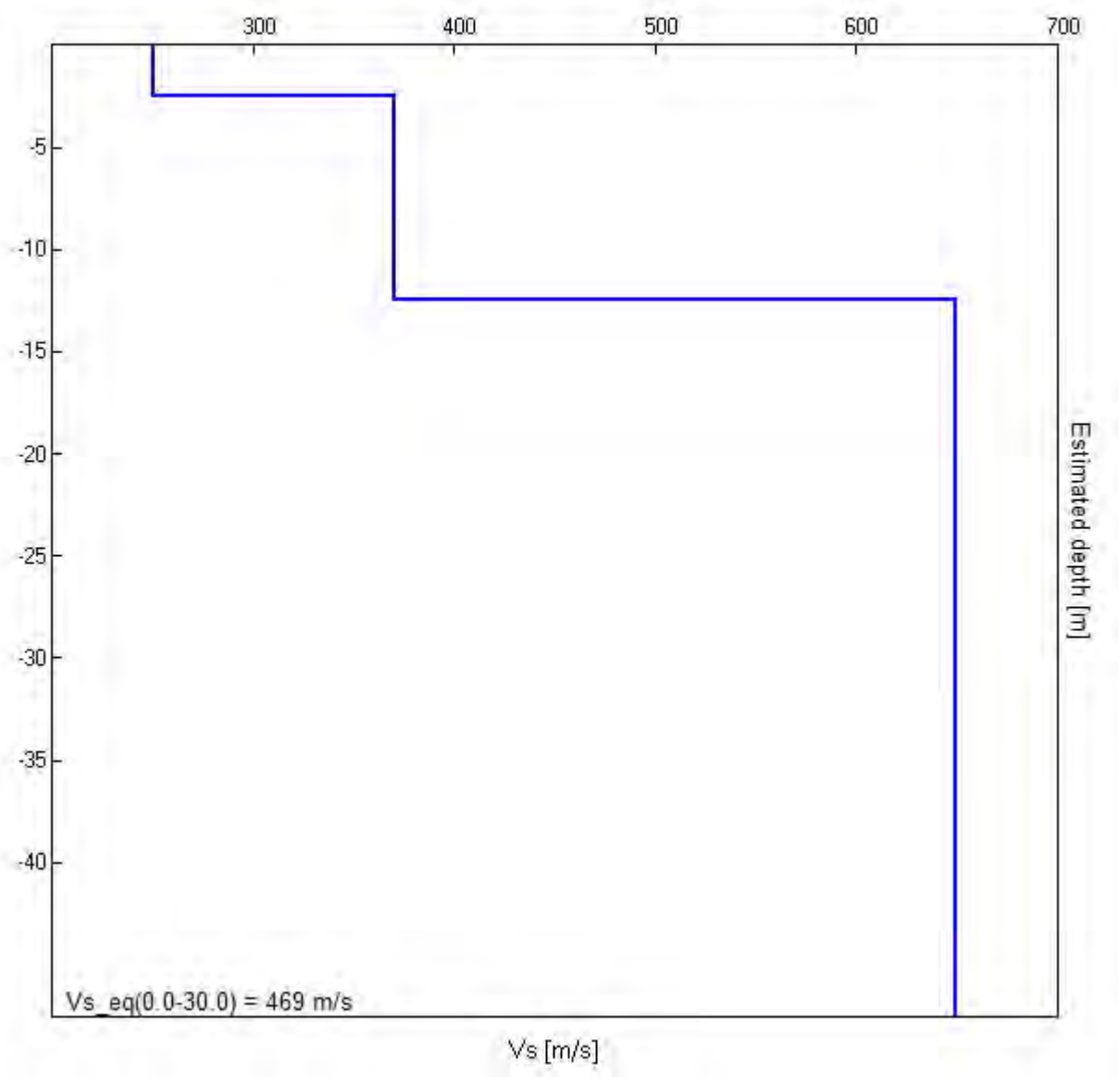
Array geometry (x): 0.0 2.0 4.0 6.0 8.0 10.0 12.0 14.0 16.0 18.0 20.0 22.0 24.0 26.0 28.0 30.0 32.0 34.0 36.0 38.0 40.0 42.0 44.0 46.0 48.0 m.

MODELLED RAYLEIGH WAVE PHASE VELOCITY DISPERSION CURVE



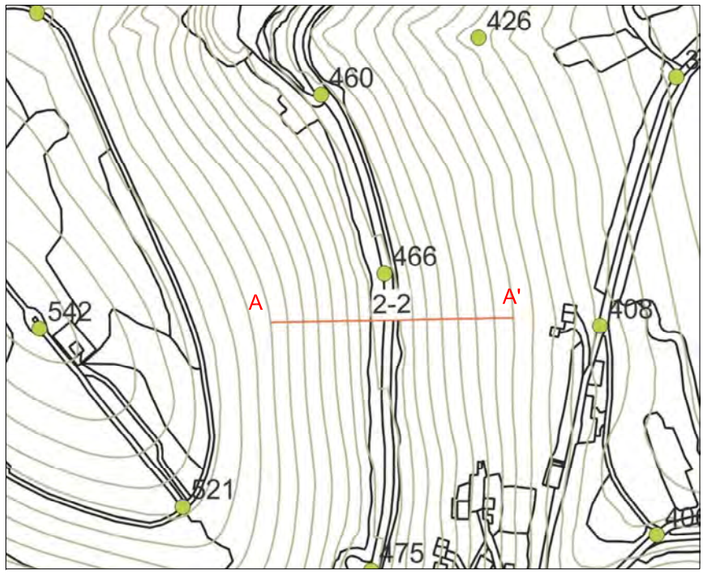

| Depth at the bottom of the layer [m] | Thickness [m] | Vs [m/s] | Poisson ratio |
|---|---|---|---|
| 2.50 | 2.50 | 250 | 0.42 |
| 12.50 | 10.00 | 370 | 0.42 |
| 42.50 | 30.00 | 650 | 0.42 |
| inf. | inf. | 650 | 0.42 |

Vs_eq(0.0-30.0) = 469 m/s


300
400
500
600
700
-5
-10
-15
-20
-25
-30
-35
-40
Estimated depth [m]
Vs_eq(0.0-30.0) = 469 m/s
Vs [m/s]

# SP72-SUB-INTERVENTO 3.3
# SEZIONE LITOSTRATIGRAFICA RAPPRESENTATIVA

*Scala 1:500*




**Legenda**

Terreno di riporto.

Calcari micritici e marnosi in strati medi e sottili molto fratturati ed alterati.

Calcari micritici e marnosi fratturati.

A

A'

