

REGIONE BASILICATA

COMUNE di TRECCHINA
(Provincia di POTENZA)

Lavori di realizzazione dell'intervento relativo al collegamento Noce
Rivello-Colla Maratea, mediante ammodernamento e messa in sicurezza
del percorso stradale esistente della SP 3

STUDIO GEOLOGICO

| | | | | |
|-----------|---|--|------------|----------------|
| ELAB: | COMMITTENTE | ESEGUITO | | DATA |
| | Provincia di POTENZA | Studio di Geologia e Geolngegneria Dr. Geol. Antonio DE CARLO | | Giugno 2014 |
| ALLEGATO | <div>GEO</div> <div>RELAZIONE GEOLOGICA</div> | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| REVISIONI | | | | |
| DATA | DESCRIZIONE | ESEGUITO | VERIFICATO | APPROVATO |
| | | | | |
| | | | | |

I COLLABORATORI
Dr. Bartolo ROMANIELLO

IL GEOLOGO
Dr. Antonio DE CARLO



Studio di Geologia e Geolngegneria

Viale del Seminario Maggiore, 35 -85100 Potenza-

Tel./fax.: 0971.1800373; cell.: (+39).348.3017593; e-mail: studiogeopotenza@libero.it



INDICE ANALITICO

| | |
|---|----|
| 1. PREMESSA | 2 |
| 3. UBICAZIONE DEL SITO D'INTERVENTO | 6 |
| 4. VALUTAZIONE DEL RISCHIO FRANE E ALLUVIONAMENTO DEL SITO..... | 8 |
| 5. DESCRIZIONE DELL'INDAGINE GEOGNOSTICA ESEGUITA IN SITO..... | 10 |
| 5.1 Sondaggio meccanico..... | 10 |
| 5.1.1. Descrizione delle metodologie utilizzate | 10 |
| 5.1.2. Prelievo di campioni | 11 |
| 5.1.3. Analisi e prove geotecniche di laboratorio | 11 |
| 5.2 Indagine geofisica MASW | 11 |
| Come anticipato in premessa, è stata eseguita una campagna di indagini geofisiche costituita da: 11 | |
| 6. INQUADRAMENTO GEOLITOLOGICO DELL'AREA | 13 |
| 7. CARATTERI GEOFISICI DEI TERRENI | 16 |
| 7.1 Risultanze dei rilievi sismici SR1, SR2, SR3, SR4, SR5, SR6 in onda P | 17 |
| 8. DEFINIZIONE DEL MODELLO GEOTECNICO E DEI PARAMETRI GEOTECNICI | 35 |
| 8.1. Analisi e prove geotecniche di laboratorio: definizione del modello geotecnico | 35 |
| 9. CARATTERI IDROGEOLOGICI DEI TERRENI | 45 |
| 10. CARATTERIZZAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA DEL SITO | 47 |
| 10.1. Modello sismico e stima della pericolosità sismica del sito | 47 |
| 11. CONSIDERAZIONI SULLA STABILITÀ DELLE AREE E INTERVENTI DI CONSOLIDAMENTO | 54 |

ELENCO ALLEGATI

- Allegato 01: **Stratigrafie dei sondaggi geognostici e report fotografici;**
- Allegato 02: **Indagini Sismiche;**
- Allegato 03: **Analisi e prove geotecniche di laboratorio;**
- Allegato 04 a/b/c/d: **Carte Tematiche;**
- Allegato 05: **Carta degli Interventi;**
- Allegato 06: **Verifiche analitiche della stabilità.**



1. PREMESSA

L'Amministrazione Provinciale di Potenza ha dato incarico allo scrivente di redigere il presente studio geologico in merito al progetto di **“Lavori di realizzazione dell'intervento relativo al collegamento Noce Rivello-Colla Maratea, mediante ammodernamento e messa in sicurezza del percorso stradale esistente della SP 3 nel Comune di Trecchina (PZ)”**.

La presente relazione è illustrativa della geologia, della geotecnica, della idrogeologia, della morfologia e di tutti i risultati a cui si è giunti relativamente agli areali interessati dal progetto. In particolar modo lo studio è stato finalizzato agli interventi di consolidamento solo di alcuni tratti in frana, individuati rispettivamente al km 15+000, 14+500, 13+700, 12+950 e 12+300, che costituiscono maggiore pericolo per la circolazione veicolare.

Partendo dallo studio geologico e morfologico di superficie, attraverso i dati desunti dalle indagini geognostiche eseguite e delle analisi e prove geotecniche di laboratorio, attraverso la caratterizzazione indiretta mediante indagini sismiche, sono derivate le informazioni geolitologiche e geotecniche relative a tali aree.

Per la definizione del modello litotecnico del sottosuolo sono stati utilizzati metodi di indagine convenzionali e propri per i terreni in cui si è operato:

- Sondaggi meccanici a carotaggio continuo;
- Analisi e prove geotecniche di laboratorio (determinazione di proprietà indice e di stato; Prove di Taglio Diretto CD);
- Indagini Geofisiche.

I dati ed i risultati ottenuti dall'attività diretta di indagine (sondaggi geognostici e analisi e prove di laboratorio) sono stati integrati con quelli ottenuti dall'attività di acquisizione indiretta (indagine geofisica), e ne è scaturita la relativa interpretazione.

Per quanto attiene alle indagini, nel dettaglio sono stati eseguiti:

- n° 05 sondaggi meccanici a carotaggio continuo;
- prelievo di n° 08 campioni indisturbati;
- analisi e prove geotecniche di laboratorio sui n° 08 campioni indisturbati;
- n° 04 prospezione MASW.



- n° 6 prospezioni sismiche a rifrazione in onda P.

Si è altresì fatto riferimento a dati geotecnici in possesso dello scrivente, attinenti a terreni con caratteristiche assimilabili a quelle dell'area di sedime ed alla letteratura geotecnica. Tutto ciò ha consentito di definire le caratteristiche fisiche e le resistenze meccaniche dei terreni di fondazione e, quindi, di verificare geotecnicamente le strutture di consolidamento in termini di interazione tensionale con il terreno di sedime. Alla luce di quanto appena riportato si sono prodotti i seguenti elaborati riportati in allegato alla presente relazione:

- Allegato 01: **Stratigrafie dei sondaggi geognostici e report fotografici;**
- Allegato 02: **Indagini Sismiche;**
- Allegato 03: **Analisi e prove geotecniche di laboratorio;**
- Allegato 04 a/b/c/d: **Carte Tematiche;**
- Allegato 05: **Carta degli Interventi;**
- Allegato 06: **Verifiche analitiche della stabilità.**



2. RIFERIMENTI NORMATIVI E BIBLIOGRAFICI

Nella redazione del presente documento si è fatto riferimento alla normativa vigente ed alla documentazione bibliografica esistente:

- **Normativa di riferimento (nazionale):**

- L.N. 64/74 - Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche;
- D.M. 11.03.1988 - Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione;
- O.P.C.M. 3274/2003 – Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica;
- D.M. 14.09.2005 - Norme Tecniche per le Costruzioni;
- Norme di Attuazione - Piano di Bacino Stralcio Assetto Idrogeologico (PAI) - Autorità di Bacino della Puglia;
- O.P.C.M. 3519/2006 - Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone;
- D.M. LL.PP. del 14.01.2008 - Testo Unitario - Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni;
- Circolare del C.S.LL.PP. n° 617 del 02.02.2009 - Istruzioni per l'applicazione delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni.

- **Normativa di riferimento regionale:**

- L.R. n° 38 del 06.08.1997 - Norme per l' esercizio delle funzioni regionali in materia di difesa del territorio dal rischio sismico;
- L.R. n° 9 del 16.04.1984;
- Delibera del Consiglio Regionale di Basilicata n° 575 del 04.08.2009;
- L.R. 9/2011 – Disposizioni urgenti in materia di microzonazione sismica.

- **Riferimenti cartografici e bibliografici:**

- Foglio 210 Sez. II SE "Rivello" dell'I.G.M.I. (scala 1:25.000);
- Foglio 210 "Lauria" della Carta Geologica d'Italia (scala 1:100.000);



- Elementi 521144 "Trecchina" e 521141 "Castagnara" della Cartografia Tecnica Regionale Numerica (1:5.000);
- Tavole 521144 e 521141 della Carta del Rischio Idrogeologico dell' A.d.B. della Basilicata (scala 1:10.000).

3. UBICAZIONE DEL SITO D'INTERVENTO

Come meglio riportato nelle Carte Tematiche (rif. Alleg. 04 a/b/c/d) gli interventi di consolidamento o di messa in sicurezza sulla SP3, a partire dalla SS 585 "Fondovalle del Fiume Noce", sono stati individuati, di concerto con il Progettista Ing. Bianco Andrea ed il Responsabile del Procedimento Geom. Giuseppe Podano dell'Amministrazione Provinciale di Potenza, in quei tratti in cui è maggiore la pericolosità per la circolazione veicolare. Più precisamente si è deciso di intervenire essenzialmente in n°4 tratti interessati da movimenti franosi individuabili rispettivamente ai km 15+000, 14+500, 13+700--12+950, e 12+300. Nella sottostante fig.01 si riporta in rosso la porzione della SP 3 interessata dai suddetti interventi.



Fig. 01: Veduta aerea dell'area di intervento



Al fine della caratterizzazione delle azioni sismiche di cui al paragrafo 3.2 della normativa e della definizione delle forme spettrali in base ai parametri correlati al reticolo di riferimento, le coordinate dei siti di intervento sono le seguenti:

- **km 15+000:** Latitudine $_{WGS84} = 40,032233^\circ$; Longitudine $_{WGS84} = 15,784498^\circ$
- **km 14+500:** Latitudine $_{WGS84} = 40,034788^\circ$; Longitudine $_{WGS84} = 15,781301^\circ$
- **km 13+700:** Latitudine $_{WGS84} = 40,033512^\circ$; Longitudine $_{WGS84} = 15,790990^\circ$
- **km 12+950:** Latitudine $_{WGS84} = 40,037472^\circ$; Longitudine $_{WGS84} = 15,789183^\circ$

4. VALUTAZIONE DEL RISCHIO FRANE E ALLUVIONAMENTO DEL SITO

La stesura di questa relazione geologica è stata suffragata dalla consultazione del Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico, redatto dall'Autorità di Bacino Interregionale della Basilicata. Questo rappresenta uno strumento conoscitivo, normativo e tecnico-operativo mediante il quale sono programmate e pianificate le azioni e le norme d'uso riguardanti la difesa dal rischio idraulico ed idrogeologico nel territorio di competenza.

Nel caso in esame sono state prese in considerazione le Tavole 521144 e 521141 della Carta del Rischio Idrogeologico come riportato in Fg.02 e 03.

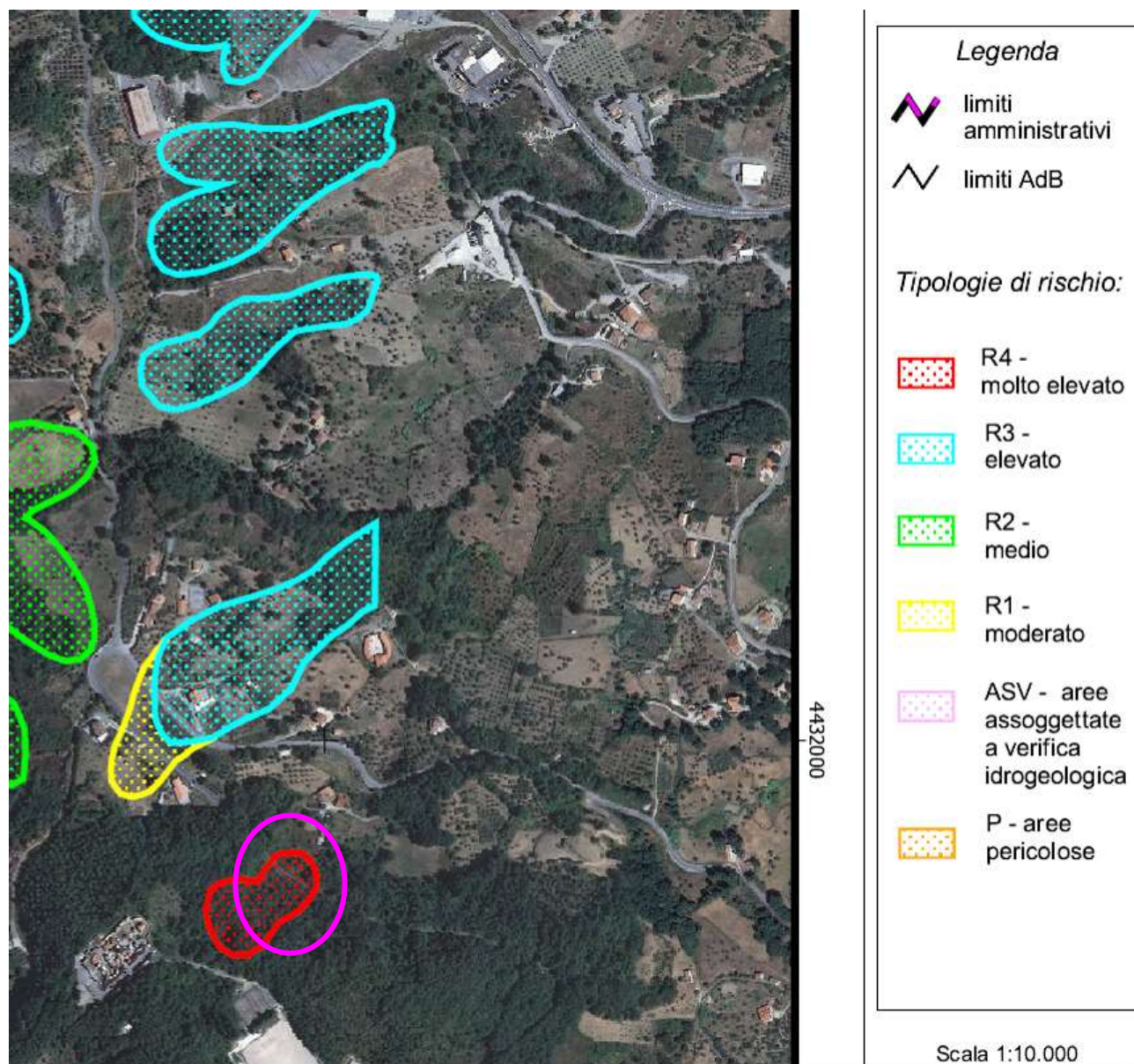


Fig. 02: Tav. 521144: stralcio della "Carta del Rischio Idrogeologico" con ubicazione dell'unico tratto (magenta) perimetrato dall'AdB Basilicata



Fig. 03: Tav. 52114: stralcio della "Carta del Rischio Idrogeologico" dell'AdB Basilicata

Dalla consultazione della suddetta cartografia (fig.2 e 3) si è potuto verificare che solo l'intervento di consolidamento previsto al km 15+000 (circa) è stato perimetrato come area a **rischio idrogeologico molto elevato R4** che, per quanto riportato dall'Art. 16 delle Norme di Attuazione è possibile realizzarlo per quanto riportato al relativo Comma 2:

Modalità di gestione: nelle aree perimetrare a rischio idrogeologico molto elevato, sono consentiti:

- interventi di bonifica, di consolidamento e di difesa dal rischio idrogeologico;
- interventi di sistemazione e miglioramento ambientale finalizzati a ridurre il rischio, compatibili con la stabilità dei suoli e in grado di favorire la ricostruzione dei processi e degli equilibri naturali;
- interventi urgenti delle autorità per la protezione civile e per la difesa del suolo competenti per la salvaguardia di persone e beni a fronte di eventi pericolosi o situazioni di rischio.

Di conseguenza, si esprime giudizio positivo sulla sua fattibilità e compatibilità idrogeologica.

5. DESCRIZIONE DELL'INDAGINE GEOGNOSTICA ESEGUITA IN SITO

Si descrivono di seguito le indagini geognostiche eseguite, la strumentazione utilizzata e le modalità operative. Le indagini sono state svolte in conformità a quanto disposto dal D.M. 14/01/2008 "Norme tecniche per le Costruzioni", oltre che secondo le modalità tecnologiche dell'ANISIG.

5.1 Sondaggio meccanico

Allo scopo di acquisire informazioni litostratigrafiche, geotecniche ed idrogeologiche dei movimenti franosi, sono stati eseguiti nell'area di sedime n°05 sondaggi geognostici, indicati come S1, S2, S3, S4 ed S5. Tutti i sondaggi sono stati attrezzati con tubi inclinometrici fino a fondo foro. Le perforazioni sono state effettuate dal giorno 01 al 10 aprile 2014 utilizzando la sonda a rotazione MDT.

Nella tabella sottostante sono riportati i sondaggi con la sigla d'identificazione, la data di realizzazione, la profondità d'investigazione e la progressiva chilometrica.

| Sigla sondaggio | Data di esecuzione | | Profondità (m. dal p.c.) | Condizionamento dei fori | Progressiva chilometrica (Km) |
|-----------------|--------------------|------------|-----------------------------|-----------------------------|-------------------------------------|
| | Inizio | Fine | | | |
| S1 | 10/04/2014 | 10/04/2014 | 25.00 | Tubo inclinometrico | 15+000 |
| S2 | 01/04/2014 | 02/04/2014 | 18.00 | Tubo inclinometrico | 14+500 |
| S3 | 03/04/2014 | 04/04/2014 | 18.00 | Tubo inclinometrico | 13+700 |
| S4 | 07/04/2014 | 08/04/2014 | 25.00 | Tubo inclinometrico | 12+950 |
| S5 | 08/04/2014 | 09/04/2014 | 18.00 | Tubo inclinometrico | 12+300 |

Tabella 1 – Sondaggio meccanico

5.1.1. Descrizione delle metodologie utilizzate

La perforazione adottata è stata a rotazione ed a carotaggio continuo, con metodo di avanzamento idraulico. L'utensile di perforazione utilizzato è stato il carotiere semplice, diametro nominale $\varnothing_{est} = 101$ mm, lunghezza utile $L = 300$ cm. E' altresì stata utilizzata la tubazione di rivestimento provvisorio (tubo-forma in acciaio, $\varnothing_{est} = 127$ mm) per evitare franamenti e/o chiusure del foro.

Per ogni sondaggio è stata redatta una "stratigrafia litotecnica" contenente i dati identificativi del sito, il tipo di macchina utilizzato e le informazioni sulla natura e sulle caratteristiche dei terreni attraversati, con riferimento allo stato di consistenza/addensamento dei terreni a carattere coesivo e



al TCR (percentuale di carotaggio totale, data dal rapporto percentuale tra la lunghezza delle carote estratte e la lunghezza della manovra di carotaggio o battuta).

Nell'Allegato 01 si riportano le stratigrafie ricostruite a partire dall'analisi delle carote estratte durante la terebrazione del sondaggio ed il report fotografico delle attività svolte, della postazione di sondaggio e delle cassette catalogatrici.

Nell'Allegato 04: **Carte Tematiche** sono riportati l'ubicazione dei sondaggi geognostici a carotaggio continuo, nonché delle prospezioni sismiche in onda P ed S (MASW).

5.1.2. Prelievo di campioni

Compatibilmente con la natura litologica dei terreni attraversati, sono stati prelevati campioni da sottoporre ad analisi e prove geotecniche di laboratorio. In particolare sono stati prelevati complessivamente n°08 campioni con campionatore a pareti sottili tipo Shelby. La profondità di prelievo è stata condizionata dalla natura dei terreni in affioramento. Le rispettive sigle di etichettamento, le profondità di campionamento sono riportate in Tabella 2.

| Sigla sondaggio | Sigla campione indisturbato | Profondità di prelievo (m. dal p.c.) | Laboratorio geotecnico |
|-----------------|-----------------------------|--------------------------------------|------------------------|
| S2 | C1 e C2 | 6.40-6.80 e 12.50-13.00 | Laborgeo srl di Matera |
| S3 | C1 e C2 | 7.00-7.40 e 16.30-16.60 | |
| S4 | C1 e C2 | 3.60-4.00 e 8.30-8.60 | |
| S5 | C1 e C2 | 5.00-5.50 e 11.40-11.80 | |

Tabella 2 – Campioni indisturbati

5.1.3. Analisi e prove geotecniche di laboratorio

Tali campioni sono stati oggetto di analisi e prove presso il laboratorio geotecnico *Laborgeo s.r.l.* con sede in Matera. In accordo al programma di indagini previsto e compatibilmente alle effettive proprietà litotecniche dei materiali, sono stati determinati i parametri fisico-meccanici di identificazione e di resistenza meccanica. I relativi risultati saranno discussi in apposito capitolo, mentre per il dettaglio dei risultati si rimanda ai certificati allegati alla presente relazione (cfr. All. 03).

5.2 Indagine geofisica MASW

Come anticipato in premessa, è stata eseguita una campagna di indagini geofisiche costituita da:



- n° 6 prospezioni sismiche a rifrazione in onda P denominate con la sigla progressiva da SR1 a SR6 della lunghezza variabile da 80 a 120 m;
- n° 4 prospezioni sismiche MASW denominate con la sigla progressiva da MASW1 a MASW4 tutte della lunghezza di 60 m.

L'interpretazione dei dati acquisiti in campagna ha consentito di ricavare il profilo sismostratigrafico relativo ad ogni area di indagine, con suddivisione in strati aventi analoghe caratteristiche delle velocità di propagazione delle onde sismiche, nonché di effettuare la caratterizzazione sismica del sottosuolo in accordo con quanto previsto dal D.M. 14/01/2008.

Per tutto quanto attiene ai risultati delle indagini eseguite si rimanda all'Allegato 02, nel quale si riportano i relativi certificati e le modalità operative e strumentali.

6. INQUADRAMENTO GEOLITOLOGICO DELL'AREA

La definizione litologica e stratigrafica dei terreni affioranti nell'area di studio ha necessitato di un rilevamento geologico di campagna più ampio rispetto ai settori di versante interessati dai dissesti. Ciò in quanto tali terreni risultano poco esposti per la sistematica presenza di *coltri di alterazione e di frana* che non di rado assumono spessori rilevanti. Inoltre, queste unità litologiche appartengono alle cosiddette "formazioni strutturalmente complesse" dell'Appennino Meridionale che affiorano con rapporti geometrici e stratigrafici di difficile interpretazione sia per la notevole variabilità dei parametri giacaturali, sia per gli effetti della tettonica che ha coinvolto i terreni in affioramento. L'elemento geologico dominante è rappresentato dalla **Formazione delle Crete Nere** del *Cretacico. Sup.e Inf.*

Strettamente all'area di sedime, da un punto di vista geologico-tecnico e per la finalità del presente lavoro, come anticipato, sono stati terebrati n° 6 sondaggi meccanici a carotaggio continuo che hanno permesso di individuare i seguenti litotipi partendo dal piano campagna:

a) Detrito di frana

E' costituito da materiale caotico, rimaneggiato, rappresentato da argille marnose o marne argillose, a cui si intercalano clasti di calcari e di quarziti. Il tutto si presenta alterato, per niente consistente, anche plastico e privo di struttura. La colorazione è variabile dal marroncino al grigiastro. Tali terreni rappresentano il prodotto del disfacimento fisico-meccanico dei terreni sottostanti (substrato) da cui traggono origine, dell'azione antropica e dei processi morfoevolutivi (movimento franoso) che marcatamente hanno interessato non solo le aree in parola, ma buona parte dei versanti in cui affiora tale unità litologica. Infatti, questi terreni affiorano sempre scompaginati, fino ad assumere un aspetto detritico evidenziando i segni dell'eterogeneità litologica, inoltre i caratteri litotecnici (in termini di plasticità e compressibilità) sono scadenti in corrispondenza di quei livelli prevalentemente argillosi, mentre migliorano sensibilmente dove la componente lapidea è presente sia in percentuali subordinate che prevalenti. Inoltre, man mano che si aumenta la profondità, pur rimanendo evidenti i segni di alterazione e della caoticità, si ha un incremento dei caratteri litologici e fisico-meccanici fino a mettere in evidenza una struttura a scagliette nelle argille con evidenti segni macroscopici di una certa sovraconsolidazione. Inoltre, sono caratterizzati da preconsolidamento scarso, da scarsa resistenza per l'elevato grado di compressibilità e da parametri meccanici molto scadenti.



Circa il loro spessore, nei sondaggio S1 questi terreni sono stati carotati da m. 0.00 fino a m. 8.00, in S2 da m. 0.00 a m. 7.00, in S3, S4 ed S5 da m 0.00 a 6.00. Questi spessori sono stati anche confermati dall'indagine geofisica eseguita.

b) Substrato: **Formazione delle Crete Nere**

Sono terreni costituiti da una fitta alternanza di marne, marne argillose ed argille marnose di colorazione grigiastra, a tratti finemente scagliettate con intercalazioni di strati quarzitici, a luoghi calciruditici, avente spessore dell'ordine del decimetro. Evidenti sono i segni di un'intensa tettonizzazione subita da questi terreni, in quanto si presentano caotici ed eterogenei, a tal punto da rendere incomprensibile le giaciture di strato. Infatti, nella letteratura alcuni autori hanno attribuito tali litotipi all'unità litologica dei Terreni Caotici. In tal senso:

- le argilliti affiorano finemente scagliettate e con fessure e piani di discontinuità su cui, spesso, è rilevabile una patina biancastra costituita da dickite;

- gli strati lapidei sono scompaginati, molto fratturati con fratture beanti e/o riempite dalla frazione argillosa.

Circa il loro spessore, nel sondaggio S1 questi terreni sono stati carotati da m. 8.00 fino a m. 25.00 (fondo foro), nel sondaggio S2 da m. 7.00 a m. 25.00 (fondo foro), in S3 da m 6.00 fino a fondo foro (25.00 m). Tali profondità sono state anche confermati dall'indagine geofisica consultata.

Le stratigrafie di dettaglio sono riportate in Allegato 01.

Di seguito si riporta lo stralcio della Carta Geologica d'Italia F° 210 "Lauria" in scala 1:100.000 con ubicazione del tratto di strada provinciale interessata dal presente studio.

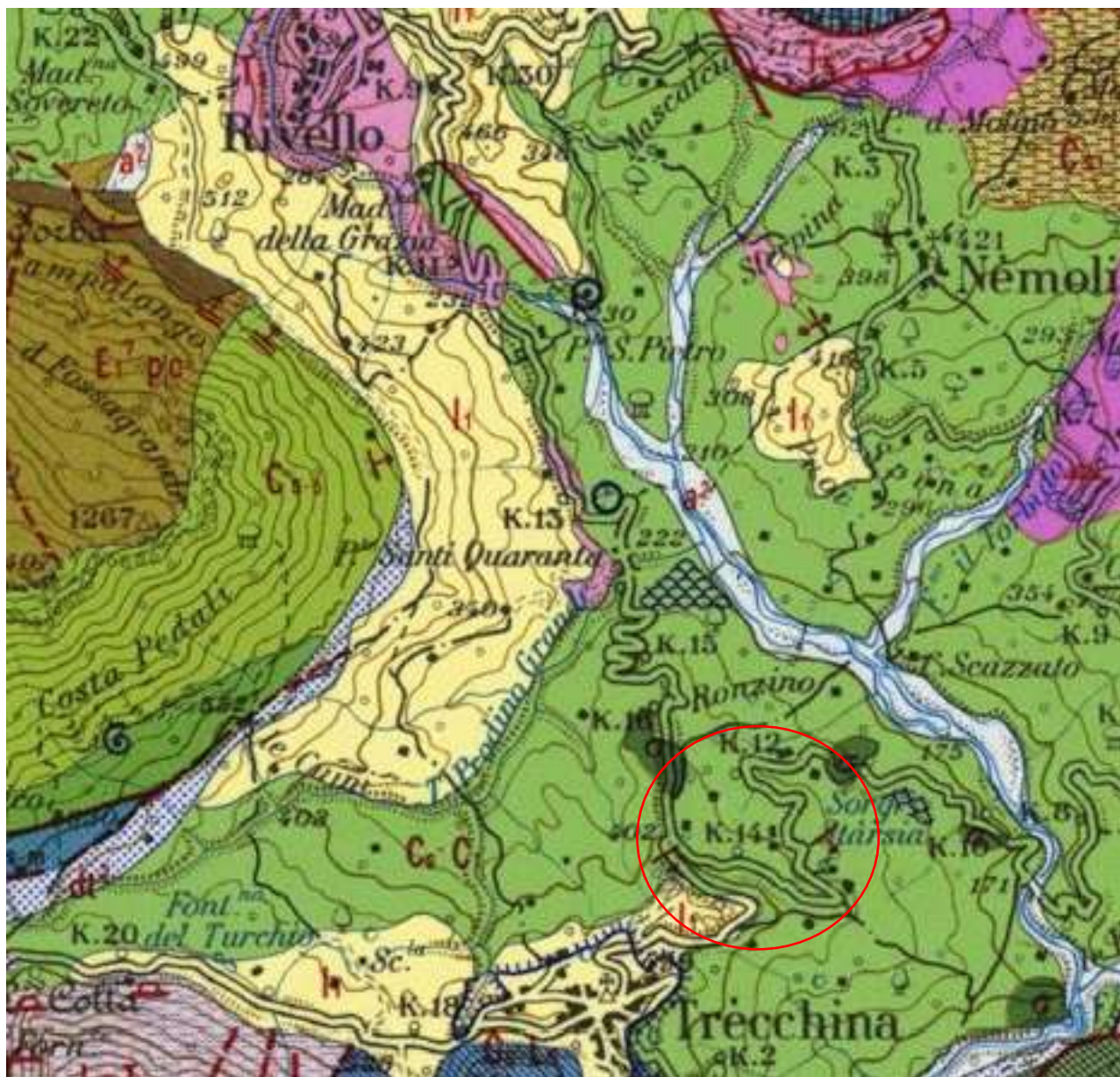


Fig. 04: Stralcio della Carta Geologica d'Italia: Foglio 210 "Lauria" con l'individuazione del sito di interesse progettuale (cerchio rosso)

7. CARATTERI GEOFISICI DEI TERRENI

Come già accennato, unitamente alle indagini geognostiche di tipo diretto e puntuali, al fine di integrare i sondaggi a carotaggio continuo per definire profondità e geometrie del rifratore/i e per valutare la risposta sismoelastica di differenti tipologie di terreno, sono state eseguite:

- n° 6 prospezioni sismiche a rifrazione in onda P denominate con la sigla progressiva da SR1 a SR6 della lunghezza variabile da 80 a 120 m;
- n° 4 prospezioni sismiche MASW denominate con la sigla progressiva da MASW1 a MASW4 tutte della lunghezza di 60 m.

Dunque le indagini geofisiche sono state svolte in corrispondenza degli areali dei principali movimenti franosi individuati, in modo da ricostruire, contestualmente alle risultanze emerse da indagini dirette (sondaggi a carotaggio continuo) la geometria e la profondità delle superfici di scivolamento. La tabella successiva, riassume in forma sintetica, le indagini geofisiche eseguite per ciascun areale individuato, etichettato per comodità di lettura con un numero progressivo procedendo da monte verso valle:

| PROSPEZIONI GEOFISICHE | | | |
|--------------------------|--------------------------|------------------------|--------------------|
| Progressiva chilometrica | Indagine eseguita | Lunghezza base sismica | Tipo Onde Sismiche |
| Km 15+000 | Sismica a rifrazione SR1 | 120 m | P |
| | MASW 1 | 60 m | S |
| Km 14+500 | Sismica a rifrazione SR2 | 120 m | P |
| | MASW 2 | 60 m | S |
| Km 13+700 Km 12+950 | Sismica a rifrazione SR3 | 110 m | P |
| | MASW 3 | 60 m | S |
| | Sismica a rifrazione SR4 | 120 m | P |
| | Sismica a rifrazione SR5 | 105 m | P |
| Km 12+300 | Sismica a rifrazione SR6 | 70 m | P |
| | MASW 4 | 60 | S |

Di seguito sono riportati i risultati emersi dalle indagini geofisiche:

7.1 Risultanze dei rilievi sismici SR1, SR2, SR3, SR4, SR5, SR6 in onda P

7.1.1 Profilo sismico SR1: Areale n°1 al km 15+000

La **Sismosezione SR1**, eseguita in onde P (l. 120 m) evidenzia la presenza di tre unità geosismiche di cui di seguito si procede a darne una interpretazione basata sui valori delle velocità delle onde sismiche misurate, ma la cui lettura deve essere effettuata anche in relazione alla situazione litologica e stratigrafica locale:

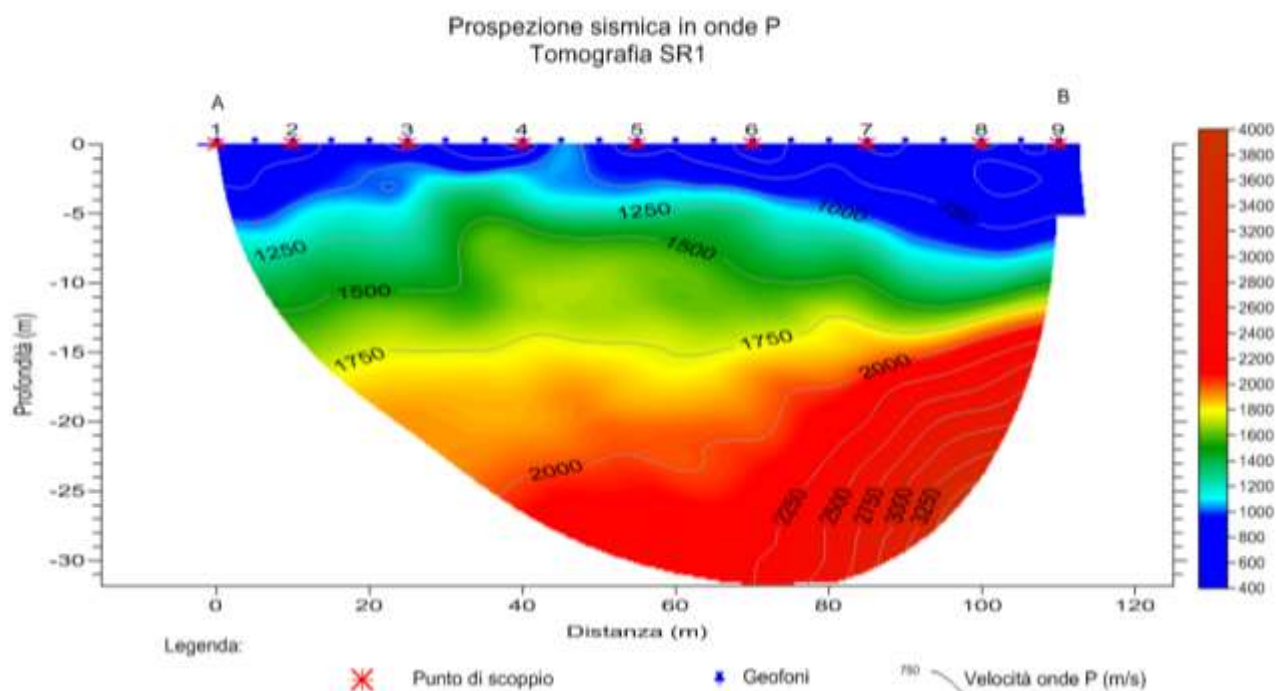
- Il **primo sismostrato**, quello più superficiale, ha uno spessore variabile da 3,60 a 7,40 metri, con velocità delle onde di P compresa tra 500 e 1100 m/s, riferibile a terreni detritici e a depositi superficiali maggiormente alterati e decompressi;
- Il **secondo sismostrato** presenta uno spessore variabile da 6,20 a 16,80 m, con velocità delle onde di compressione compresa tra 1100-1800 m/s e corrisponde ad un orizzonte piuttosto consistente, con buone caratteristiche geotecniche che tendono ad aumentare con la profondità;
- Segue un **terzo sismostrato** a profondità variabile da 14,30 a 19,40 m dal p.c fino alla profondità di investigazione, stimabile intorno ai 30 m, caratterizzato da una velocità VP maggiore di 2000- 3000 m/s, riferibile al substrato con ottime caratteristiche geotecniche.

Di seguito si riporta la sismosezione scaturente dall'elaborazione tomografica del rilievo sismico SR1:

LOCALITA': COMUNE DI TRECCHINA (PZ)

DATA: Aprile 2014

PROGETTO: "Lavori di realizzazione dell'intervento relativo al collegamento Noce Rivello - Colla Maratea, mediante l'ammodernamento e messa in sicurezza del percorso stradale esistente della S.P.3"



7.1.2 Profilo sismico SR2: Areale n°2 al km 14+500

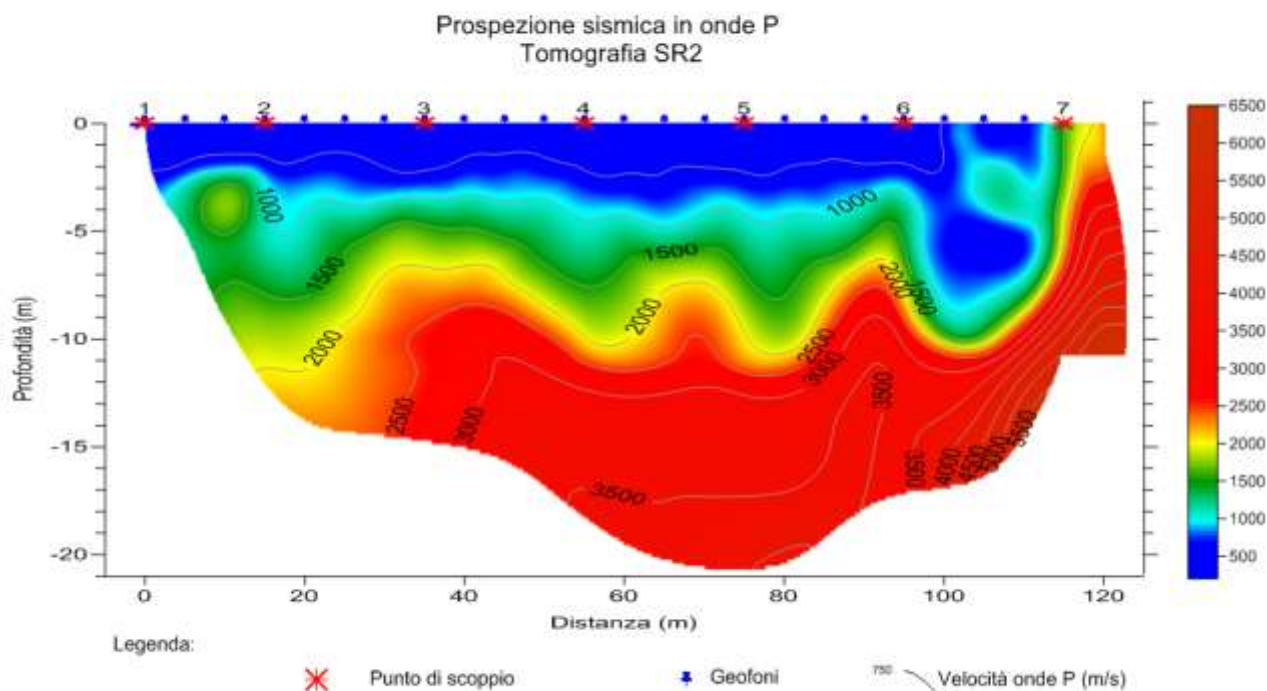
La **Sismosezione SR2**, eseguita in onde P (l. 120 m) evidenzia la presenza di tre unità geosismiche:

- Il **primo sismostrato**, quello più superficiale, ha uno spessore variabile da 2,30 a 5,20 metri, con velocità delle onde di P compresa tra 500 e 1000 m/s, riferibile a terreni detritici e a depositi superficiali maggiormente alterati e decompressi;
- Il **secondo sismostrato** presenta uno spessore variabile da 2,70 a 5,60 m, con velocità delle onde di compressione compresa tra 1000-1500 m/s e corrisponde ad un orizzonte piuttosto consistente, con buone caratteristiche geotecniche che tendono ad aumentare con la profondità;
- Segue un **terzo sismostrato** a profondità variabile da 5,20 a 9,50 m dal p.c fino alla profondità di investigazione, stimabile intorno ai 35 m, caratterizzato da una velocità VP dai 2000 ai 3000 m/s, riferibile al substrato con ottime caratteristiche geotecniche.

LOCALITA': COMUNE DI TRECCHINA (PZ)

DATA: Aprile 2014

PROGETTO: "Lavori di realizzazione dell'intervento relativo al collegamento Noce Rivello - Colla Maratea, mediante l'ammodernamento e messa in sicurezza del percorso stradale esistente della S.P.3"



COORDINATE (UTM WGS84 33N): A 566621 m E; 4431870 m N - B 566685 m E; 4431960 m N

7.1.3 Profilo sismico SR3, SR4, SR5: Areale n°3 al km 13+700 – km 12+950

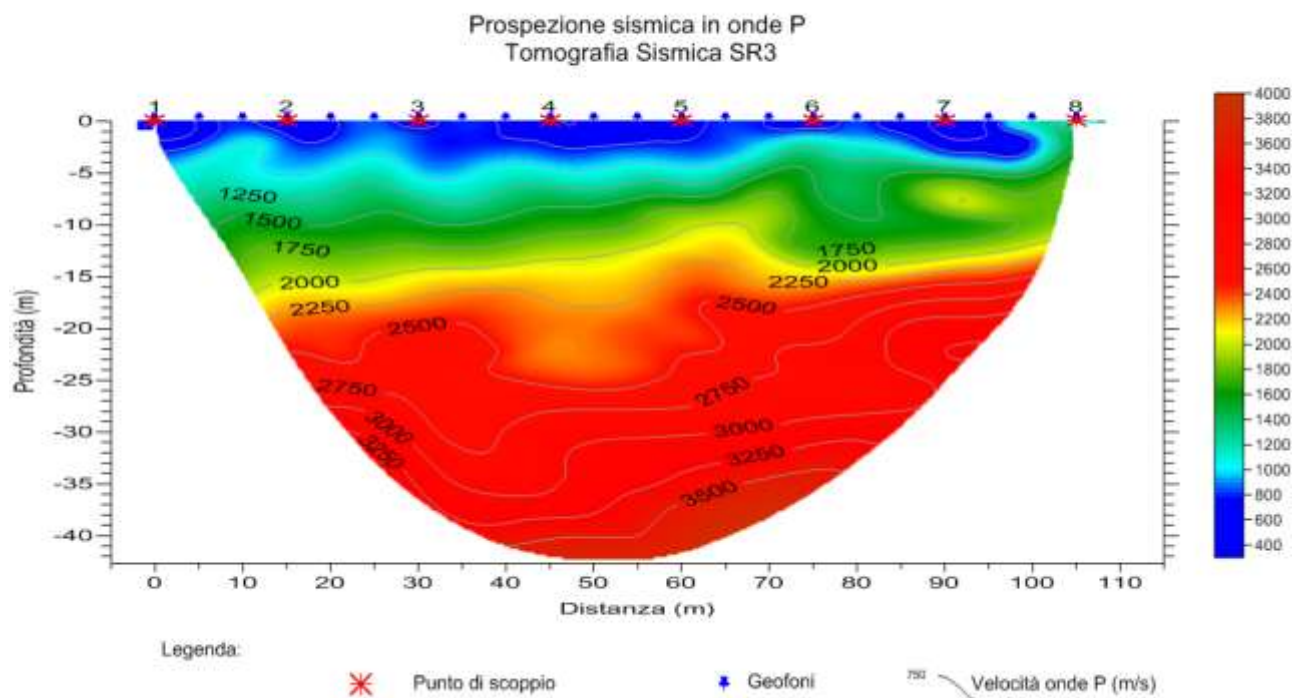
La **Sismosezione SR3**, eseguita in onde P (l. 110 m), evidenzia la presenza di tre unità geosismiche:

- Il **primo sismostrato**, quello più superficiale, ha uno spessore variabile da 1,60 a 4,70 metri, con velocità delle onde di P compresa tra 500 e 1000 m/s, riferibile a terreni detritici e a depositi superficiali maggiormente alterati e decompressi;
- Il **secondo sismostrato** presenta uno spessore variabile da 6,40 a 9,10 m, con velocità delle onde di compressione compresa tra 1000-1600 m/s e corrisponde ad un orizzonte piuttosto consistente, con buone caratteristiche geotecniche che tendono ad aumentare con la profondità;
- Segue un **terzo sismostrato** a profondità variabile da 9,20 a 12,50 m dal p.c. fino alla profondità di investigazione, stimabile intorno ai 35 m, caratterizzato da una velocità VP maggiore di 2000-3000 m/s, riferibile al substrato con ottime caratteristiche geotecniche.

LOCALITA': COMUNE DI TRECCHINA (PZ)

DATA: Aprile 2014

PROGETTO: "Lavori di realizzazione dell'intervento relativo al collegamento Noce Rivello - Colla Maratea, mediante l'ammodernamento e messa in sicurezza del percorso stradale esistente della S.P.3"



COORDINATE (UTM WGS84 33N): A 567355 m E; 4431630 m N - B 567295 m E; 4431722 m N

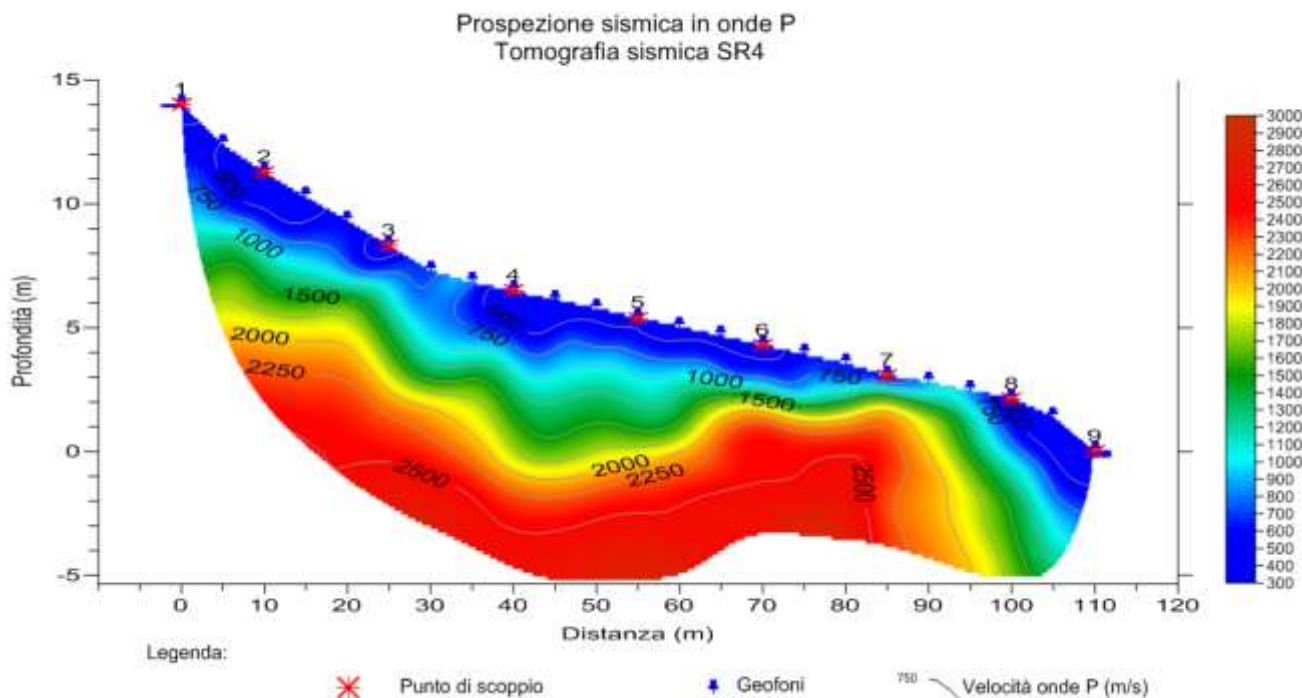
La **Sismosezione SR4**, eseguita in onde P (l. 110 m), evidenzia la presenza di tre unità geosismiche:

- Il **primo sismostrato**, quello più superficiale, ha uno spessore variabile da 1,80 a 4,50 metri, con velocità delle onde di P compresa tra 400 e 1000 m/s, riferibile a terreni detritici e a depositi superficiali maggiormente alterati e decompressi;
- Il **secondo sismostrato** presenta uno spessore variabile da 2,20 a 3,10 m, con velocità delle onde di compressione compresa tra 1000-1500 m/s e corrisponde ad un orizzonte piuttosto consistente, con buone caratteristiche geotecniche che tendono ad aumentare con la profondità;
- Segue un **terzo sismostrato** a profondità variabile da 4,90 a 7,20 m dal p.c fino alla profondità di investigazione, stimabile intorno ai 35 m, caratterizzato da una velocità VP maggiore di 1800-2500 m/s, riferibile al substrato con ottime caratteristiche geotecniche.

LOCALITÀ: COMUNE DI TRECCHINA (PZ)

DATA: Aprile 2014

PROGETTO: "Lavori di realizzazione dell'intervento relativo al collegamento Noce Rivello - Colla Maratea, mediante l'ammodernamento e messa in sicurezza del percorso stradale esistente della S.P.3"



COORDINATE (UTM WGS84 33N): A 567348 m E; 4431682 m N - B 567444 m E; 4431752 m N

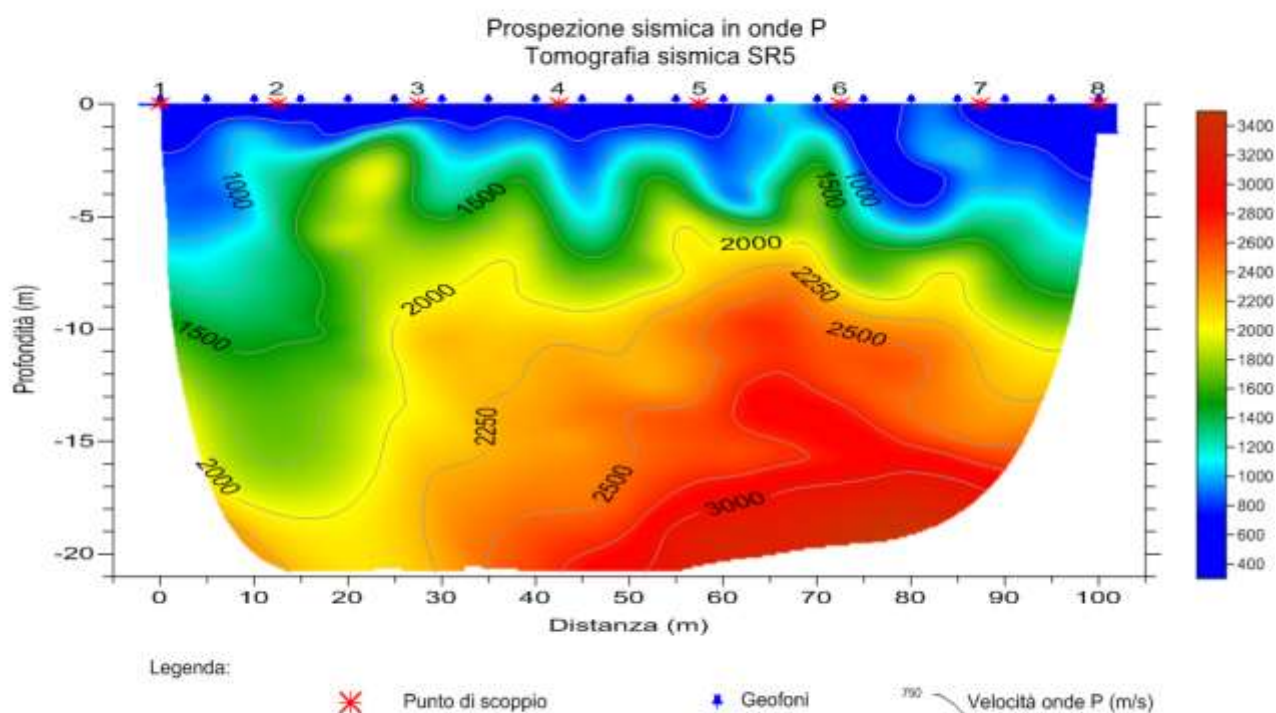
La **Sismosezione SR5**, eseguita in onde P (l. 105 m), evidenzia la presenza di tre unità geosismiche:

- Il **primo sismostrato**, quello più superficiale, ha uno spessore variabile da 2,00 a 4,90 metri, con velocità delle onde di P compresa tra 400 e 1100 m/s, riferibile a terreni detritici e a depositi superficiali maggiormente alterati e decompressi;
- Il **secondo sismostrato** presenta uno spessore variabile da 2,20 a 6,10 m, con velocità delle onde di compressione compresa tra 1200-1600 m/s e corrisponde ad un orizzonte piuttosto consistente, con buone caratteristiche geotecniche che tendono ad aumentare con la profondità;
- Segue un **terzo sismostrato** a profondità variabile da 4,50 a 9,20 m dal p.c fino alla profondità di investigazione, stimabile intorno ai 35 m, caratterizzato da una velocità VP maggiore di 1800-2500 m/s, riferibile al substrato con ottime caratteristiche geotecniche.

LOCALITA': COMUNE DI TRECCHINA (PZ)

DATA: Aprile 2014

PROGETTO: "Lavori di realizzazione dell'intervento relativo al collegamento Noce Rivello - Colla Maratea, mediante l'ammodernamento e messa in sicurezza del percorso stradale esistente della S.P.3"



COORDINATE (UTM WGS84 33N): A 567500 m E ; 4431728 m N - B 567462 m E ; 4431822 m N

7.1.4 Profilo sismico SR6: Areale n°4 al km 12+300

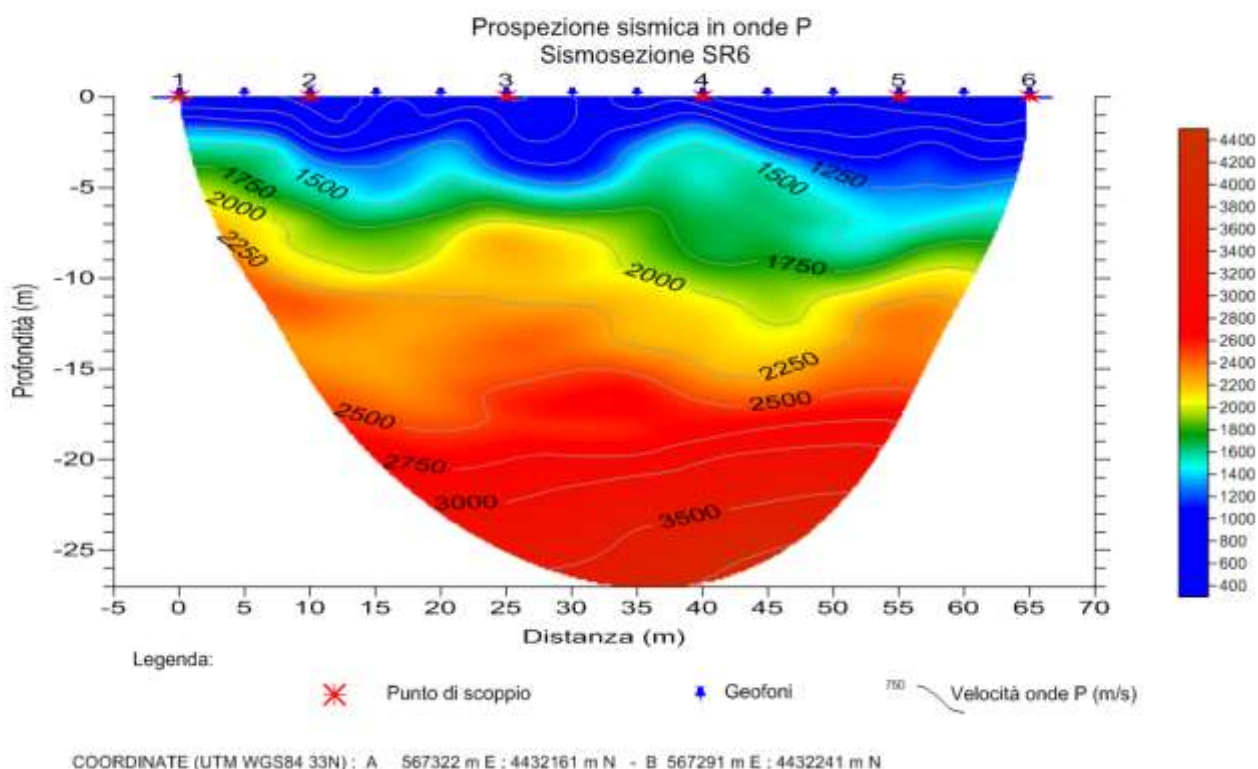
La **Sismosezione SR6**, eseguita in onde P (l. 70 m), evidenzia la presenza di tre unità geosismiche:

- Il **primo sismostrato**, quello più superficiale, ha uno spessore variabile da 1,90 a 2,60 metri, con velocità delle onde di P compresa tra 400 e 1100 m/s, riferibile a terreni detritici e a depositi superficiali maggiormente alterati e decompressi;
- Il **secondo sismostrato** presenta uno spessore variabile da 3,00 a 5,80 m, con velocità delle onde di compressione compresa tra 1100-1600 m/s e corrisponde ad un orizzonte piuttosto consistente, con buone caratteristiche geotecniche che tendono ad aumentare con la profondità;
- Segue un **terzo sismostrato** a profondità variabile da 5,00 a 8,30 m dal p.c. fino alla profondità di investigazione, stimabile intorno ai 35 m, caratterizzato da una velocità VP maggiore di 1800-2500 m/s, riferibile al substrato con ottime caratteristiche geotecniche.

LOCALITÀ: COMUNE DI TRECCHINA (PZ)

DATA: Aprile 2014

PROGETTO: "Lavori di realizzazione dell'intervento relativo al collegamento Noce Rivello - Colla Maratea, mediante l'ammodernamento e messa in sicurezza del percorso stradale esistente della S.P.3"



7.2 Prospezione sismica MASW

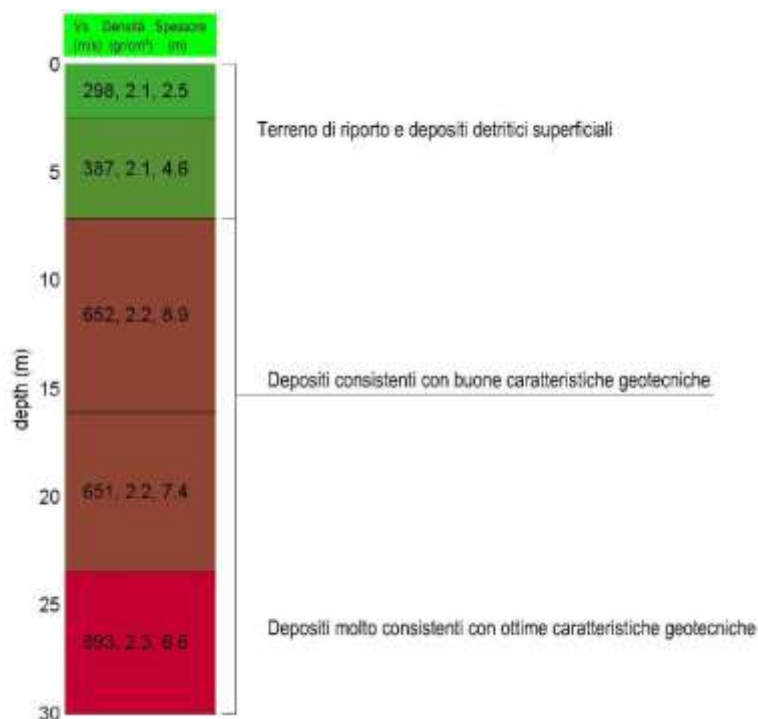
Per la caratterizzazione sismo-stratigrafica del sottosuolo è stata condotta un'indagine geofisica del tipo MASW (cfr. All.02). Le misure sismiche con tecnica MASW sono state eseguite su n°04 stendimenti della lunghezza di 60 ml.

L'analisi della curva di dispersione derivata ha messo in evidenza l'esistenza di sismostrati le cui caratteristiche dinamico-elastiche migliorano dall'alto verso il basso stratigrafico secondo il modello "medio" descritto nei paragrafi seguenti, e la cui interpretazione è basata sui valori delle velocità delle onde sismiche rilevate, ma la cui lettura deve essere effettuata anche in relazione alla situazione litologica e stratigrafica locale. Di seguito se ne riporta un commento:

7.2.1 Prospezione sismica **MASW1**: Areale n°1 al km 15+000

In tabella e in figura sottostante sono riportati gli strati del modello medio individuato a cui corrisponde una **Vs₃₀ di 569 m/s** a partire dal p.c.

| Spessore (m) | Vs (m/s) e deviazioni standard |
|--------------|--------------------------------|
| 2.5 | 298 ± 5 |
| 4.6 | 387 ± 7 |
| 8.9 | 652 ± 12 |
| 7.4 | 651 ± 16 |
| semi-spazio | 893 ± 28 |



Sintetizzando, il modello sismostratigrafico del sottosuolo è assimilabile a tre geosismiche di cui di seguito si procede a darne una interpretazione basata sui valori delle velocità delle onde sismiche rilevate, ma la cui lettura deve essere effettuata anche in relazione alla situazione litologica e stratigrafica locale:

- Il **primo sismostrato** ha uno spessore di 7,10 m, con velocità delle onde S comprese tra 298 e 387 m/s, ed è riferibile a terreno di riporto del rilevato stradale e depositi detritici superficiali maggiormente alterati e decompressi;
- Il **secondo sismostrato** presenta uno spessore di 16,30 m con velocità V_s di 652 m/s e corrisponde a depositi consistenti con buone caratteristiche geotecniche;
- Segue, a profondità maggiori di 23,40 m e fino alla profondità di investigazione di oltre 30 m dal p.c., un **terzo sismostrato** caratterizzato da velocità delle onde S di 893 m/s riferibile a depositi molto consistenti (bedrock sismico) caratterizzati da ottime caratteristiche geotecniche.

A partire dai valori di velocità delle onde sismiche V_s (m/s) misurate con la prospezione sismica MASW e adottando opportuni valori del Peso di volume γ (Kg/m³) e del modulo di Poisson, rappresentativi dei litotipi presenti, è stato possibile inoltre stimare attraverso relazioni empiriche, i moduli dinamici del sottosuolo per ogni orizzonte sismico individuato:

| Parametri fisici e dinamici medi del sottosuolo investigato | | | | | | | | | |
|---|----------|--------------|--------------|--------------------------------|--------------|-----------------------------|--------------------------|-----------------------------|-------------------------|
| Strato | Spessore | V_p m/s | V_s m/s | γ gr/cm ³ | μ (-) | E_d Kg/cm ² | R T/m ² *s | G_0 Kg/cm ² | K Kg/cm ² |
| I° | 7.1 | 750 | 356 | 1.9 | 0.43 | 6874 | 676 | 2408 | 15789 |
| II° | 16.3 | 1750 | 651 | 2.1 | 0.38 | 23461 | 1302 | 8476 | 33699 |
| III° | - | 2500 | 893 | 2.2 | 0.43 | 50066 | 1965 | 17544 | 114108 |

V_p = velocità onde P(m/s); V_s = velocità onda S (m/s), γ = densità (g/cm³); μ = coeff. di Poisson; E_d = Modulo di Young dinamico (Kg/cm²); R= rigidità o impedenza sismica (T/m²*s); G_0 =Modulo di taglio dinamico(Kg/cm²); K=Modulo di incompressibilità (Kg/cm²)

L'analisi della dispersione delle onde di Rayleigh a partire da dati di sismica attiva (MASW 1) ha consentito di determinare il profilo verticale della V_s (e dei moduli dinamici) e di conseguenza del



parametro V_{s30} , risultato per il modello medio pari a **569 m/s** (considerando come riferimento il piano campagna):

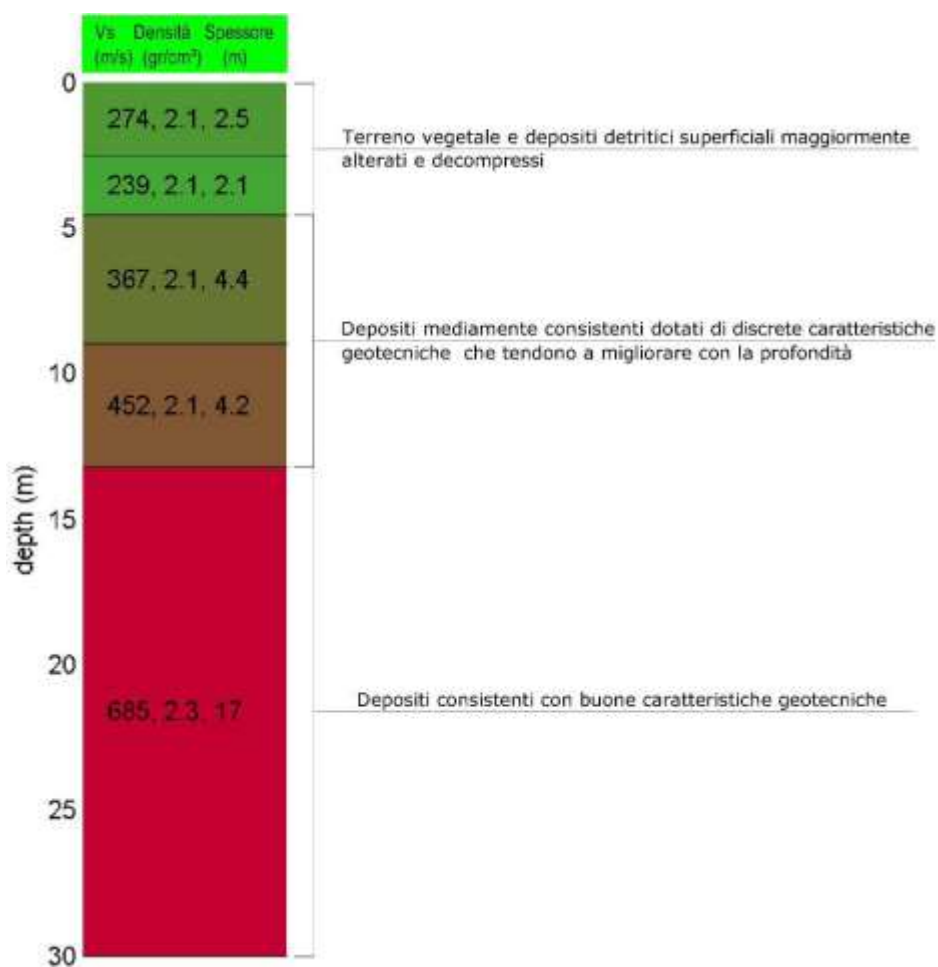
| Linea sismica | V_{s30} (m/sec) | Categoria di Suolo |
|---------------|-------------------|--------------------|
| MASW1 | 569 | "B" |

Rispetto alle norme tecniche per le costruzioni (DM 14 gennaio 2008, ex DM 14/09/2005) il sito in esame rientra quindi nella categoria **B** ovvero: *"Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del V_{s30} compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{SPT30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina)".*

7.2.2 Prospezione sismica **MASW2**: Areale n°2 al km 14+500

In tabella e in figura sottostante sono riportati gli strati del modello medio individuato a cui corrisponde una **Vs₃₀ di 471 m/s** a partire dal p.c.

| Spessore (m) | Vs (m/s) e deviazioni standard |
|--------------|--------------------------------|
| 2.5 | 274 ± 2 |
| 2.1 | 239 ± 4 |
| 4.4 | 367 ± 10 |
| 4.2 | 452 ± 15 |
| semi-spazio | 685 ± 22 |



Sintetizzando, il modello sismostratigrafico del sottosuolo è assimilabile a tre unità geosismiche di cui di seguito si procede a darne una interpretazione basata sui valori delle velocità delle onde sismiche rilevate, ma la cui lettura deve essere effettuata anche in relazione alla situazione litologica e stratigrafica locale:

- Il **primo sismostrato** ha uno spessore di 4,60 m, con velocità delle onde S comprese tra 274 e 239 m/s, ed è riferibile a terreno di vegetale e depositi detritici superficiali maggiormente alterati e decompressi;
- Il **secondo sismostrato** presenta uno spessore di 8,60 m con velocità V_s comprese tra 367 e 452 m/s e corrisponde a depositi mediamente consistenti con discrete caratteristiche geotecniche che tendono a migliorare gradualmente con la profondità;
- Segue, a profondità maggiori di 13,20 m e fino alla profondità di investigazione di oltre 30 m dal p.c., un **terzo sismostrato** caratterizzato da velocità delle onde S di 685 m/s riferibile a depositi consistenti caratterizzati da buone caratteristiche geotecniche.

A partire dai valori di velocità delle onde sismiche V_s (m/s) misurate con la prospezione sismica MASW e adottando opportuni valori del Peso di volume γ (Kg/m³) e del modulo di Poisson, rappresentativi dei litotipi presenti, è stato possibile inoltre stimare attraverso relazioni empiriche, i moduli dinamici del sottosuolo per ogni orizzonte sismico individuato:

| Parametri fisici e dinamici medi del sottosuolo investigato | | | | | | | | | |
|---|----------|--------------|--------------|--------------------------------|--------------|-----------------------------|--------------------------|-----------------------------|-------------------------|
| Strato | Spessore | V_p m/s | V_s m/s | γ gr/cm ³ | μ (-) | E_d Kg/cm ² | R T/m ² *s | G_0 Kg/cm ² | K Kg/cm ² |
| I° | 4.6 | 750 | 258 | 1.9 | 0.43 | 3624 | 490 | 1265 | 9001 |
| II° | 8.6 | 1300 | 409 | 2.0 | 0.45 | 9669 | 818 | 3346 | 29339 |
| III° | 16.3 | 2500 | 685 | 2.2 | 0.46 | 30131 | 1507 | 10323 | 123736 |

V_p = velocità onde P(m/s); V_s = velocità onda S (m/s), γ = densità (g/cm³); μ = coeff. di Poisson; E_d = Modulo di Young dinamico (Kg/cm²); R= rigidità o impedenza sismica (T/m²*s); G_0 =Modulo di taglio dinamico(Kg/cm²); K=Modulo di incompressibilità (Kg/cm²)

L'analisi della dispersione delle onde di Rayleigh a partire da dati di sismica attiva (MASW 2) ha consentito di determinare il profilo verticale della V_s (e dei moduli dinamici) e di conseguenza del parametro V_{s30} , risultato per il modello medio pari a **471 m/s** (considerando come riferimento il piano campagna):

| Linea sismica | V_{s30} (m/sec) | Categoria di Suolo |
|---------------|-------------------|--------------------|
| MASW2 | 471 | "B" |

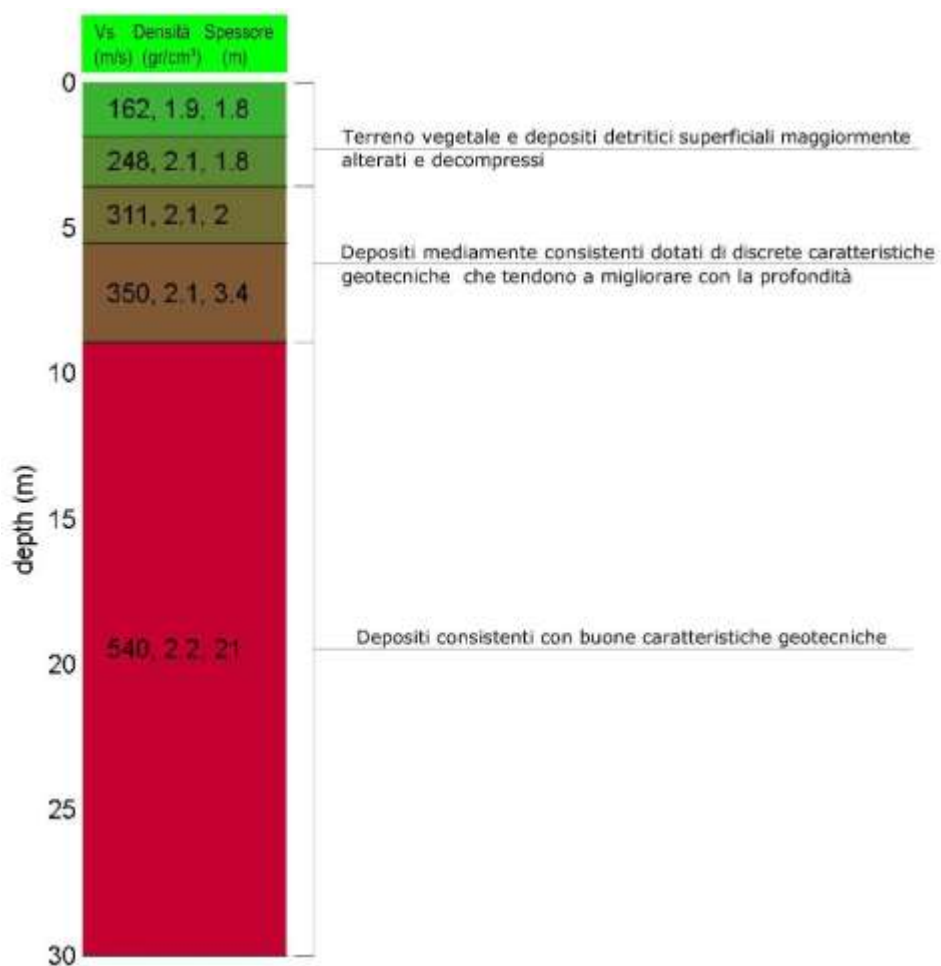


Rispetto alle norme tecniche per le costruzioni (DM 14 gennaio 2008, ex DM 14/09/2005) il sito in esame rientra quindi nella categoria **B** ovvero: *“Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del V_{S30} compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{SPT30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina)”*.

7.2.3 Prospezione sismica **MASW3**: Areale n°3 al km 13+700 – 12+950

In tabella e in figura sottostante sono riportati gli strati del modello medio individuato a cui corrisponde una **Vs₃₀ di 409 m/s** a partire dal p.c.

| Spessore (m) | Vs (m/s) e deviazioni standard |
|--------------|--------------------------------|
| 1.8 | 162 ± 5 |
| 1.8 | 248 ± 7 |
| 2.0 | 311 ± 9 |
| 3.4 | 350 ± 14 |
| semi-spazio | 540 ± 18 |



Sintetizzando, il modello sismostratigrafico del sottosuolo è assimilabile a tre unità geosismiche di cui di seguito si procede a darne una interpretazione basata sui valori delle velocità delle onde sismiche rilevate, ma la cui lettura deve essere effettuata anche in relazione alla situazione litologica e stratigrafica locale:

- Il **primo sismostrato** ha uno spessore di 3,60 m, con velocità delle onde S comprese tra 162 e 248 m/s, ed è riferibile a terreno di vegetale e depositi detritici superficiali maggiormente alterati e decompressi;
- Il **secondo sismostrato** presenta uno spessore di 5,40 m con velocità delle onde di taglio comprese tra 311 e 350 m/s e corrisponde a depositi mediamente consistenti con discrete caratteristiche geotecniche che tendono a migliorare gradualmente con la profondità;
- Segue, a profondità maggiori di 9,00 m e fino alla profondità di investigazione di oltre 30 m dal p.c., un **terzo sismostrato** caratterizzato da velocità delle onde S di 540 m/s riferibile a depositi consistenti caratterizzati da buone caratteristiche geotecniche.

A partire dai valori di velocità delle onde sismiche V_s (m/s) misurate con la prospezione sismica MASW e adottando opportuni valori del Peso di volume γ (Kg/m³) e del modulo di Poisson, rappresentativi dei litotipi presenti, è stato possibile inoltre stimare attraverso relazioni empiriche, i moduli dinamici del sottosuolo per ogni orizzonte sismico individuato:

| Parametri fisici e dinamici medi del sottosuolo investigato | | | | | | | | | |
|---|----------|-----------|-----------|--------------------------------|--------------|--------------------------------------|--------------------------|--------------------------------------|-------------------------|
| Strato | Spessore | Vp m/s | Vs m/s | γ gr/cm ³ | μ (-) | E _d Kg/cm ² | R T/m ² *s | G ₀ Kg/cm ² | K Kg/cm ² |
| I° | 3.6 | 750 | 205 | 1.9 | 0.46 | 2331 | 390 | 798 | 9623 |
| II° | 5.4 | 1300 | 336 | 2.0 | 0.46 | 6612 | 672 | 2258 | 30789 |
| III° | - | 2000 | 540 | 2.1 | 0.46 | 17889 | 1134 | 6124 | 75835 |

Vp= velocità onde P(m/s); **Vs**= velocità onda S (m/s); **γ** = densità (g/cm³); **μ** = coeff. di Poisson; **E_d**= Modulo di Young dinamico (Kg/cm²); **R**= rigidità o impedenza sismica (T/m²*s); **G₀**=Modulo di taglio dinamico(Kg/cm²); **K**=Modulo di incompressibilità (Kg/cm²)

L'analisi della dispersione delle onde di Rayleigh a partire da dati di sismica attiva (MASW 2) ha consentito di determinare il profilo verticale della V_s (e dei moduli dinamici) e di conseguenza del parametro **Vs₃₀**, risultato per il modello medio pari a **409 m/s** (considerando come riferimento il piano campagna):

| Linea sismica | Vs ₃₀ (m/sec) | Categoria di Suolo |
|---------------|--------------------------|--------------------|
| MASW2 | 409 | "B" |

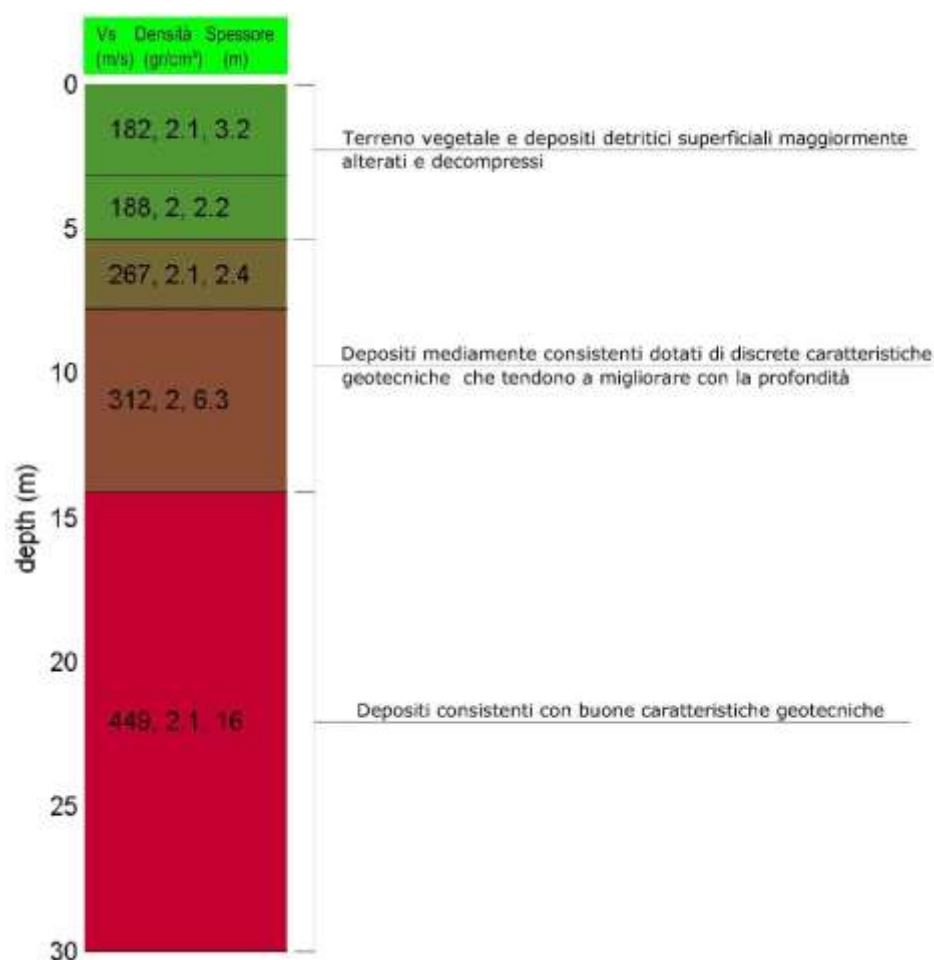


Rispetto alle norme tecniche per le costruzioni (DM 14 gennaio 2008, ex DM 14/09/2005) il sito in esame rientra quindi nella categoria **B** ovvero: *“Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del V_{S30} compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{SPT30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina)”*.

7.2.4 Prospezione sismica **MASW4**: Aree n°4 al km 12+300

In tabella e in figura sottostante sono riportati gli strati del modello medio individuato a cui corrisponde una **Vs₃₀ di 317 m/s** a partire dal p.c.

| Spessore (m) | Vs (m/s) e deviazioni standard |
|--------------|--------------------------------|
| 3.2 | 182 ± 2 |
| 2.2 | 188 ± 5 |
| 2.4 | 267 ± 7 |
| 6.3 | 312 ± 10 |
| semi-spazio | 449 ± 13 |



Sintetizzando, il modello sismostratigrafico del sottosuolo è assimilabile a tre unità geosismiche di cui di seguito si procede a darne una interpretazione basata sui valori delle velocità delle onde sismiche rilevate, ma la cui lettura deve essere effettuata anche in relazione alla situazione litologica e stratigrafica locale:

- Il **primo sismostrato** ha uno spessore di 5,40 m, con velocità delle onde S comprese tra 182 e 188 m/s, ed è riferibile a terreno di vegetale e depositi detritici superficiali maggiormente alterati e decompressi;
- Il **secondo sismostrato** presenta uno spessore di 8,70 m con velocità delle onde di taglio comprese tra 267 e 312 m/s e corrisponde a depositi mediamente consistenti con discrete caratteristiche geotecniche che tendono a migliorare gradualmente con la profondità;
- Segue, a profondità maggiori di 14,10 m e fino alla profondità di investigazione di oltre 30 m dal p.c., un **terzo sismostrato** caratterizzato da velocità delle onde S di 449 m/s riferibile a depositi consistenti caratterizzati da buone caratteristiche geotecniche.

A partire dai valori di velocità delle onde sismiche V_s (m/s) misurate con la prospezione sismica MASW e adottando opportuni valori del Peso di volume γ (Kg/m³) e del modulo di Poisson, rappresentativi dei litotipi presenti, è stato possibile inoltre stimare attraverso relazioni empiriche, i moduli dinamici del sottosuolo per ogni orizzonte sismico individuato:

| Parametri fisici e dinamici medi del sottosuolo investigato | | | | | | | | | |
|---|----------|-----------|-----------|--------------------------------|--------------|--------------------------------------|--------------------------|--------------------------------------|-------------------------|
| Strato | Spessore | Vp m/s | Vs m/s | γ gr/cm ³ | μ (-) | E _d Kg/cm ² | R T/m ² *s | G ₀ Kg/cm ² | K Kg/cm ² |
| I° | 5.4 | 750 | 184 | 1.9 | 0.47 | 1889 | 350 | 643 | 9830 |
| II° | 8.7 | 1300 | 300 | 2.0 | 0.47 | 5299 | 600 | 1800 | 31400 |
| III° | - | 2000 | 449 | 2.1 | 0.47 | 12476 | 943 | 4234 | 78355 |

Vp= velocità onde P(m/s); **Vs**= velocità onda S (m/s); **γ** = densità (g/cm³); **μ** = coeff. di Poisson; **E_d**= Modulo di Young dinamico (Kg/cm²); **R**= rigidità o impedenza sismica (T/m²*s); **G₀**=Modulo di taglio dinamico(Kg/cm²); **K**=Modulo di incompressibilità (Kg/cm²)

L'analisi della dispersione delle onde di Rayleigh a partire da dati di sismica attiva (MASW 2) ha consentito di determinare il profilo verticale della V_s (e dei moduli dinamici) e di conseguenza del parametro **Vs₃₀**, risultato per il modello medio pari a **317 m/s** (considerando come riferimento il piano campagna):

| Linea sismica | Vs ₃₀ (m/sec) | Categoria di Suolo |
|---------------|--------------------------|--------------------|
| MASW2 | 317 | "C" |



Rispetto alle norme tecniche per le costruzioni (DM 14 gennaio 2008, ex DM 14/09/2005) il sito in esame rientra quindi nella categoria **C** ovvero: *“Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti, con spessori superiori a 30 m caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del V_{S30} compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{SPT30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < cu_{30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina)”*.

8. DEFINIZIONE DEL MODELLO GEOTECNICO E DEI PARAMETRI GEOTECNICI

Si descrivono di seguito i risultati derivanti dalle analisi e prove geotecniche di laboratorio.

8.1. Analisi e prove geotecniche di laboratorio: definizione del modello geotecnico

La determinazione dei parametri fisico-meccanici dei terreni di sedime è stata fatta mediante l'analisi di n°08 campioni indisturbati (cfr. All. 04) distribuiti così come riportato in tabella 3:

| Sigla sondaggio | Sigla campione indisturbato | Profondità di prelievo (m. dal p.c.) | Progressiva chilometrica (Km) |
|-----------------|-----------------------------|--------------------------------------|-------------------------------|
| S2 | C1 e C2 | 6.40-6.80 e 12.50-13.00 | 14+500 -- Areale n°2 |
| S3 | C1 e C2 | 7.00-7.40 e 16.30-16.60 | 13+700 – Areale n°3 |
| S4 | C1 e C2 | 3.60-4.00 e 8.30-8.60 | 12+950 – Areale n°3 |
| S5 | C1 e C2 | 5.00-5.50 e 11.40-11.80 | 12+300 – Areale n°4 |

Tabella 3 – Campioni indisturbati

Si sottolinea comunque che, nel caso delle analisi numeriche convenzionali, in ragione del fatto che sensibili cadute di resistenza possono verificarsi con scorrimenti anche piccoli, l'utilizzo tal quale dei parametri di resistenza di picco, ricavati dalle prove di laboratorio su provini di materiale intatto, è stato fatto con cautela. A tale proposito, quindi, è risultato opportuno fare riferimento e confronti con parametri di resistenza "operativi", stimati sulla base di indicazioni di letteratura e tarate sui risultati di "back analysis" (Skempton, 1977; Tavenas & Leroueil, 1981). Quindi, una volta analizzati tutti i parametri geotecnici a disposizione, tenendo conto che i parametri fisico-meccanici ricavati in laboratorio geotecnico si riferiscono a singoli campioni indisturbati, che i terreni di sedime presentano eterogeneità ed anisotropia granulometrica sia verticale che laterale, operativamente nelle verifiche geotecniche si è preferito attribuire i valori numerici non alla scala di singolo campione indisturbato (dato puntuale), ma piuttosto alla scala di "affioramento" e, cioè, tenendo conto della litologia complessiva, della giacitura degli strati, dell'idrogeologia, delle pendenze, del contesto morfoevolutivo e tettonico, e della eventuale presenza di discontinuità primarie (giunti di stratificazione) e secondarie (giunti e fessurazioni a geometria discontinua lungo i quali la coesione è praticamente nulla, sia che essi siano lisci, sia che siano scabri). In tal modo, si è pervenuti alla definizione di un modello geotecnico per il quale sono state distinte delle unità geotecniche in relazione alle intrinseche caratteristiche litologiche, di resistenza al taglio e di deformabilità.

Particolari considerazioni sono state fatte per la caratterizzazione geotecnica dei terreni affioranti nell'Areale n°1 al km 15+000. Premesso che gli stessi fanno parte della stessa unità litologica in cui ricadono gli altri areali di intervento e, quindi, i relativi sondaggi geognostici e le rispettive analisi geotecniche di laboratorio, nell'Areale n°1 è stato eseguito il sondaggio S1 in cui non è stato possibile, per la natura prevalentemente lapidea dei materiali carotati, prelevare campioni da sottoporre a prove ed analisi geotecniche di laboratorio. Pertanto, per la loro caratterizzazione meccanica si è ritenuto più corretto partire da considerazioni morfologiche dell'area, in particolar modo delle elevate pendenze che implicano buoni caratteri geotecnici dei terreni in affioramento, a prescindere dai localizzati dissesti sulla sede stradale; inoltre, non si è potuto non tener in conto i risultati delle indagini geofisiche eseguite in sito. Si è poi proceduto in una analisi geotecnica, in particolar modo del Substrato alterato in quanto, nel modello geotecnico dei luoghi, è il terreno più rappresentativo. Dunque:

- 1) **non essendo stati rilevati oggettivamente elementi geomorfologici che facciano pensare a movimenti di massa pregressi, attuali o in preparazione, ad esclusione dei dissesti riguardanti la sede stradale (o solo la sua porzione in riporto della sezione a “mezza costa”) è possibile assumere che il versante si trovi in condizione globale di equilibrio e che il fattore di sicurezza F_s sia almeno pari all'unità;**
- 2) **se il fattore di sicurezza F_s è pari almeno all'unità, è possibile desumere la coppia dei *parametri geotecnici* dei litotipi in considerazione mediante *back analysis*, considerando il materiale che costituisce i terreni presenti litologicamente eterogeneo ed anisotropo, ma geotecnicamente (in termini di parametri) omogeneo. Nella *back analysis* eseguita cautelativamente non è stato considerato il sisma di normativa.**

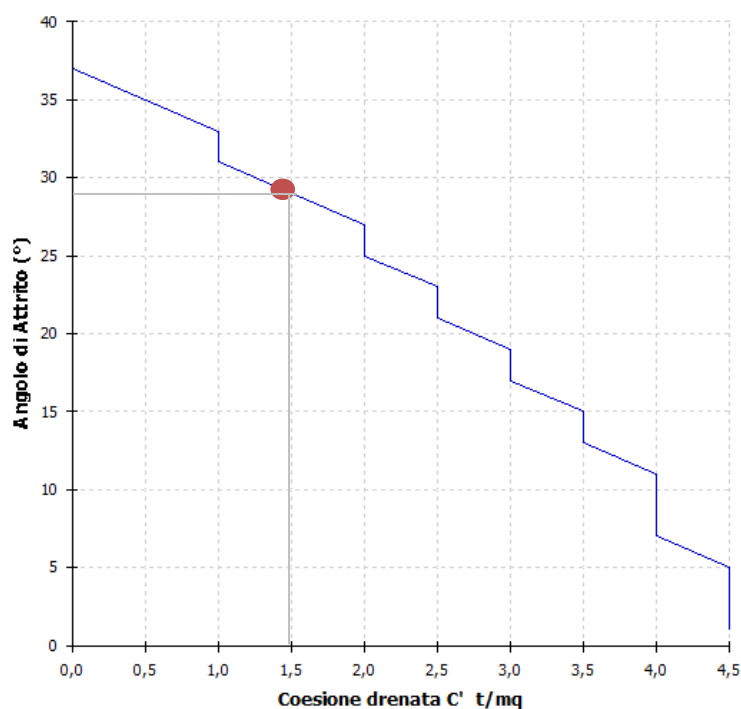
Per ottenere tali parametri si è assunta dunque, come asserzione iniziale ed inconfutabile, quella che impone attualmente al pendio una condizione di equilibrio globale stabile o, meglio si trovi in condizioni di equilibrio quiescente. Questa condizione è tale da far catalogare, dal punto di vista fisico, il pendio tra quelli con coefficiente di stabilità (F_s) pari all'unità o di poco superiore. Eseguendo di conseguenza, in questo contesto, una *back-analysis* del pendio (considerando la falda poco al disotto dal piano campagna: 2-4.00 m, così come emerso dalle indagini geognostiche), si vengono ad individuare una serie limitata di coppie di parametri. Tra

tali coppie di valori ϕ' e C' si assume quella che viene reputata geotecnicamente compatibile con la natura dei terreni presenti:



Fig.05: Sezione litotecnica di verifica nella back analysis

Back Analysis





Il diagramma superiore mostra i parametri di Coesione ed Angolo di resistenza a taglio tali da fornire un fattore di sicurezza pari ad $F_s \cong 1$ (condizione al disotto della quale il pendio è instabile) per la curva (profilo di taglio) della fig.05. I terreni così schematizzati hanno fornito il valore della coesione drenata pari all'incirca a $C'=1.50 \text{ t/m}^2$ a cui corrisponde nel diagramma un angolo di attrito di $\phi'=28^\circ$ circa al disotto del quale il pendio diventa instabile. A riprova della bontà del procedimento di back analysis adottato, per conoscere i parametri geomeccanici equivalenti, si è poi effettuata una verifica di stabilità con il metodo classico dei concetti (Janbu) sulla curva di scivolamento (fig.05):

Analisi di stabilità dei pendii con JANBU

| | |
|----------------------------------|--------------------|
| Normativa | no sisma |
| Numero di strati | 1,0 |
| Numero dei concetti | 30,0 |
| Coefficiente parziale resistenza | 1,0 |
| Analisi | Condizione drenata |
| Superficie di forma generica | |

Vertici profilo

| N | X m | y m |
|----|--------|--------|
| 1 | 0,0 | 400,0 |
| 2 | 13,0 | 405,0 |
| 3 | 20,5 | 410,0 |
| 4 | 27,5 | 415,0 |
| 5 | 34,5 | 420,0 |
| 6 | 41,32 | 425,12 |
| 7 | 42,58 | 425,45 |
| 8 | 48,93 | 425,58 |
| 9 | 49,41 | 425,58 |
| 10 | 49,71 | 425,37 |
| 11 | 51,0 | 425,53 |
| 12 | 53,2 | 430,0 |
| 13 | 59,5 | 435,0 |
| 14 | 64,5 | 440,0 |
| 15 | 74,2 | 445,0 |
| 16 | 81,8 | 450,0 |

Falda

| Nr. | X m | y m |
|-----|--------|--------|
| 1 | 0,0 | 396,0 |
| 2 | 13,0 | 401,0 |
| 3 | 20,5 | 406,0 |
| 4 | 27,5 | 411,0 |
| 5 | 34,5 | 416,0 |
| 6 | 43,64 | 420,96 |
| 7 | 47,94 | 423,19 |
| 8 | 53,2 | 426,37 |



| | | |
|----|-------|--------|
| 9 | 59,05 | 431,71 |
| 10 | 64,5 | 436,0 |
| 11 | 73,95 | 442,52 |
| 12 | 81,87 | 448,23 |

Vertici superficie Nr...1

| N | X m | y m |
|----|--------|--------|
| 1 | 6,29 | 402,53 |
| 2 | 16,45 | 404,07 |
| 3 | 24,67 | 406,14 |
| 4 | 32,07 | 408,76 |
| 5 | 36,86 | 410,82 |
| 6 | 43,13 | 413,8 |
| 7 | 49,24 | 417,35 |
| 8 | 55,76 | 423,04 |
| 9 | 60,13 | 428,49 |
| 10 | 63,44 | 433,19 |
| 11 | 67,11 | 441,39 |

Stratigrafia

c: coesione; Fi: Angolo di attrito; G: Peso Specifico; Gs: Peso Specifico Saturo;

| Strato | c (kg/cm ²) | Fi (°) | G (Kg/m ³) | Gs (Kg/m ³) | Litologia | |
|--------|----------------------------|-----------|---------------------------|----------------------------|--------------------|--|
| 1 | 0.15 | 28 | 2000 | 2200 | Substrato alterato | |

B: Larghezza del concio; Alfa: Angolo di inclinazione della base del concio; Li: Lunghezza della base del concio; Wi: Peso del concio ; Ui: Forze derivanti dalle pressioni neutre; Ni: forze agenti normalmente alla direzione di scivolamento; Ti: forze agenti parallelamente alla superficie di scivolamento; Fi: Angolo di attrito; c: coesione.

Superficie Nr...1 Fattore di sicurezza=1,01

| Nr. | B m | Alfa (°) | Li m | Wi (Kg) | Kh•Wi (Kg) | Kv•Wi (Kg) | c (kg/cm ²) | Fi (°) | Ui (Kg) | N'i (Kg) | Ti (Kg) |
|-----|--------|-------------|---------|------------|---------------|---------------|----------------------------|-----------|------------|-------------|------------|
| 1 | 2,01 | 8,6 | 2,03 | 941,47 | 0,0 | 0,0 | 0,15 | 28,0 | 0,0 | 368,7 | 3885,7 |
| 2 | 2,01 | 8,6 | 2,03 | 2824,41 | 0,0 | 0,0 | 0,15 | 28,0 | 0,0 | 2107,2 | 4991,7 |
| 3 | 2,01 | 8,6 | 2,03 | 4707,22 | 0,0 | 0,0 | 0,15 | 28,0 | 0,0 | 3845,5 | 6097,5 |
| 4 | 2,01 | 8,6 | 2,03 | 7483,75 | 0,0 | 0,0 | 0,15 | 28,0 | 0,0 | 6409,0 | 7728,3 |
| 5 | 2,01 | 9,6 | 2,04 | 11576,91 | 0,0 | 0,0 | 0,15 | 28,0 | 0,0 | 10055,3 | 10086,2 |
| 6 | 2,01 | 14,2 | 2,07 | 15264,33 | 0,0 | 0,0 | 0,15 | 28,0 | 0,0 | 12785,6 | 12089,3 |
| 7 | 2,01 | 14,2 | 2,07 | 18869,88 | 0,0 | 0,0 | 0,15 | 28,0 | 628,1 | 14870,4 | 13441,7 |
| 8 | 2,01 | 14,2 | 2,07 | 22838,95 | 0,0 | 0,0 | 0,15 | 28,0 | 1525,0 | 16797,6 | 14691,7 |
| 9 | 2,01 | 14,6 | 2,08 | 26911,46 | 0,0 | 0,0 | 0,15 | 28,0 | 2445,4 | 18696,1 | 15965,7 |
| 10 | 2,01 | 19,5 | 2,13 | 30531,32 | 0,0 | 0,0 | 0,15 | 28,0 | 3263,4 | 19699,2 | 17158,9 |
| 11 | 2,01 | 19,5 | 2,13 | 33738,63 | 0,0 | 0,0 | 0,15 | 28,0 | 3988,3 | 21217,1 | 18171,6 |
| 12 | 2,01 | 19,5 | 2,13 | 36945,68 | 0,0 | 0,0 | 0,15 | 28,0 | 4713,0 | 22734,9 | 19184,3 |
| 13 | 2,01 | 21,1 | 2,16 | 40011,74 | 0,0 | 0,0 | 0,15 | 28,0 | 5405,9 | 23946,6 | 20242,3 |
| 14 | 2,01 | 23,3 | 2,19 | 42734,54 | 0,0 | 0,0 | 0,15 | 28,0 | 6021,2 | 24917,2 | 21297,5 |
| 15 | 2,01 | 23,4 | 2,19 | 45359,09 | 0,0 | 0,0 | 0,15 | 28,0 | 6347,5 | 26594,9 | 22459,4 |
| 16 | 2,01 | 25,3 | 2,23 | 47840,26 | 0,0 | 0,0 | 0,15 | 28,0 | 6528,2 | 28149,9 | 23960,3 |
| 17 | 2,01 | 25,3 | 2,23 | 50137,48 | 0,0 | 0,0 | 0,15 | 28,0 | 6667,2 | 29869,8 | 25157,4 |
| 18 | 2,01 | 25,3 | 2,23 | 51205,98 | 0,0 | 0,0 | 0,15 | 28,0 | 6806,3 | 30542,3 | 25625,3 |
| 19 | 2,01 | 29,8 | 2,32 | 47769,05 | 0,0 | 0,0 | 0,15 | 28,0 | 6838,8 | 27089,5 | 24360,4 |



| | | | | | | | | | | | |
|----|------|------|------|----------|-----|-----|------|------|--------|---------|---------|
| 20 | 2,01 | 30,2 | 2,33 | 43223,81 | 0,0 | 0,0 | 0,15 | 28,0 | 6719,9 | 23406,3 | 21800,1 |
| 21 | 2,01 | 30,2 | 2,33 | 38638,04 | 0,0 | 0,0 | 0,15 | 28,0 | 6595,2 | 19734,5 | 19129,3 |
| 22 | 2,01 | 39,9 | 2,62 | 32207,32 | 0,0 | 0,0 | 0,15 | 28,0 | 6387,3 | 13988,0 | 17540,8 |
| 23 | 2,01 | 41,1 | 2,67 | 33781,92 | 0,0 | 0,0 | 0,15 | 28,0 | 5885,4 | 16134,3 | 19764,7 |
| 24 | 2,01 | 41,1 | 2,67 | 38972,04 | 0,0 | 0,0 | 0,15 | 28,0 | 5596,0 | 21080,9 | 23895,5 |
| 25 | 2,01 | 48,0 | 3,0 | 37309,9 | 0,0 | 0,0 | 0,15 | 28,0 | 5435,6 | 19722,0 | 26477,1 |
| 26 | 2,01 | 51,2 | 3,21 | 33993,14 | 0,0 | 0,0 | 0,15 | 28,0 | 4901,4 | 17635,4 | 26817,9 |
| 27 | 2,01 | 53,0 | 3,34 | 30108,65 | 0,0 | 0,0 | 0,15 | 28,0 | 4024,5 | 15648,1 | 26215,9 |
| 28 | 2,01 | 54,9 | 3,5 | 26588,68 | 0,0 | 0,0 | 0,15 | 28,0 | 2842,0 | 14493,2 | 26684,5 |
| 29 | 2,01 | 64,3 | 4,64 | 19717,57 | 0,0 | 0,0 | 0,15 | 28,0 | 902,1 | 10477,2 | 34229,0 |
| 30 | 2,01 | 65,8 | 4,91 | 6929,35 | 0,0 | 0,0 | 0,15 | 28,0 | 0,0 | -1040,5 | 19691,0 |

Di seguito, si riportano i parametri geotecnici operativi, valori ritenuti caratteristici ai sensi del punto 6.2.2 del D.M. 2008 NTC per ogni areale di intervento, per il cui dettaglio si rimanda all'Allegato 03 **"Analisi e prove geotecniche di laboratorio"**:

Areale n°1 al km 15+000

▪ **Detrito di frana:**

| γ_{nk} (Kg/m ³) | $\gamma_{sat k}$ (Kg/m ³) | ϕ_k' (°) | C_k' (t/m ²) |
|---------------------------------------|--|------------------|-------------------------------|
| 1950 | 2100 | 26 | 0.00 |

Anche nella parametrizzazione geotecnica del **Detrito di frana** si è tenuto conto che tali materiali, anche se sono l'espressione di un movimento franoso, sono caratterizzati da qualità fisico-meccaniche non trascurabili, tanto che la morfevoluzione del dissesto nel tempo è molto lenta, nonostante le elevate pendenze del versante e le condizioni idrogeologiche al contorno. In considerazione del fatto che tali terreni hanno avuto origine dalla morfoevoluzione del Substrato alterato, di cui i parametri meccanici sono stati ottenuti da una back analysis e, quindi, i relativi valori sono tali da fornire un fattore di sicurezza pari ad $F_s \cong 1$. Per valori anche di poco inferiori il coefficiente di sicurezza diventa minore dell'unità ($F_s < 1$) e, di conseguenza, il pendio passa da una condizione di quiescenza a quella di instabilità ed i terreni decadono da Substrato alterato a Detrito di frana. Pertanto, è il caso di sottolineare che i parametri assunti sono da ritenersi cautelativi e, comunque, compatibili con il contesto idrogeomorfologico del versante. Infatti, come meglio riportato nel Capitolo XI, utilizzando tali parametri geotecnici si sono ricavati coefficienti di sicurezza pari a $F_s = 0.20$, valore compatibile con un cinematisma veloce e non lento come quello in studio.

▪ **Substrato alterato:**

| γ_{nk} (Kg/m ³) | $\gamma_{sat k}$ (Kg/m ³) | ϕ_k' (°) | C_k' (t/m ²) |
|---------------------------------------|--|------------------|-------------------------------|
| 2100 | 2200 | 28 | 1.50 |

▪ **Substrato:**

| γ_{nk} (Kg/m ³) | $\gamma_{sat k}$ (Kg/m ³) | ϕ_k' (°) | C_k' (t/m ²) |
|---------------------------------------|--|------------------|-------------------------------|
| 2100 | 2150 | 30 | 2.00 |



Areale n°2 al km 14+500

QUADRO RIASSUNTIVO E INTERPRETATIVO DELLE ANALISI GEOTECNICHE

LAVORO: Lavori di realizzazione dell'intervento relativo al collegamento Noce Rivello-Colla Maratea, mediante ammodernamento e messa in sicurezza del percorso stradale esistente della SP 3.

| Scavo | Camp. | Profondità m | W % | γ_v KN/m ³ | γ_d KN/m ³ | γ_{sat} KN/m ³ | γ_s KN/m ³ | e | n % | Sr % | Ghiaia % | Sabbia % | Limo % | Argilla % | LL % | LP % | IP % | TG CD c KN/m ² ϕ° | UNI |
|-------|-------|-----------------|--------|---------------------------------|---------------------------------|-------------------------------------|---------------------------------|-------|--------|---------|-------------|-------------|-----------|--------------|---------|---------|---------|--|-----------|
| 2 | 1 | 6.40 - 6.80 | 9.59 | 20.53 | 18.73 | 21.82 | 27.10 | 0.447 | 30.87 | 58.19 | 2.90 | 17.37 | 50.34 | 29.39 | 30 | 22 | 8 | 1.74 - 21° | A-4 CL |
| 2 | 2 | 12.50 - 13.00 | 8.53 | 21.07 | 19.41 | 22.25 | 27.10 | 0.396 | 28.36 | 58.39 | 4.88 | 22.77 | 48.20 | 24.15 | 33 | 22 | 11 | 14.27 - 22° | A-6 CL |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Legenda:

W= Umidità naturale - γ_v = Peso di volume naturale - γ_d = Peso di volume secco - γ_s = Peso specifico - e= indice dei vuoti - n= Porosità - Sr=Grado di saturazione - γ_{sat} =peso di volume saturo - LL= Limite liquo
LP= Limite plastico - IP= indice plastico - c=Coesione- c_u =Coesione non drenata - ϕ° = Angolo di attrito interno P=Pressione sul provino - C_u =coefficiente di consolidazione - K=coefficiente di permeabilità.

▪ Detrito di frana:

| γ_n k (Kg/m ³) | γ_{sat} k (Kg/m ³) | ϕ_k' (°) | C_k' (t/m ²) |
|--------------------------------------|--|------------------|-------------------------------|
| 1950 | 2100 | 21 | 0.00 |

▪ Substrato alterato:

| γ_n k (Kg/m ³) | γ_{sat} k (Kg/m ³) | ϕ_k' (°) | C_k' (t/m ²) |
|--------------------------------------|--|------------------|-------------------------------|
| 2000 | 2150 | 22 | 1.50 |

▪ Substrato:

| γ_n k (Kg/m ³) | γ_{sat} k (Kg/m ³) | ϕ_k' (°) | C_k' (t/m ²) |
|--------------------------------------|--|------------------|-------------------------------|
| 2100 | 2150 | 24 | 2.00 |



Areale n°3 al km 13+700 e 12+950

QUADRO RIASSUNTIVO E INTERPRETATIVO DELLE ANALISI GEOTECNICHE

LAVORO: Lavori di realizzazione dell'intervento relativo al collegamento Noce Rivello-Colla Maratea, mediante ammodernamento e messa in sicurezza del percorso stradale esistente della SP 3.

| Scavo | Camp. | Profondità m | W % | γ_v KN/m ³ | γ_d KN/m ³ | γ_{sat} KN/m ³ | γ_s KN/m ³ | e | n % | Sr % | Ghiaia % | Sabbia % | Limo % | Argilla % | LL % | LP % | IP % | TG CD c KN/m ² ϕ^* | UNI |
|-------|-------|-----------------|--------|---------------------------------|---------------------------------|-------------------------------------|---------------------------------|-------|--------|---------|-------------|-------------|-----------|--------------|---------|---------|---------|--|-------------|
| 3 | 1 | 7.00 - 7.40 | 12.52 | 20.67 | 18.37 | 21.49 | 26.70 | 0.453 | 31.20 | 73.72 | 19.33 | 47.92 | 20.56 | 12.19 | 32 | 22 | 10 | 1.27 - 19.7° | A - 2 - 4 |
| 3 | 2 | 16.30 - 16.60 | 10.39 | 19.63 | 17.78 | 21.17 | 26.90 | 0.513 | 33.89 | 54.51 | 9.31 | 32.35 | 37.05 | 21.29 | 39 | 25 | 14 | 31.85 - 23.7° | A - 6 CL |
| 4 | 1 | 3.60 - 4.00 | 19.27 | 20.46 | 17.15 | 20.75 | 26.80 | 0.562 | 35.99 | 91.85 | 13.18 | 40.74 | 30.82 | 15.26 | 38 | 24 | 14 | 9.07 - 22.0° | A - 6 CL |
| 4 | 2 | 8.30 - 8.60 | 8.72 | 19.64 | 18.06 | 21.32 | 26.80 | 0.484 | 32.59 | 48.33 | 8.60 | 44.14 | 32.35 | 14.91 | 31 | 23 | 8 | 16.10 - 24.6° | A - 4 CL |

Legenda:

W= Umidità naturale - γ_v = Peso di volume naturale - γ_d = Peso di volume secco - γ_s = Peso specifico - e= Indice dei vuoti - n= Porosità - Sr=Grado di saturazione - γ_{sat} =peso di volume saturo - L.L.= Limite liqui
L.P.= Limite plastico - IP= Indice plastico - c=Coesione- c_u =Coesione non drenata - ϕ^* = Angolo di attrito interno P=Pressione sul provino - Cv=coefficiente di consolidazione - K=coefficiente di permeabilità

▪ Detrito di frana:

| γ_n k (Kg/m ³) | γ_{sat} k (Kg/m ³) | ϕ_k' (°) | C_k' (t/m ²) |
|--------------------------------------|--|------------------|-------------------------------|
| 1950 | 2100 | 21 | 0.00 |

▪ Substrato alterato:

| γ_n k (Kg/m ³) | γ_{sat} k (Kg/m ³) | ϕ_k' (°) | C_k' (t/m ²) |
|--------------------------------------|--|------------------|-------------------------------|
| 2000 | 2150 | 22 | 1.50 |

▪ Substrato:

| γ_n k (Kg/m ³) | γ_{sat} k (Kg/m ³) | ϕ_k' (°) | C_k' (t/m ²) |
|--------------------------------------|--|------------------|-------------------------------|
| 2100 | 2150 | 24 | 2.00 |



Areale n°4 al km 12+300

QUADRO RIASSUNTIVO E INTERPRETATIVO DELLE ANALISI GEOTECNICHE

LAVORO: Lavori di realizzazione dell'intervento relativo al collegamento Noce Rivello-Colla Maratea, mediante ammodernamento e messa in sicurezza del percorso stradale esistente della SP 3.

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|----|----|----|---------------|-------------|
| 5 | 2 | 11.40 - 11.80 | 14.40 | 20.64 | 18.04 | 21.38 | 27.10 | 0.502 | 33.42 | 77.73 | 3.35 | 14.54 | 53.08 | 29.03 | 39 | 24 | 15 | 18.87 - 23.2° | A - 6 CL |
| 5 | 1 | 5.00 - 5.50 | 12.74 | 21.09 | 18.71 | 21.70 | 26.70 | 0.427 | 29.94 | 79.61 | 15.86 | 41.94 | 26.46 | 15.72 | 30 | 19 | 11 | 9.17 - 19.2° | A - 6 CL |

Legenda

W= Umidità naturale - γ_v = Peso di volume naturale - γ_d = Peso di volume secco - γ_s = Peso specifico - e= Indice dei vuoti - n= Porosità - Sr=Grado di saturazione - γ_{sat} =peso di volume saturo - L.L. = Limite liquido
L.P. = Limite plastico - I.P.= Indice plastico - c=Coesione - c_u =Coesione non drenata - φ^* = Angolo di attrito interno P=Pressione sul provino - C_v =coefficiente di consolidazione - K=coefficiente di permeabilità

▪ Detrito di frana:

| γ_n k (Kg/m ³) | γ_{sat} k (Kg/m ³) | φ_k' (°) | C_k' (t/m ²) |
|--------------------------------------|--|---------------------|-------------------------------|
| 1950 | 2100 | 21 | 0.00 |

▪ Substrato alterato:

| γ_n k (Kg/m ³) | γ_{sat} k (Kg/m ³) | φ_k' (°) | C_k' (t/m ²) |
|--------------------------------------|--|---------------------|-------------------------------|
| 2000 | 2150 | 22 | 1.50 |

▪ Substrato:

| γ_n k (Kg/m ³) | γ_{sat} k (Kg/m ³) | φ_k' (°) | C_k' (t/m ²) |
|--------------------------------------|--|---------------------|-------------------------------|
| 2100 | 2150 | 24 | 2.00 |

9. CARATTERI IDROGEOLOGICI DEI TERRENI

I terreni affioranti nelle aree in oggetto di studio sono dotati di caratteristiche idrogeologiche piuttosto differenziate, in rapporto alla composizione granulometrica, alla porosità, al grado di addensamento ed alla fatturazione/fessurazione.

In tal senso *poco permeabili per porosità e fratturazione* sono da ritenersi i terreni del **Substrato: Formazione delle Crete Nere**. Infatti, trattandosi di un complesso litologicamente eterogeneo, la *facies argillosa*, anche se dotata di alta *porosità primaria*, è praticamente *impermeabile* a causa delle ridottissime dimensioni dei *pори* nei quali l'acqua viene fissata come *acqua di ritenzione*. Ne deriva una circolazione nulla o trascurabile. Trattandosi di argilla che, anche se *coesiva* e quindi soggetta a fessurarsi, tende a richiudere rapidamente le discontinuità con un comportamento di tipo plastico. La *facies lapidea*, invece, è dotata di una discreta *porosità secondaria*, causata da numerosi fenomeni tra i quali primeggiano quelli tettonici e chimico-dissolutivi a cui contribuiscono considerevolmente i giunti di stratificazione. Tale porosità secondaria contribuisce a dotare tale facies di *discreta permeabilità*. Nell'insieme, però, il complesso litologico, è da considerarsi, come accennato *scarsamente permeabile*, in quanto la permeabilità dei livelli lapidei è in parte o del tutto controllata dalla frazione argillosa che, non di rado, va a riempire le discontinuità (fratture) degli strati lapidei rendendoli poco permeabili.

Discretamente permeabili per porosità e fessurazione è da considerarsi il **Substrato alterato** ed il **Detrito di frana**. Infatti, la caoticità, la disgregazione ed il crepacciamento superficiale, fattori morfoevolutivi (movimenti franosi in atto), il disfacimento fisico-meccanico dovuto agli agenti atmosferici, lo scarso grado di addensamento, la caoticità, i cicli di imbibizione e di essiccamento conseguenti la variazione stagionale del *contenuto naturale in acqua* che produce una tipica fessurazione poligonale (mud-cracks), fanno sì che ci sia l'infiltrazione delle acque meteoriche nel sottosuolo. Dunque la circolazione idrica sotterranea avviene essenzialmente nei livelli alterati e detritici che, per la loro limitata estensione e per i loro spessori contenuti, non possono essere considerati sede di una falda acquifera stabile, ma chiaramente possono essere sede di accumuli di acqua dipendenti quasi esclusivamente dagli eventi meteorici locali.

Per i motivi litotecnici avanti riportati, tali terreni sono facile "preda" per le acque di precipitazione e non, in quanto, lasciandosi permeare con molta facilità, sono portati a saturazione con ovvie



conseguenze per la stabilità globale del versante. Infatti, da un punto di vista geotecnico, il grado di saturazione e, quindi, gli effetti prodotti dalle acque filtranti nei terreni di tale natura sono molteplici e riconducibili soprattutto al loro comportamento sia in presenza di sovraccarichi che in termini di stabilità. In tal senso, man mano che l'acqua permea nel sottosuolo, si ha una diminuzione della permeabilità a tal punto da dare luogo ad uno scorrimento ipodermico e con creazione di un regime idraulico di filtrazione parallela al pendio, producendo così i fenomeni di "allentamento", "ammorbidimento" e "rigonfiamento" (weakening e softening), con perdita dei legami intermolecolari, a scapito della "coesione" e della "resistenza al taglio". E' questo il fenomeno che assume primaria importanza nelle cause che hanno e che continuano ad innescare i movimenti franosi in studio.

Dunque, l'esistenza di un substrato impermeabile e di terreni di alterazione o detritici di frana permeabili, permettono l'accumulo di acqua al loro interno, soprattutto in concomitanza di eventi meteorici eccezionali, con conseguenziale aumento delle *sovrappressioni interne*.

Nella progettazione dell'indagine geognostica non sono stati previsti la messa in opera di piezometri, in considerazione delle esigue somme a disposizione, ma anche del breve intervallo di tempo che separava l'esecuzione dei sondaggi la redazione del presente studio: Di conseguenza si è ritenuto fare uno studio dei livelli piezometrici direttamente in situ (verificando i pozzi, scaturigini, stillicidi, e i livelli freatici intercettati nei sondaggi). Pertanto, alla luce del contesto idrogeologico locale dei luoghi in esame, considerato che è possibile che i materiali detritici possano essere portati a saturazione ed essere sede di una circolazione di acqua che può raggiungere anche il piano campagna (come verificato nell'Areale n°3 al Km 13+700 – 12+950), a favore di sicurezza, nelle verifiche di stabilità e quelle geotecniche si deve tenere in conto l'effetto della falda considerandola nel detrito di frana e nei livelli alterati del substrato ad una quota corrispondente all'incirca con il piano campagna, mentre si considererà praticamente impermeabile il Substrato.

10. CARATTERIZZAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA DEL SITO

Il Comune di Trecchina è stato interessato da un'attività sismica intensa, sia per fenomeni di risentimento che per fenomeni ivi avvenuti. Dal database macrosismico italiano "DBMI11" (2011) redatto dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV), relativo alle osservazioni macrosismiche di terremoti di area italiana al di sopra della soglia del danno, emerge quanto esposto nella figura 6, in cui viene visualizzata la storia sismica di Trecchina.

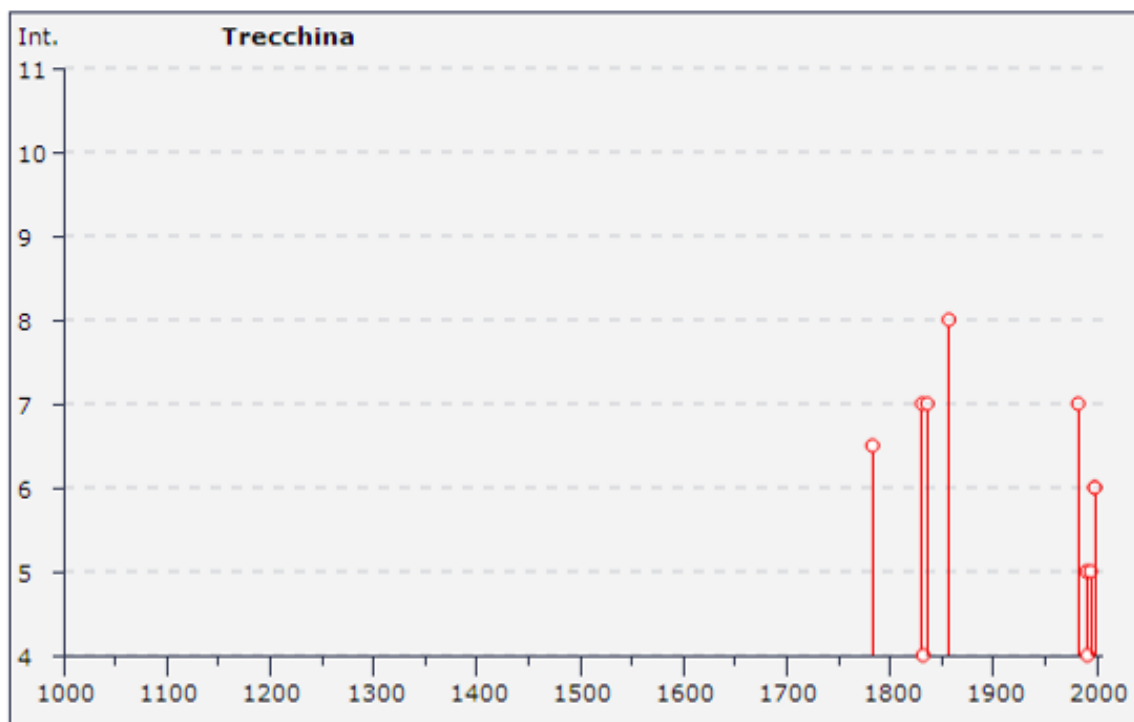


Figura 6 – Diagramma della storia sismica di Trecchina

Il Comune di Trecchina ricade in **Zona sismica 2**, secondo il D.M. 14/09/2005 ai sensi dell'all.1 dell'O.P.C.M. n. 3274/2003 in materia di classificazione sismica del territorio nazionale. Secondo la nuova zonazione sismica della L.R. 9/2011 e s.m.i., Trecchina è classificato come zona **2a**, a cui è attribuito il valore di PGA di **0.250 g**.

10.1. Modello sismico e stima della pericolosità sismica del sito

L'intervento in progetto prevede la realizzazione di opere di consolidamento e, pertanto, di classe d'uso II (secondo la definizione del cap.2.4.2 delle NTC 2008), da cui deriva il coefficiente d'uso $C_u = 1.0$.

Al fine della caratterizzazione delle azioni sismiche cui al paragrafo 3.2 del NTC 2008 (D.M. 14 Gennaio 2008) e della definizione delle forme spettrali in base ai parametri correlati al reticolo di riferimento, si riporta quanto segue:

- **Classificazione della categoria di sottosuolo:**

Le misure sismiche effettuate hanno consentito di ottenere il profilo di velocità delle onde di taglio nei primi 30 m (V_{s30}). La descrizione stratigrafica è congruente con quella prevista dalla tab. 3.2.II delle NTC 2008, pertanto il sito in esame ricade nella categoria di sottosuolo “B” e “C” solo per l’Areale n°4 al km 12+300.

- **Classificazione delle condizioni topografiche:**

La categoria topografica è la T1, a cui corrisponde un valore del coefficiente di amplificazione topografica S_T pari a 1.0, come indicato nella tab. 3.2.VI delle NTC 2008. Solo per l’Areale n°1 al km 15+00 la categoria topografica è la T3, a cui corrisponde un valore del coefficiente di amplificazione topografica S_T pari a 1.20

La pericolosità sismica è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa a_g in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido. Utilizzando l’elaborazione per la stabilità dei pendii e fondazioni, i parametri sismici calcolati per il sito con GeoStru PS <http://www.geostru.com/geoapp> sono quelli riportati nei paragrafi successivi (10.2.1 - 10.2.11). I valori a_g , F_0 , T_c^* definiscono le forme spettrali:



- Relazione Geologica -

Lavori di realizzazione dell'intervento relativo al collegamento
Noce Rivello-Colla Maratea, mediante ammodernamento e
messa in sicurezza del percorso stradale esistente della SP 3
-Comune di Trecchina (PZ)-

Cerca Posizione

Via n°

Comune Cap

Provincia

Coordinate WGS84

Latitudine °

Longitudine °

Isole

Determinazione dei parametri sismici

(1)* Coordinate WGS84
Lat. ° Long. °

(1)* Coordinate ED50
Lat. ° Long. °

Classe dell'edificio
II. Affollamento normale. Assenza di funz. pubblici

Vita nominale

(Opere provvisorie <=10, Opere ordinarie >=50, Grandi opere >=100)

Interpolazione

40.037472, 15.789182

☒ Visualizza vertici della maglia di appartenenza

| Stato Limite | Tr [anni] | a _g [g] | F ₀ | T _c * [s] |
|--|-----------|--------------------|----------------|----------------------|
| Operatività (SLO) | 30 | 0,051 | 2,420 | 0,277 |
| Danno (SLD) | 50 | 0,069 | 2,389 | 0,296 |
| Salvaguardia vita (SLV) | 475 | 0,226 | 2,318 | 0,370 |
| Prevenzione collasso (SLC) | 975 | 0,309 | 2,345 | 0,396 |
| Periodo di riferimento per l'azione sismica: | 50 | | | |

Calcolo dei coefficienti sismici

☐ Muri di sostegno ☐ Paratie

☒ Stabilità dei pendii e fondazioni

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

H (m)

us (m)

Categoria sottosuolo

Categoria topografica

| | SLO | SLD | SLV | SLC |
|----------------------------------|------|------|------|------|
| Ss* Amplificazione stratigrafica | 1,50 | 1,50 | 1,39 | 1,27 |
| Cc* Coeff. funz categoria | 1,60 | 1,57 | 1,46 | 1,43 |
| St* Amplificazione topografica | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |

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

| Coefficienti | SLO | SLD | SLV | SLC |
|--------------|-------|-------|-------|-------|
| kh | 0,015 | 0,021 | 0,088 | 0,110 |
| kv | 0,008 | 0,010 | 0,044 | 0,055 |
| Amax [m/s²] | 0,756 | 1,020 | 3,079 | 3,844 |
| Beta | 0,200 | 0,200 | 0,280 | 0,280 |

(1)* Il software converte i dati dal sistema WGS84 al sistema ED50, prima di elaborare i risultati è comunque possibile inserire direttamente le coordinate nel sistema ED50. I punti sulla mappa sono da considerarsi esclusivamente in coordinate WGS84.

(2)* Il file creato con "Salva file" può essere importato automaticamente negli applicativi GeoStru.



Cerca Posizione

Via

S.P. n°3

n°

Comune

Trecchina

Cap

Provincia

Potenza

Cerca

Coordinate WGS84

Latitudine

°

Longitudine

°

Cerca

Isole

-- Seleziona --

Determinazione dei parametri sismici

(1)* Coordinate WGS84

Lat.

40.033512

°

Long.

15.790990

°

(1)* Coordinate ED50

Lat.

40,034517

°

Long.

15,791817

°

Classe dell'edificio

II. Affollamento normale. Assenza di funz. pubblici

Cu = 1

Vita nominale

50

(Opere provvisorie <=10, Opere ordinarie >=50, Grandi opere >=100)

Interpolazione

Media ponderata

Calcola

Mappa

Satellite

+

-

Google

Dati mappa

Termini e condizioni d'uso

Segnala un errore nella mappa

40.033512, 15.790989

☒ Visualizza vertici della maglia di appartenenza

Stato Limite

Tr [anni]

a_g [g]

F_o

T_c* [s]

Operatività (SLO)

30

0,051

2,420

0,277

Danno (SLD)

50

0,069

2,389

0,296

Salvaguardia vita (SLV)

475

0,225

2,318

0,370

Prevenzione collasso (SLC)

975

0,308

2,344

0,396

Periodo di riferimento per l'azione sismica:

50

Calcolo dei coefficienti sismici

☐ Muri di sostegno

☐ Paratie

☒ Stabilità dei pendii e fondazioni

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

H (m)

1

us (m)

0.1

Categoria sottosuolo

B

Categoria topografica

T1

Ss*

Amplificazione stratigrafica

1,20

1,20

1,19

1,11

Cc*

Coeff. funz categoria

1,42

1,40

1,34

1,32

St*

Amplificazione topografica

1,00

1,00

1,00

1,00

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

0.6

Coefficienti

SLO

SLD

SLV

SLC

kh

0,012

0,017

0,075

0,096

kv

0,006

0,008

0,038

0,048

Amax [m/s²]

0,605

0,815

2,631

3,354

Beta

0,200

0,200

0,280

0,280

Calcola

(1)* Il software converte i dati dal sistema WGS84 al sistema ED50, prima di elaborare i risultati è comunque possibile inserire direttamente le coordinate nel sistema ED50. I punti sulla mappa sono da considerarsi esclusivamente in coordinate WGS84.

(2)* Il file creato con "Salva file" può essere importato automaticamente negli applicativi GeoGebra.

Calcola

Calcola

Cerca Posizione

Via n°

Comune Cap

Provincia

Coordinate WGS84

Latitudine °

Longitudine °

Isole ▼

Determinazione dei parametri sismici

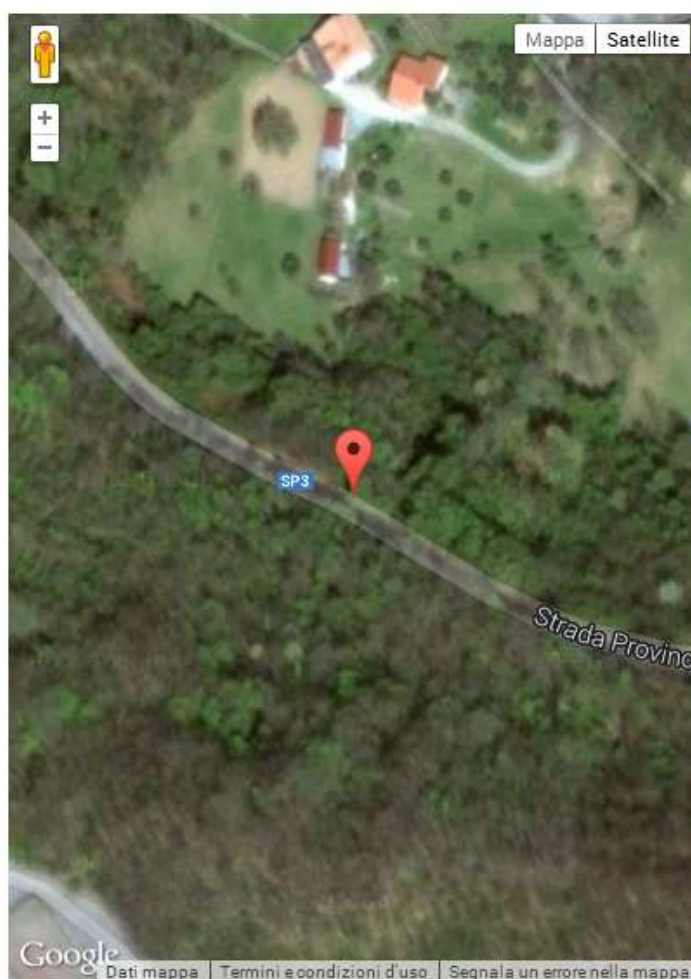
(1)* Coordinate WGS84
 Lat. ° Long. °

(1)* Coordinate ED50
 Lat. ° Long. °

Classe dell'edificio
 II, Affollamento normale; Assenza di funz. pubblici Cu = 1

Vita nominale
 (Opere provvisorie <=10, Opere ordinarie >=50, Grandi opere >=100)

Interpolazione



☒ Visualizza vertici della maglia di appartenenza



(1)* Il software converte i dati dal sistema WGS84 al sistema ED50, prima di elaborare i risultati è comunque possibile inserire direttamente le coordinate nel sistema ED50. I punti sulla mappa sono da considerarsi esclusivamente in coordinate WGS84.

(2)* Il file creato con "Salva file" può essere importato automaticamente negli applicativi GeoStru.

| Stato Limite | Tr [anni] | a_g [g] | Fo | Tc* [s] |
|--|--------------|--------------|-------|------------|
| Operatività (SLO) | 30 | 0,051 | 2,420 | 0,277 |
| Danno (SLD) | 50 | 0,069 | 2,388 | 0,297 |
| Salvaguardia vita (SLV) | 475 | 0,224 | 2,319 | 0,370 |
| Prevenzione collasso (SLC) | 975 | 0,306 | 2,343 | 0,397 |
| Periodo di riferimento per l'azione sismica: | 50 | | | |

Calcolo dei coefficienti sismici

☐ Muri di sostegno
 ☐ Paratie

☒ Stabilità dei pendii e fondazioni

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

H (m)

us (m)

Categoria sottosuolo

Categoria topografica

| | SLO | SLD | SLV | SLC |
|---|------|------|------|------|
| Ss * Amplificazione stratigrafica | 1,20 | 1,20 | 1,19 | 1,11 |
| Cc * Coeff. funz categoria | 1,42 | 1,40 | 1,34 | 1,32 |
| St * Amplificazione topografica | 1,20 | 1,20 | 1,20 | 1,20 |

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

| Coefficienti | SLO | SLD | SLV | SLC |
|--------------------------|-------|-------|-------|-------|
| kh | 0,015 | 0,020 | 0,090 | 0,114 |
| kv | 0,007 | 0,010 | 0,045 | 0,057 |
| Amax [m/s ²] | 0,723 | 0,974 | 3,137 | 4,000 |
| Beta | 0,200 | 0,200 | 0,280 | 0,280 |

11. CONSIDERAZIONI SULLA STABILITA' DELLE AREE E INTERVENTI DI CONSOLIDAMENTO

Come già anticipato, gli interventi di consolidamento o di messa in sicurezza della SP3, a partire dalla SS 585 "Fondovalle del Fiume Noce", sono stati individuati in quei tratti in cui è maggiore la pericolosità per la circolazione veicolare, così come riportato nelle Carte Tematiche (rif. Alleg. 04 a/b/c/d). Più precisamente si è deciso di intervenire essenzialmente in n°4 tratti interessati da movimenti franosi individuabili rispettivamente ai km 15+000, 14+500, 13+700--12+950, e 12+300.

Come premessa generale sembra opportuno sottolineare che i versanti su cui insistono le aree in studio, come anche i versanti contermini, mostrano di aver subito nel tempo e di subire ancora oggi una varia e complessa evoluzione geomorfologica, frutto di un'intima commistione fra movimenti di massa, sia antichi che recenti, processi erosivi, ancor oggi intensi, nonché di antichissimi processi di modellamento delle acque incanalate. Infatti, l'andamento morfologico non è regolare, ma piuttosto ondulato con forme che individuano vecchi cigli di distacco di frane parzialmente "svuotate", pendenze e contropendenze che delimitano tutta una serie di terrazzi di frana in parte smantellati dall'azione erosiva delle acque di corrivazione superficiale e di quelle incanalate che, come anticipato nel precedente capitolo, favoriscono l'infiltrazione delle acque meteoriche agevolando i fenomeni di weakening e softening. Molto diffusi sono anche i fenomeni di creeps e di rilassamento dei terreni facenti parte della coltre di alterazione. Dunque, i movimenti franosi in studio si inseriscono in un contesto idrogeomorfologico complesso, e sono classificabili come movimenti "roto-traslazionale" evolvente a luoghi in "colata".

Da quanto appena riportato risulta che il tratto di strada di che trattasi è interessato da numerosi movimenti franosi che, inserendosi in settori di versante con caratteri morfologici complessi, già da molti anni, hanno e continuano a dissestare la strada provinciale con movimenti più o meno lenti, in funzione degli apporti idrici nel terreno, nonostante ripetuti tentativi di regimentazione delle acque superficiali ed di ripristino della massicciata e pavimentazione stradale. Purtroppo, la morfoevoluzione di questi movimenti gravitativi e le masse in gioco sono tali che, qualsiasi intervento di drenaggio per l'abbassamento della falda a qualche metro al disotto del piano campagna, di riprofilatura del versante, di regimentazione delle acque di corrivazione superficiali, possono al massimo contribuire ad un rallentamento del cinematisma, ma non al suo consolidamento definitivo. Infatti, le condizioni di quiescenza delle frane vengono meno ogni qual volta si ha un sovrizzo della falda. Il tutto evolve con la rimobilizzazione di enormi masse terrose. Tale contesto è stato ampiamente verificato anche



analiticamente. Infatti, in questa fase esecutiva della progettazione, al fine di dare delle prime indicazioni quantitative sui coefficienti di sicurezza e sulle possibili opere di consolidamento, sono state eseguite numerose verifiche di stabilità sia *ante* che *post operam*. Dunque, le verifiche numeriche, elaborate secondo il metodo di calcolo di Bishop che di Janbu, sono state eseguite in ottemperanza alle normative vigenti, lungo la Sezione n°1, 1/a, 2, 3, 4 ritenute le più significative in termini di pendenze e configurazione morfologica. Nei calcoli cautelativamente sono stati considerati le seguenti condizioni e/o fattori:

- La falda a piano campagna interessante il Detrito di frana ed il Substrato alterato;
- Sismicità di Normativa (NTC 2008);
- la categoria di suolo "B o C" con categoria topografica T1, a cui corrisponde un valore del coefficiente di amplificazione topografica ST pari a 1.00; solo per l'areale n°1al km 15+000 (Sezione n°1 e 1/a) la categoria topografica è la T3, a cui corrisponde un valore del coefficiente di amplificazione topografica ST pari a 1.20;
- Valori dei parametri geotecnici cautelativi avendo optato anche per l'ulteriore riduzione degli stessi in fase di calcolo.

Nelle analisi numeriche si è considerata sia una "maglia di centri" dieci per dieci, opportunamente posizionata rispetto al pendio, oltre ad alcune ipotetiche superfici di scivolamento critiche "di forma generica". Delle numerose curve di scivolamento calcolate nei tabulati analitici contenuti nelle **Verifiche di stabilità** dell'Allegato 06 sono state riportate le superfici più significative e con fattore di sicurezza minore e, quindi, a maggiore criticità per la stabilità del settore di versante in studio. Qui di seguito si riporta un commento dei risultati ottenuti:

SEZIONE n°01:

1. *Verifiche di stabilità "ante operam"*: le verifiche sono state eseguite allo stato di fatto considerando la falda a piano campagna. I risultati delle verifiche hanno confermato, senza dubbio, lo stato di dissesto e morfoevolutivo del versante fornendo coefficienti di sicurezza F_s variabili da 0.21 a 0.73, quindi minori dell'unità;
2. *Verifiche di stabilità "post operam"*: in considerazione dell'andamento morfologico del versante (elevate pendenze) oggettivamente non è possibile eseguire trincee drenanti per l'abbattimento

della falda. Pertanto, per garantire la stabilità nelle verifiche si è inserito un'opera di consolidamento costituita da una paratia di pali trivellati (intesa solo come resistenza tangenziale) del diametro di Φ 800 mm con interasse di m 1.00 della lunghezza di m 12.00. I risultati del coefficiente di sicurezza F_s variano da 1.11 a 1.25 e dimostrano che l'inserimento dell'opera subito sul ciglio della strada restituisce a questo settore di pendio una stabilità globale che soddisfa i coefficienti minimi di normativa.

SEZIONE n°01/a:

1. *Verifiche di stabilità "ante operam"*: le verifiche sono state eseguite allo stato di fatto considerando la falda a piano campagna. I risultati delle verifiche hanno confermato, senza dubbio, lo stato di dissesto e morfoevolutivo del versante fornendo coefficienti di sicurezza F_s variabili da 0.20 a 0.23, quindi minori dell'unità;
2. *Verifiche di stabilità "post operam"*: in considerazione dell'andamento morfologico del versante (elevate pendenze) oggettivamente non è possibile eseguire trincee drenanti per l'abbattimento della falda. Pertanto, per garantire la stabilità nelle verifiche si è inserito un'opera di consolidamento costituita da una paratia di pali trivellati (intesa solo come resistenza tangenziale) del diametro di Φ 1200 mm con interasse di m 1.50 della lunghezza di m 18.00. I risultati del coefficiente di sicurezza F_s variano da 1.11 a 1.27 e dimostrano che l'inserimento dell'opera subito sul ciglio della strada restituisce a questo settore di pendio una stabilità globale che soddisfa i coefficienti minimi di normativa.

SEZIONE n°02:

1. *Verifiche di stabilità "ante operam"*: le verifiche sono state eseguite allo stato di fatto considerando la falda a piano campagna. I risultati delle verifiche hanno confermato, senza dubbio, lo stato di dissesto e morfoevolutivo del versante fornendo coefficienti di sicurezza F_s variabili da 0.65 a 0.70, quindi minori dell'unità;
2. *Verifiche di stabilità "post operam"*: in considerazione dell'andamento morfologico del versante (elevate pendenze) oggettivamente non è possibile eseguire trincee drenanti per l'abbattimento della falda. Pertanto, per garantire la stabilità nelle verifiche si è inserito un'opera di consolidamento costituita da un muro su pali trivellati (intesa solo come resistenza tangenziale) del

diametro di Φ 800 mm con interasse di m 2.40 della lunghezza di m 12.00. I risultati del coefficiente di sicurezza F_s variano da 1.11 a 1.13 e dimostrano che l'inserimento dell'opera subito sul ciglio della strada restituisce a questo settore di pendio una stabilità globale che soddisfa i coefficienti minimi di normativa.

SEZIONE n°03:

1. *Verifiche di stabilità "ante operam"*: le verifiche sono state eseguite allo stato di fatto considerando la falda a piano campagna. I risultati delle verifiche hanno confermato, senza dubbio, lo stato di dissesto e morfoevolutivo del versante fornendo coefficienti di sicurezza F_s minimo di 0.77, quindi minori dell'unità;
2. *Verifiche di stabilità "post operam"*: è stata eseguita una verifica di stabilità considerando l'abbattimento della falda di 4-5.00 m dal p.c., ottenuto ad esempio con la realizzazione di un sistema di trincee drenanti, che ha evidenziato un lieve aumento del coefficiente di sicurezza F_s che è passato da 0.77 a 0.93 per la curva di scivolamento più rappresentativa. Pertanto, in considerazione che la stessa frana interessa la provinciale in due punti, per garantire la stabilità nelle verifiche si è inserito al km 13+700 un'opera di consolidamento costituita da un muro su pali trivellati (intesa solo come resistenza tangenziale) del diametro di Φ 1000 mm con interasse di m 1.20 della lunghezza di m 12.00 ed un muro su pali del diametro di Φ 1000 mm con interasse di m 1.20 della lunghezza di m 15.00 al km 12+950. Il coefficiente di sicurezza è $F_s = 1.40$ che dimostra che l'inserimento delle opere subito sul ciglio della strada restituisce a questo settore di pendio una stabilità globale che soddisfa i coefficienti minimi di normativa. In merito in considerazione della morfoevoluzione del movimento franoso e della sua geometria si ritiene necessario eseguire comunque una trincea drenante in modo tale da dare un contributo all'azione di consolidamento da parte delle opere in c.c.a..

SEZIONE n°04:

1. *Verifiche di stabilità "ante operam"*: le verifiche sono state eseguite allo stato di fatto considerando la falda a piano campagna. I risultati delle verifiche hanno confermato, senza dubbio, lo stato di dissesto e morfoevolutivo del versante fornendo coefficienti di sicurezza F_s variabili da 0.59 a 0.74, quindi minori dell'unità;



2. *Verifiche di stabilità "post operam"*: in considerazione dell'andamento morfologico del versante (elevate pendenze) oggettivamente non è possibile eseguire trincee drenanti per l'abbattimento della falda. Pertanto, per garantire la stabilità nelle verifiche si è inserito un'opera di consolidamento costituita da una paratia di pali trivellati (intesa solo come resistenza tangenziale) del diametro di Φ 1000 mm con interasse di m 1.20 della lunghezza di m 15.00. I risultati del coefficiente di sicurezza F_s è di 1.67 e dimostrano che l'inserimento dell'opera subito sul ciglio della strada restituisce a questo settore di pendio una stabilità globale che soddisfa i coefficienti minimi di normativa.

Anche se i fori di sondaggio sono stati attrezzati con tubo inclinometrico, è stato possibile eseguire solo la lettura di "zero", visto il breve lasso di tempo trascorso dalla loro messa in opera alla redazione del presente studio. In conclusione si ritiene che per procedere al definitivo consolidamento del tratto di strada in epigrafe è necessario progettare sia opere di consolidamento strutturali sia opere di drenaggio. Queste ultime devono essere viste come interventi finalizzati solo a ripristinare la viabilità e, quindi, a mettere in sicurezza il tratto di strada in studio, e non a garantire la stabilità globale degli interi versanti.

Il Geologo

Dr. Antonio De Carlo

Il Collaboratore

Dr. Bartolo Romaniello