



PROGRAMMA OPERATIVO COMPLEMENTARE (P.O.C.) 2014 - 2020
ATTUAZIONE DELIBERAZIONE CIPE N. 54 / 2016
Deliberazione Giunta Regione Campania n. 113 del 26.03.2019

BENEFICIARIO ATTUAZIONE OPERAZIONE
CONSORZIO DI BONIFICA "VELIA"

Località Piano della Rocca, 84060 - PRIGNANO CILENTO (SA)
Tel. 0974/837206 - Fax. 0974/837154 - Pec: consorziovelia@pec.it - www.consorziovelia.com

Id. 261_1 - C.U.P. E21B04000330006. Ripristino viabilità e collegamenti del bacino della diga di Piano della Rocca.
INTERVENTO DI COMPLETAMENTO

Fattibilità tecnico economica

Progetto definitivo

Progetto esecutivo

BA - Geologia
Relazione Geologica

Sigla progressiva

B A 0 0 1

Scala

-

Cod. elaborato

G E 0 0 G E O R E 0 1

Data prima emissione del documento

08/2020

Revisione

A

data

11.2020

B

data

--.----

C

data

--.----

D

data

--.----

E

data

--.----

Riferimento archivio digitale

N. 036.2020/Ve.Ing.

RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO

Ing. Marcello Nicodemo

Consorzio di Bonifica "Velia"

Loc. Piano della Rocca - 84060 - Prignano Cilento (SA)

Tel. 0974.837206 - Pec: consorziovelia@pec.it

Iscritto all'Albo degli Ingegneri di Salerno n. 1931 dal 16.04.1984

PROGETTAZIONE

VELIA INGEGNERIA E SERVIZI SRL

Loc. Piano Della Rocca 84060 - Prignano Cilento (SA)

Tel. 0974/837206 fax 0974/837154 - Pec: veliaingegneria@pec.it

Ing. Gaetano Suppa - Direttore Tecnico

Iscritto all'Albo degli Ingegneri di Salerno n. 1854 dal 12.09.1983

GEOLOGIA

RTP TRONCARELLI - VENOSINI - ROSSI

Dott. Geol. Roberto Troncarelli (mandataria) - P.IVA 01400050560

Dott. Geol. Andrea Venosini (mandante)

Legale Rappresentante Geoven di Venosini Andrea - P.IVA 02110500697

Dott. Geol. Giuseppe Rossi (mandante)

Legale Rappresentante Geolab di Giuseppe Rossi - P.IVA 02308670690

Dott. Geol.
Roberto TRONCARELLI



Dott. Geol.
Andrea VENOSINI



Dott. Geol.
Giuseppe ROSSI



INDICE

1. Premessa	1
2. Metodologie di studio	3
3. Cartografia di riferimento e inquadramento territoriale	5
4. Inquadramento geologico	7
4.1. Caratteristiche generali del territorio	7
4.2. Geologia del Cilento	9
5. Inquadramento geomorfologico	12
5.1. Geomorfologia dell'area cilentana	12
5.2. Caratteristiche morfologiche dell'area di intervento	13
6. Inquadramento idrogeologico	15
7. Inquadramento sismico	17
7.1. Definizione di zona sismica	17
7.2. Sismicità storica	23
8. Geologia dell'area di intervento	25
8.1. Depositi continentali	25
8.2. Unità del Gruppo del Cilento	26
8.3. Unità Tettonica Nord-Calabrese	26
9. Indagini	28
9.1. Indagini pregresse	28
9.2. Nuova campagna di indagini	28
9.3. Interpretazione dei nuovi sondaggi geognostici	29
9.4. Interpretazione delle indagini sismiche	30
10. Caratterizzazione geotecnica dei terreni	32
10.1. Parametri fisico-meccanici dei depositi terrigeni	32
10.2. Parametri fisico-meccanici dei depositi lapidei	33
11. Caratterizzazione sismica dei terreni	39
12. Caratteristiche generali dell'area del tracciato	43
13. Sezioni geologico-tecniche e verifiche di stabilità	46
14. Criticità del tracciato ed interventi previsti	49
15. Compatibilità con il PSAI Autorità di Distretto idrografico dell'appennino meridionale	50
15.1. Riferimenti Normativi	50
15.2. Valutazioni ai fini della compatibilità geologica	51

16. Svincolo idrogeologico	52
16.1. Valutazioni geologico tecniche ai fini del vincolo idrogeologico	53
17. Considerazioni conclusive	56

ALLEGATI

BA002	Inquadramento territoriale (Scala 1:25.000)
BA003	Aerofotogrammetria con localizzazione interventi (Scala 1:5.000)
BA004	Carta Geolitologica (Scala 1:2.000)
BA005	Carta Geomorfologica (Scala 1:2.000)
BA006	Carta Inventario Frane (Scala 1:2.000)
BA007	Carta della pericolosità da frana (Scala 1:5.000)
BA008	Carta del rischio da frana (Scala 1:5.000)
BA009	Carta delle aree di attenzione (Scala 1:5.000)
BA010	Carta ubicazione indagini in sito e di repertorio (Scala 1:2.000)
BA011	Fascicolo delle indagini e delle prove in sito e di laboratorio
BA012	Tavole geologiche degli interventi con traccia delle sezioni (Scala 1:2.000)
BA013	Sezioni geologiche – Tavola 1 di 6 (da Sez. 1 a Sez. 7) (Scala 1:500) Sezioni geologiche – Tavola 2 di 6 (da Sez. 8 a Sez. 18) (Scala 1:500) Sezioni geologiche – Tavola 3 di 6 (da Sez. 19 a Sez. 30) (Scala 1:500) Sezioni geologiche – Tavola 4 di 6 (da Sez. 31 a Sez. 40) (Scala 1:500) Sezioni geologiche – Tavola 5 di 6 (da Sez. 41 a Sez. 49) (Scala 1:500) Sezioni geologiche – Tavola 6 di 6 (da Sez. 50 a Sez. 61) (Scala 1:500)
BA014	Carta dei vincoli (Scala 1:5.000)
BA015	Verifica di stabilità ante operam
BA016	Carta idrogeologica (Scala 1:2.000)

N. B. Ai sensi della normativa vigente (L. n. 633 del 22.04.1941 “Protezione del diritto d'autore e di altri diritti connessi al suo esercizio” – art. 99 e ss. mm. ii. e R. D. n. 262 del 16.03.1942 “Codice civile” e ss. mm. ii.) il presente elaborato non potrà essere riprodotto né ceduto a terzi, né tanto meno utilizzato per scopi diversi da quello di destinazione. Il relatore ne detiene la proprietà e tutte le autorizzazioni per l'utilizzo.

1. PREMESSA

Il Consorzio di Bonifica Velia - Prignano Cilento (SA) (contratto Rep. n° 492, codice CIG 8140904680 - CUP E21B04000330006), ha affidato al RTP Geovit s. r. l. – Geoven di Andrea Venosini – Geolab di Giuseppe Rossi (giusto Atto per Notaio Fabrizio Fortini di Viterbo Rep. N. 62310 racc. n. 39.444 in data 18/02/2020) l'incarico di redigere lo studio geologico e della direzione lavori per i sondaggi geologici e direzione operativa per gli aspetti geologici durante la fase di realizzazione dell'opera (CUP: E21B04000330006 nell'ambito dell'intervento denominato Id. 261_1) "Ripristino viabilità e collegamenti del bacino della diga di Piano della Rocca. Intervento di completamento". FSC 2014-2020 (CUP: E21B04000330006).

In particolare, la presente relazione di modellazione geologica, geotecnica e sismica del volume significativo, nel seguito definita "relazione geologica", è stata redatta ai sensi del D. M. II. 17.01.2018, nel seguito NTC18, e della Circolare C. S. LL. PP. 617/09, nel seguito Circolare.

La stessa è basata sulle risultanze delle indagini geologiche, geotecniche, sismiche eseguite durante tre differenti campagne, di cui una nell'anno 2000, la seconda nel 2014 e l'ultima, ad integrazione delle precedenti, durante i primi mesi dell'anno in corso, sui terreni interessati dalle opere in progetto.

Tutte le indagini sono state condotte ai sensi del D. M. LL. PP. 11.3.1988 "Norme tecniche per indagini su terreni e rocce", e della Circolare del Min. LL. PP. n° 30483/88.

La presente relazione geologica, a corredo della documentazione progettuale, è stata redatta inoltre per l'ottenimento della autorizzazione ai fini sismici, prevista dall'art. 94 del D. P. R. 380/01, essendo il territorio dichiarato sismico dalla O. P. C. M. 3274/03 e ss. mm. ii., che ha definito il comune di Cicerale (SA), area in cui ricade l'intero tracciato in progetto, in zona sismica di 3^a categoria.

Infine, il presente elaborato tecnico, viene prodotto nel rispetto delle specifiche competenze professionali così come definite dall'art. 41 del D. P. R. 328/01.

Dal punto di vista normativo si richiamano finalità e contenuti che, ai sensi delle normative vigenti, sia nazionali che regionali, il presente elaborato deve presentare.

D. M. II. TT. 17.01.2018

§ 6.1.2 Prescrizioni generali

Le scelte progettuali devono tener conto delle prestazioni attese delle opere, dei caratteri geologici del sito e delle condizioni ambientali.

I risultati dello studio rivolto alla caratterizzazione e modellazione geologica, dedotti da specifiche indagini, devono essere esposti in una specifica relazione geologica di cui al § 6.2.1.

§ 6.2 Articolazione del progetto

Il progetto delle opere e degli interventi si articola nelle seguenti fasi:

- caratterizzazione e modellazione geologica del sito;
- scelta del tipo di opera o di intervento e programmazione delle indagini geotecniche;
- caratterizzazione fisico-meccanica dei terreni e delle rocce presenti nel volume significativo e definizione dei modelli geotecnici di sottosuolo (cfr. § 3.2.2).

§ 6.2.1 Caratterizzazione e modellazione geologica del sito

Il modello geologico di riferimento è la ricostruzione concettuale della storia evolutiva dell'area di studio, attraverso la descrizione delle peculiarità genetiche dei diversi terreni presenti, delle dinamiche dei diversi termini litologici, dei rapporti di giustapposizione reciproca, delle vicende tettoniche subite e dell'azione dei diversi agenti morfogenetici.

La caratterizzazione e la modellazione geologica del sito deve comprendere la ricostruzione dei caratteri litologici, stratigrafici, strutturali, idrogeologici, geomorfologici e, più in generale, di pericolosità geologica del territorio, descritti e sintetizzati dal modello geologico di riferimento.

In funzione del tipo di opera, di intervento e della complessità del contesto geologico nel quale si inserisce l'opera, specifiche indagini saranno finalizzate alla documentata ricostruzione del modello geologico.

Il modello geologico deve essere sviluppato in modo da costituire elemento di riferimento per il progettista per inquadrare i problemi geotecnici e per definire il programma delle indagini geotecniche.

La caratterizzazione e la modellazione geologica del sito devono essere esaurientemente esposte e commentate in una relazione geologica, che è parte integrante del progetto.

Tale relazione comprende, sulla base di specifici rilievi ed indagini, la identificazione delle formazioni presenti nel sito, lo studio dei tipi litologici, della struttura del sottosuolo e dei caratteri fisici degli ammassi, definisce il modello geologico del sottosuolo, illustra e caratterizza gli aspetti stratigrafici, strutturali, idrogeologici, geomorfologici, nonché i conseguenti livelli delle pericolosità geologiche.

§ 6.2.2 Indagini, caratterizzazione e modellazione geotecnica

Le indagini geotecniche devono essere programmate in funzione del tipo di opera e/o di intervento, devono riguardare il volume significativo e, in presenza di azioni sismiche, devono essere conformi a quanto prescritto ai §§ 3.2.2 e 7.11.2..

Per volume significativo di terreno si intende la parte di sottosuolo influenzata, direttamente o indirettamente, dalla costruzione del manufatto e che influenza il manufatto stesso. Le indagini devono permettere la definizione dei modelli geotecnici di sottosuolo necessari alla progettazione.

La presente relazione descrive e commenta i risultati dello studio eseguito.

2. METODOLOGIE DI STUDIO

Per l'espletamento dell'incarico, si è proceduto per fasi successive, secondo quanto di seguito riportato:

- consultazione della bibliografia e della cartografia di settore ufficiale per l'area in esame e le aree limitrofe;
- rilevamento geologico e geomorfologico, con particolare riferimento alle forme ed agli indizi di eventuali dissesti superficiali e profondi, in atto o potenziali;
- studio aerofotogrammetrico utilizzando foto aeree di diversa età e levata;
- identificazione delle problematiche di tipo geologico presenti lungo il tratto stradale di progetto;
- pianificazione di una campagna integrativa di indagini in sito e in laboratorio;
- interpretazione dei dati della campagna di indagini;
- caratterizzazione meccanica e sismica dei terreni;
- valutazioni sulla stabilità dell'area in riferimento alla tipologia degli interventi a farsi.

Successivamente si è proceduto ad una verifica del rilevamento geologico rispetto alla nuova cartografia geologica ufficiale dell'area, Foglio n. 503 - Vallo della Lucania, quale documento scientifico successivo agli elaborati già redatti in seno a precedenti studi eseguiti nell'area di interesse.

In particolare lo studio geologico, prendendo le mosse dai summenzionati precedenti studi eseguiti, è stato adeguato alle NTC 2018 e, nella fattispecie, è stato necessario aggiornare gli studi di compatibilità geologica secondo quanto previsto dalle NdA relative al PSAI della ex Autorità di Bacino Regionale Campania Sud ed Interregionale per il Bacino Idrografico del Fiume Sele, allora territorialmente competente (ora di pertinenza del Distretto Idrografico dell'Appennino meridionale).

Inoltre, si è provveduto, a partire dalla verifica dei modelli geologico-tecnici già redatti e ricorrendo ai profili topografici esistenti, ad integrare questi ultimi e la parametrizzazione geotecnica già utilizzata, mediante l'elaborazione - secondo le NTC 2018 e relativa Circolare Min. II. TT. n. 7 del 21.0.12019 - delle verifiche di stabilità ante operam, sulle aree censite in frana.

Costituiscono parte integrante dello studio geologico gli elaborati di seguito elencati:

BA002	Inquadramento territoriale (Scala 1:25.000)
BA003	Aerofotogrammetria con localizzazione interventi (Scala 1:5.000)
BA004	Carta Geolitologica (Scala 1:2.000)
BA005	Carta Geomorfologica (Scala 1:2.000)
BA006	Carta Inventario Frane (Scala 1:2.000)
BA007	Carta della pericolosità da frana (Scala 1:5.000)

BA008	Carta del rischio da frana (Scala 1:5.000)
BA009	Carta delle aree di attenzione (Scala 1:5.000)
BA010	Carta ubicazione indagini in sito e di repertorio (Scala 1:2.000)
BA011	Fascicolo delle indagini e delle prove in sito e di laboratorio
BA012	Tavole geologiche degli interventi con traccia delle sezioni (Scala 1:2.000)
BA013	Sezioni geologiche – Tavola 1 di 6 (da Sez. 1 a Sez. 7) (Scala 1:500)
	Sezioni geologiche – Tavola 2 di 6 (da Sez. 8 a Sez. 18) (Scala 1:500)
	Sezioni geologiche – Tavola 3 di 6 (da Sez. 19 a Sez. 30) (Scala 1:500)
	Sezioni geologiche – Tavola 4 di 6 (da Sez. 31 a Sez. 40) (Scala 1:500)
	Sezioni geologiche – Tavola 5 di 6 (da Sez. 41 a Sez. 49) (Scala 1:500)
	Sezioni geologiche – Tavola 6 di 6 (da Sez. 50 a Sez. 61) (Scala 1:500)
BA014	Carta dei vincoli (Scala 1:5.000)
BA015	Verifica di stabilità ante operam
BA016	Carta idrogeologica (Scala 1:2.000)

3. CARTOGRAFIA DI RIFERIMENTO E INQUADRAMENTO TERRITORIALE

L'area oggetto di studio in riferimento alla cartografia ufficiale dello Stato dell'I. G. M. in scala 1:25.000, ricade nel Foglio 503 Vallo della Lucania – Sezione IV - Ogliastro Cilento, il cui stralcio è riportato in Figura 1.

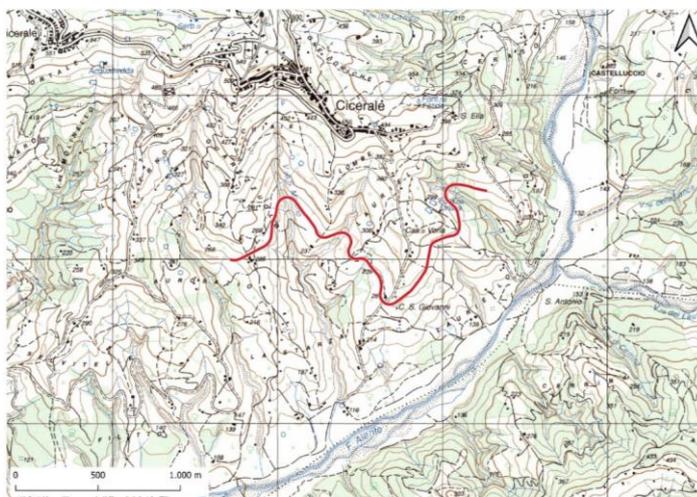


Figura 1 Stralcio della cartografia IGM 1:25.000, ingrandita, con il tracciato di progetto.

La base cartografica utilizzata nell'ambito del presente studio per la rappresentazione delle singole tematiche studiate è costituita dalla Carta Tecnica Regionale della Campania a scala 1:5.000 in formato vettoriale. Gli elementi cartografici della C. T. R. utilizzati sono rappresentati in Figura 2.

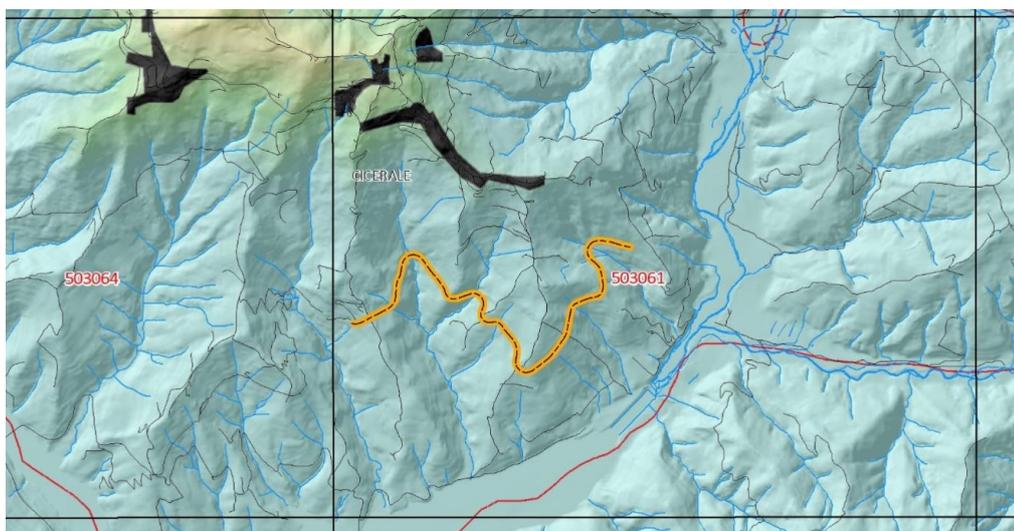


Figura 2 Quadro di unione dell'area di studio con il tracciato di progetto.

L'area di intervento è tutta compresa nell'Elemento503061, localizzata in destra orografica del F. Alento, a ridosso dei suoi tributari V. ne Aurosazio, V. ne San Martino e V. ne del Campo.

Nell'immagine seguente (Figura 3) si riporta un inquadramento territoriale generale, in cui con linea rossa è visibile il tratto di strada oggetto di progetto, ottenuto da un ortofoto 3D tratta da Google Earth.



Figura 3 Inquadramento territoriale generale con tracciato su ortofoto 3D Google Earth.

In Figura 4 uno stralcio della stessa ortofoto di Google Earth in proiezione bidimensionale.

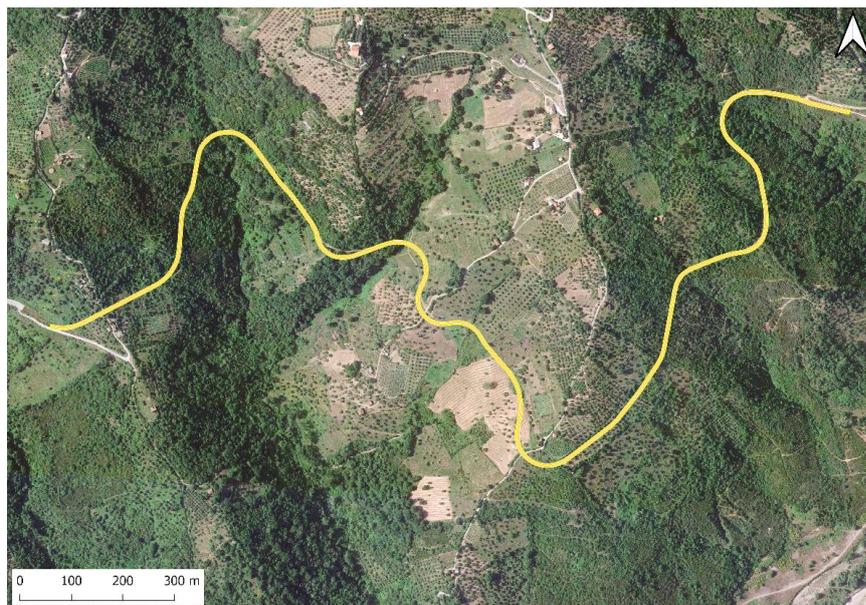


Figura 4 Tracciato di progetto su orto-foto 2D.

4. INQUADRAMENTO GEOLOGICO

4.1. CARATTERISTICHE GENERALI DEL TERRITORIO

L’Appennino meridionale rappresenta la porzione apicale di un complesso sistema costituito da più unità tettoniche tra loro sovrapposte. Questa strutturazione, iniziata a partire dall’Oligocene e perdurata fino al Quaternario è caratterizzata dal succedersi e dal sovrapporsi di differenti contesti geodinamici e deformativi, che ha generato una complessa catena a pieghe e sovrascorrimenti, dislocata da faglie ad alto angolo con cinematica trascorrente ed estensionale.

Geometricamente dall’alto verso il basso le principali unità tettoniche sono rappresentate da: Unità Interne (sensu *Bonardi et al., 1988*); Unità di Piattaforma Appenninica Auct.; Unità del Bacino di Lagonegro Auct.; Unità di Piattaforma Apula Auct. (Figura 5).

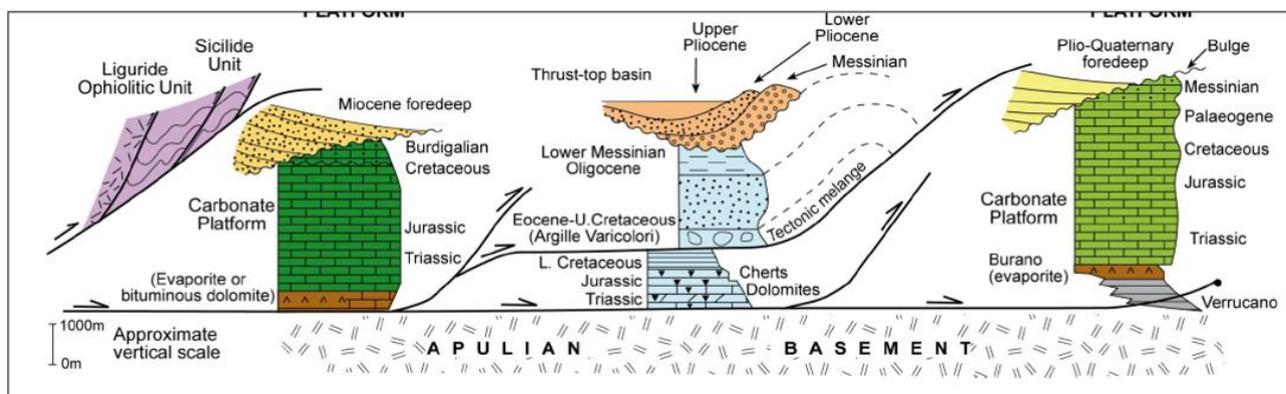


Figura 5 Relazioni geometriche principali tra le unità tettoniche.

Queste unità provengono dalla deformazione di domini paleogeografici rappresentati da ambienti bacinali e ambienti di piattaforma carbonatica nell’ambito della quale è possibile distinguere tra facies riferibili ad ambienti di piattaforma s. s., facies di scarpata e facies di transizione a bacino.

L’unità di Piattaforma Appenninica Auct. è caratterizzata da depositi prevalentemente carbonatici nell’ambito dei quali è possibile distinguere facies riferibili ad un ambiente di piattaforma (Unità Alburno-Cervati-Pollino) da facies riferibili ad un ambiente di scarpata e transizione a bacino (Unità Monti della Maddalena).

Nell’ambito delle unità bacinali è possibile distinguere depositi prevalentemente argillosi e arenaceo-argillosi (Unità Interne e Gruppo del Cilento sensu *Bonardi et al., 1988*) e depositi prevalentemente calcarei, silicei e argillosi, calcareo marnosi e argillosi (Unità Lagonegresi).

Queste unità sono caratterizzate da un complesso assetto strutturale nell’ambito del quale è possibile riconoscere rapporti geometrici primari di sovrapposizione delle Unità Interne sull’Unità Alburno-Cervati-Pollino, di questa sull’Unità dei Monti della Maddalena e di quest’ultima sulle Unità Lagonegresi, a loro volta sovrapposte all’unità della Piattaforma Apula.

Questi rapporti geometrici primari sono successivamente modificati da eventi deformativi che comportano in alcuni casi una inversione delle geometrie.

Al di sopra dei questi depositi deformati trovano sede i depositi pliocenici e quaternari di riempimento di bacini satellite ubicati sulle coltri e delle depressioni del Vallo di Diano, della Val d’Agri e delle conche tettono-carsiche.

La porzione di territorio interessata dagli interventi di sistemazione del tratto stradale è posizionato nel tratto medio collinare del Cilento, sul versante in destra idraulica del Fiume Alento.

La Figura 6 sotto riportata (da *Sgrosso et al., 2010*, modificata) mostra l’ubicazione dell’area di studio in una rappresentazione schematica delle principali unità geologiche che caratterizzano la porzione di catena subappennina in cui questo è compreso.

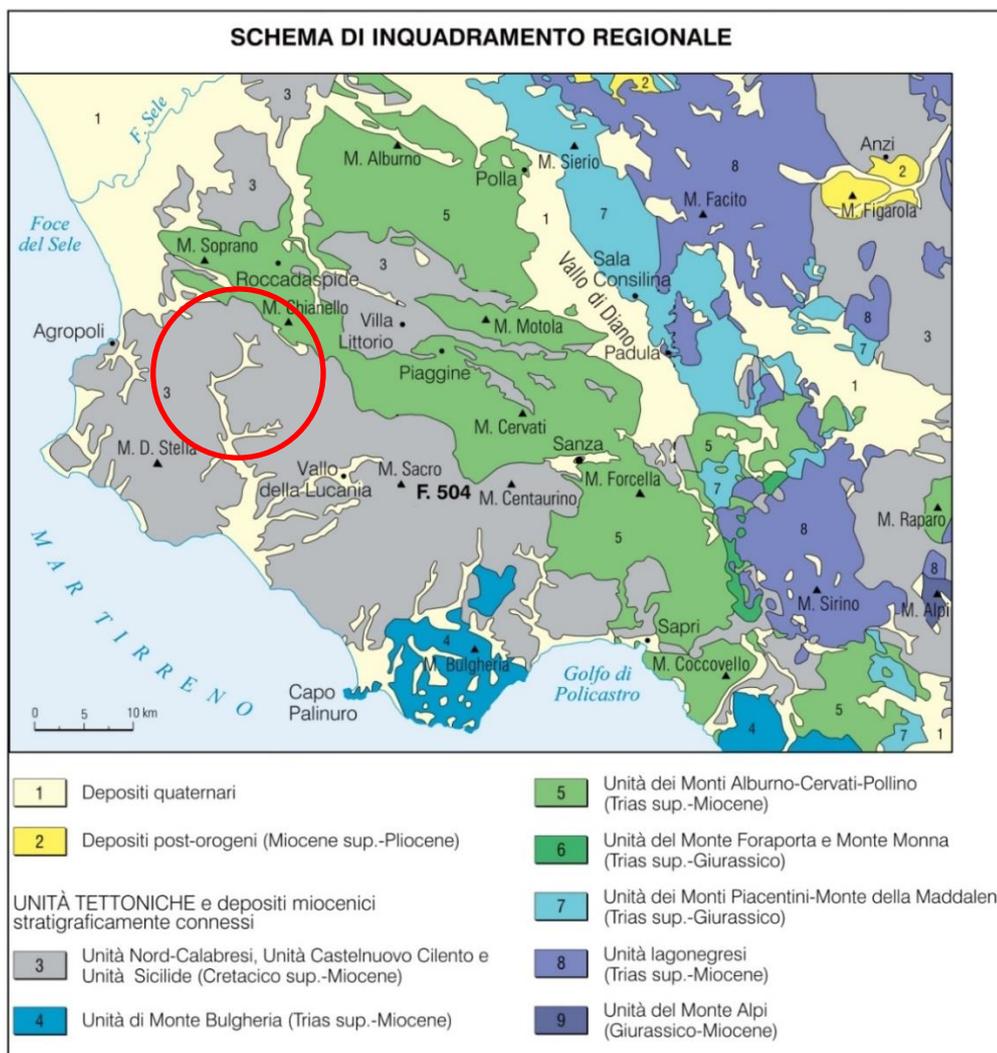


Figura 6 Inquadramento geologico regionale.

4.2. GEOLOGIA DEL CILENTO

Il Cilento costituisce una delle aree geologicamente più "interne" dell'Appennino meridionale; in particolare, i principali litotipi affioranti nel Cilento nord-occidentale possono essere ricondotti a due grandi unità litostrutturali, differenti per litologia, posizione strutturale e provenienza paleogeografica.

Nell'ambito della catena appenninica il Cilento, per le sue peculiari caratteristiche geologiche, può essere definito una "provincia morfostrutturale" (*Guida et al. 1980*) che, a sua volta, rappresenta una sub-unità della Regione Tettonica Campano-Lucana. In tale contesto emergono, nel territorio cilentano, i diffusi affioramenti delle porzioni geometricamente apicali del prisma orogenico sud-appenninico.

Tali porzioni sono costituite dalle unità interne, ovvero dai terreni bacinali derivanti dalla deformazione di domini paleogeografici depositi su crosta oceanica o continentale assottigliata. Si tratta di terreni considerati precedentemente come porzioni basali delle successioni affioranti nel Cilento (Formazione di Ascea: *Itto et al., 1965; Cocco et al., 1971*), ma in seguito assimilati alle Unità nord-calabresi o Liguridi auct. ed alle Unità Sicilidi (*Bonardi et al., 1988*), di età prevalentemente terziaria (Figura 7).

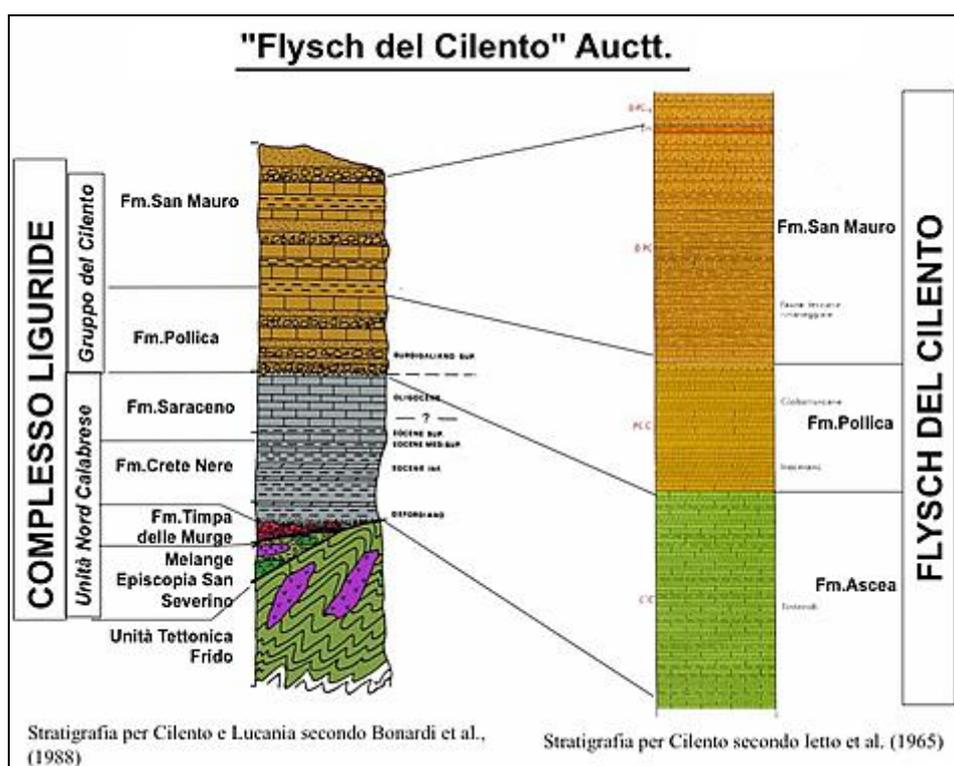


Figura 7 Evoluzione dell'interpretazione del "Flysch del Cilento" Auctt..

Essi risultano sovrapposti tettonicamente durante il Miocene ai depositi mesozoico-terziari delle unità esterne riferite al paleomargine occidentale della microplacca apula (Unità tettonica del Bulgheria ed Unità tettonica dei Monti Alburno-Cervati-Pollino: *Mostardini e\ Merlini, 1986; Sgrosso, 1986*).

Su tali terreni, intendendo quelli delle unità interne ed esterne, poggiano, in contatto stratigrafico discordante, depositi miocenici sinorogeni. Essi sono rappresentate dal Gruppo del Cilento, seguito dai conglomerati di M. Sacro (*Amore et al., 1988; De Pippo e Valente, 1991*) e dalle calciruditi ed arenarie di Piaggine (*Castellano et al., 1997*).

L'attuale assetto geostrutturale del Cilento, quindi, è il risultato finale di numerosi eventi tettono-sedimentari, di tipo compressivo e distensivo che hanno interessato le suddette unità appartenenti in origine a diversi domini paleogeografici, i quali sono responsabili della costruzione della catena appenninica campano-lucana.

Sono poi seguite le fasi orogenetiche, che hanno determinato la surrezione della catena e i cui effetti sono ancora molto evidenti, in quanto responsabili della formazione di blocchi variamente dislocati e, quindi, della formazione delle attuali principali morfostrutture positive e negative dell'area.

Nel territorio cilentano, pertanto, si possono distinguere a grande scala e dal basso verso l'alto, le seguenti unità tettoniche:

- Unità di piattaforma carbonatica;
- Unità terrigene interne;
- Depositi sinorogeni miocenici;
- Depositi quaternari post-orogenici.

Tra queste, nell'area di studio sono presenti:

Unità terrigene interne

A queste unità, spesso notevolmente deformate, afferiscono le formazioni dell'Unità tettonica Nord Calabrese (formazioni delle Crete Nere e del Saraceno: sensu *Bonardi et al., 1988*), quelle dei terreni ad "Affinità Sicilide" o di Castelnuovo Cilento (*Cammarosano et al., 2000*) e quelle più propriamente dell'Unità Sicilide; quest'ultima, decisamente poco rappresentata, è considerata correlabile per le litologie osservabili (argille policrome, marne, calcari risedimentati ed arenarie) e per l'età (paleogenica) con gli affioramenti tipo dell'area lucana (*Lentini et al., 1991; de Capoa et al., 2000*) e, per questo, così denominata.

Esse sono costituite principalmente da argilliti, grigie e grigio piombo, talora varicolori, areniti carbonatiche, a volta con liste e noduli di selce, e areniti silicoclastiche con marne biancastre e grigio chiare.

Attualmente le successioni litologiche su citate, sono localizzate lungo la fascia costiera, ad esempio nei pressi degli abitati di Acciaroli ed Ascea, e lungo le valli dei fiumi Alento, Mingardo e Bussento.

Depositi sinorogeni miocenici

A questi terreni afferiscono le formazioni del Gruppo del Cilento e dei Conglomerati di Monte Sacro, in precedenza considerati come porzioni mediane e sommitali delle successioni affioranti nel Cilento (*Itto et al., 1965; Cocco et al., 1971*).

L'Unità del Gruppo del Cilento, in particolare, costituita dalle Arenarie di Pollica e dalla Formazione di San Mauro nelle loro varie facies litostratigrafiche rappresenta, invece, una serie

sedimentaria mesoautoctona geometricamente sovrapposta, con contatto trasgressivo discordante, sia all'Unità tettonica dei Monti Alburno-Cervati-Pollino che all'Unità tettonica Nord Calabrese.

Depositi Quaternari post-orogenici

Questo gruppo comprende tutti i sedimenti marini e continentali depositatisi dalla fine dell'emersione dell'area (tardo Pliocene e inizio Pleistocene) e sono rappresentati da quei depositi che derivavano dallo smantellamento delle litologie poste lungo i versanti dei rilievi, ovvero al riempimento di aree depresse tra i rilievi.

Sono compresi, quindi, tutti i terreni sciolti della copertura con composizione variabile da grossolana a fine che, nelle aree in studio, sono rappresentati esclusivamente da depositi a genesi continentale di versante, costituiti da accumuli detritici di tipo gravitativo e/o dilavamento.

L'estrema variabilità litologica, sedimentologica e giaciturale è legata essenzialmente alla roccia madre, di per sé eterogenea, al processo genetico ed al meccanismo di messa in posto. Il comportamento geomeccanico di questi terreni è fortemente influenzato dalla distribuzione granulometrica, dal grado di addensamento, dalla natura della porzione fine, dalla presenza di acqua, dallo spessore del deposito e dal contatto con il substrato.

5. INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO

5.1. GEOMORFOLOGIA DELL'AREA CILENTANA

La ricca varietà di paesaggi e morfotipi presenti sul territorio cilentano è dovuta all'articolata storia morfoevolutiva che ha coinvolto l'intero Appennino Campano, a partire dalla fine del Miocene, associata alla notevole variabilità litologica delle formazioni presenti, nonché al notevole contributo nella morfogenesi svolto dalle variazioni climatiche che hanno instaurato alterni periodi glaciali e periglaciali nel Terziario e nel Quaternario.

Il paesaggio cilentano è contraddistinto dalla netta diversificazione tra le dorsali carbonatiche, che costituiscono i rilievi nel settore nord-orientale e orientale della provincia morfostrutturale del Cilento e le dorsali terrigene del settore sud-occidentale, comprese tra il Golfo di Salerno e il Golfo di Policastro.

L'altra dorsale carbonatica presente, separata dalla precedente, è rappresentata dal Monte Bulgheria, che costituisce un corpo isolato nel settore meridionale del territorio cilentano.

La forte resistenza all'erosione presente nelle formazioni calcaree, che permette ai rilievi di conservare un'elevata acclività dei versanti, imprime al paesaggio un aspetto piuttosto aspro la cui monotonia è interrotta solo dalla presenza di superfici di spianamento a bassa pendenza (paleosuperfici), a volte ricorrenti secondo uno stile a gradinate, che interrompono il profilo del versante o si impostano sulle sommità dei rilievi. La genesi di tali superfici è imputata ai processi d'erosione carsica e fluviocarsica, verificatisi in periodi di stazionamento del livello di base dell'erosione; ne sono un esempio le paleosuperfici (versanti policiclici) del Monte Bulgheria

Durante il Pleistocene superiore-Olocene, secondo *Ascione e Romano, 1999*, la morfogenesi costiera è proceduta soltanto in risposta alle oscillazioni climatiche e alle conseguenti variazioni glacio-eustatiche del livello del mare. Laddove i rilievi appenninici raggiungono il mare, si ritrovano paesaggi di costa alta a picco sul mare (falesie attive) o costa alta dotata di sottili lembi pianeggianti tra la base dei rilievi e la battigia (caso di falesie morte). Le aree pianeggianti possono aumentare d'ampiezza e insinuarsi verso l'interno in corrispondenza di valli fluviali che dissecano profondamente i rilievi costieri, come la piana terminale del Fiume Alento.

Altra caratteristica del paesaggio cilentano sono le aree caratterizzate da terreni di natura arenaceo- conglomeratica e arenaceo-calcareo-argillosa. Su queste litologie le valli fluviali presentano modesti gradi di svasatura nelle parti alte. I versanti di questi rilievi mostrano profili trasversali del tipo concavo-convesso e si presentano molto articolati per il susseguirsi di valli e vallette da erosione lineare ma anche per la presenza di nicchie e corpi di frana di varia natura e dimensione (*Cinque e Romano, 2001*). Le frane si distribuiscono lungo i fianchi e le testate di valli di basso ordine gerarchico, di recente sviluppo o in fase d'approfondimento; tali fenomeni sono presenti anche nelle valli maggiori e più antiche e si manifestano ad opera dei corsi d'acqua che tendono a scalzare il piede del versante per migrazioni laterali (*Cinque e Romano, 2001*).

Le aree studiate presentano uno sviluppo morfologico piuttosto articolato in quanto notevolmente condizionate dall'assetto litologico-strutturale. Le incisioni vallive principali si sviluppano prevalentemente in direzione WE individuando porzioni di versanti la cui morfometria è anch'essa legata all'assetto litologico strutturale. Si riscontrano, infatti, pendenze più elevate laddove affiorano terreni marnoso siltosi e dove l'andamento degli strati si presenta a reggipoggio.

La presenza di lineamenti strutturali quali faglie e macrofratture ha favorito processi di erosione concentrata con la formazione di alvei molto incisi e concavità morfologiche, talvolta molto ampie, nella porzione medio alta dei versanti.

Lungo i versanti sono ben individuabili, inoltre, le forme denudazionali e deposizionali legate alla evoluzione più o meno recente del territorio ed i processi che ne hanno determinato il modellamento attuale.

I principali morfotipi che caratterizzano il paesaggio delle dorsali terrigene consentono la suddivisione del territorio in aree a comportamento omogeneo dal punto di vista geomorfologico come:

- *Versanti denudazionali di bacino imbrifero* e i *versanti denudazionali* legati all'approfondimento del reticolo drenante e all'evoluzione del rilievo per denudazione;
- *Versanti litostrutturali* dove il controllo strutturale sui processi di erosione è stato ed è esercitato prevalentemente dalla variazione sia degli orientamenti degli strati, sia della loro competenza;
- *Vallecole a fondo concavo* e *conoidi colluviali* legate a processi eluvio-colluviali. Le prime sono depressioni concave situate in zone di raccordo tra aree a diversa pendenza, oppure alla sommità delle nicchie di distacco dei fenomeni franosi. Le seconde derivano dall'accumulo di materiale eluvio-colluviale allo sbocco di impluvi di limitata estensione e bassa pendenza, lungo i quali non si è sviluppato un vero e proprio reticolo drenante;
- *Talus detritico colluvialiche* rappresentano forme di accumulo di materiale colluviale misto a detrito derivante sia da processi areali di trasporto “granulo a granulo” (*sheet wash*) ad opera di flussi idrici superficiali di tipo laminare, sia dal rimaneggiamento dei depositi dovuti a processi denudazionali di versante.

5.2. CARATTERISTICHE MORFOLOGICHE DELL'AREA DI INTERVENTO

L'area di studio è localizzata lungo i versanti meridionali del rilievo collinare sul quale è ubicato l'abitato di Cicerale (Morfostruttura di Monte Leo), delimitato verso sud dal fondovalle del F. Alento, che in questo tratto si sviluppa da ENE verso WSW; ampi tratti del fondovalle sono caratterizzati da forme dovute ad erosione laterale di sponda, ad opera dello stesso F. Alento, ovviamente precedenti alla realizzazione dell'invaso di Piano della Rocca, essendo lo stesso attualmente occupato dal lago.

La forte predominanza collinare dell'ambito geomorfologico oggetto di studio delinea un paesaggio tipico della zona preappenninica, con rilievi per lo più arrotondati, i cui pendii progrediscono verso valle a volte in maniera graduale ed a volte formando ripide pendenze.

L'analisi di profili topografici significativi dei versanti evidenziano una serie di concavo-convessità, tipiche dell'evoluzione morfologica dei pendii che si sviluppano in terreni delle serie strutturalmente complesse e/o terrigene, dove l'erosione differenziale ed i processi gravitativi di massa rivestono un ruolo fondamentale nel modellamento esogeno degli stessi versanti. Le caratteristiche ondulazioni dei versanti sono dovute sia al particolare assetto stratigrafico-strutturale dei terreni che li costituiscono, sia alla presenza di dissesti diffusi.

Le fenomenologie franose più ampie e complesse sono in genere antiche o recenti e, probabilmente, il loro innesco è da mettere in connessione con condizioni morfoclimatiche e tettoniche diverse dall'attuale; per tale motivo, anche se le aree di nicchia e le forme deposizionali di tali frane sono a luoghi ancora riconoscibili sul territorio, quasi sempre presentano uno stato di attività quiescente.

La franosità attuale, invece, è spesso legata a fenomenologie di tipo "ereditato"; in tal caso i movimenti investono corpi localizzati di sovente sui cumuli di frana recenti o antichi o lateralmente agli stessi. E' comunque evidente anche una franosità di "neoformazione" che in genere interessa le coltri superficiali, con dimensioni e volumetrie contenute.

In particolare sono stati riconosciuti:

- scorrimenti rotazionali, roto-traslativi e complessi (scorrimento + colata);
- frane tipo colata lenta (colamento), quale stadio finale di colata rapida, ovvero come evoluzione di fenomeni viscosi tipo "creep";
- deformazioni delle coperture detritico-eluvio-colluviali ed a luoghi anche del bedrock secondo meccanismi tipo "creep".

Tra i dissesti dovuti ad acque correnti, infine, sono riconoscibili fenomeni di erosione lineare per approfondimento normale di fossi di incisione secondaria.

Alcuni dei dissesti richiamati investono più o meno direttamente anche il tracciato della strada oggetto di studio e trovano in parte riscontro nel PSAI dell'Autorità di bacino Campania Sud ed Interregionale del F. Sele.

Gli elementi geomorfologici rilevati sono stati restituiti su una “Carta geomorfologica” (G.04) con l'intera superficie topografica cartografata in termini di forme e depositi associati, secondo un nuovo modello di cartografia geomorfologica di tipo ‘gerarchico multiscalare’ ed ‘a copertura completa’, la cui metodologia è illustrata nel Quaderno 13, Fascicoli 1 e 2, 2018-2019 dell'ISPRA e nell'articolo <<La revisione e aggiornamento delle “Linee Guida al Rilevamento della Carta Geomorfologica d'Italia alla scala 1:50.000” (Brancaccio et al., 1994) e proposta di un modello di cartografia Geomorfologica Applicativa Multiscale “a oggetti”>>, a cura di *C. Campobasso et al.*, pubblicato sulla rivista ‘Geologia Tecnica & Ambientale’ del Consiglio Nazionale dei Geologi.

6. INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO

Il bacino idrografico del Fiume Alento comprende un'area di 284 km² interamente ricadente nella provincia di Salerno. Esso si propaga dalla costa tirrenica verso l'interno per circa 30 km, e racchiude un territorio che presenta una morfologia articolata di tipo montuosa e collinare. Le aree pianeggianti ricadono esclusivamente lungo la fascia costiera e del fondovalle del Fiume Alento.

I rilievi montuosi principali sono rappresentati dal Monte Sacro (1705 m), Monte Scuro (1610 m) e Monte Falascoso (1494 m), lungo l'estremità orientale del bacino.

Il Fiume Alento prende origine dai rilievi collinari e montuosi che sovrastano gli abitati di Stio e Gorga, e si sviluppa parallelamente alla dorsale di Monte Chianello, con direzione ESE-WNW, probabilmente impostato lungo una zona di faglia che determina una valle stretta e caratterizzata sui versanti che la sottendono in destra idrografica dalla presenza di processi erosivi e denudazionali, configurati su litologie prevalentemente argilloso-arenacee.

Immediatamente a valle del Comune di Monteforte Cilento, il Fiume Alento cambia il suo percorso in modo repentino verso sud-ovest, percorrendo l'ampia vallata impostata tra i rilievi collinari degli abitati di Cicerale e Ostigliano, fino a confluire nel bacino artificiale costituito da una diga in terra che ostruisce il normale deflusso del fiume.

A valle della diga il corso d'acqua riprende a scorrere secondo un allineamento all'incirca nord-sud, divagando nella valle alluvionale che da quel punto si apre verso il mare dove il fiume sfocia in prossimità dell'abitato di Casalvelino.

La valle del Fiume Alento è costituita principalmente da formazioni terrigene che, per la loro costituzione litologica sono generalmente prive di falde di particolare interesse.

Laddove sono presenti in affioramento formazioni complesse con presenza di strati arenacei, discontinui e di limitato spessore, abbiamo una permeabilità prevalentemente per porosità, che occasionalmente danno origine a sorgenti di portata modesta e soprattutto funzione degli eventi pluviali.

Una prima differenziazione sostanziale, che consente di definire e distinguere una serie di complessi principali in funzione del grado di permeabilità relativa a scala regionale, risulta realizzabile tenendo conto delle caratteristiche litostratigrafiche delle principali unità stratigrafiche a livello di gruppo di formazioni (**cf. Figura 8**).

I principali complessi idrogeologici sono costituiti da:

- *Complesso Calcareao-Dolomitico*: è caratterizzato da un alto valore della permeabilità relativa secondaria, per fratturazione e carsismo (successione carbonatica di piattaforma dell'Unità dei Monti Alburno-Cervati-Pollino);
- *Complesso Marnoso-Calcareao ed Argilloso-Arenaceo*: è caratterizzato da un valore della permeabilità relativa da bassa a nulla (terreni delle unità Nord-Calabrese, Castelnuovo Cilento, Sicilidi e delle Formazioni del Bifurto e di Piaggine);
- *Complesso Arenaceo-Marnoso-Conglomeratico*: è caratterizzato da un valore della permeabilità relativa da medio a medio-alto (Gruppo del Cilento e Conglomerati di Monte Sacro).
- *Complesso Detritico-Alluvionale*: è caratterizzato da un valore della permeabilità da medio a medio-alto.

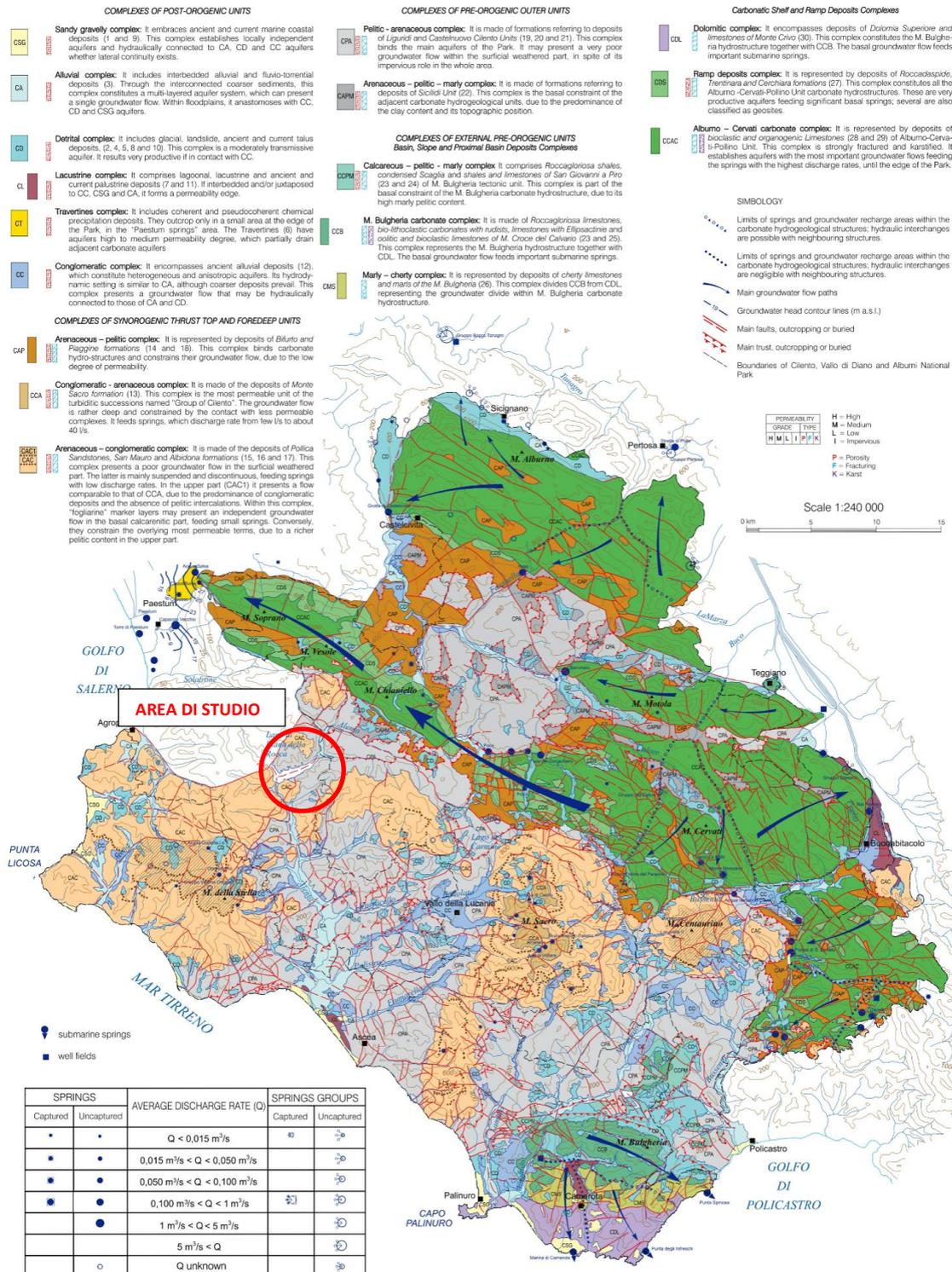


Figura 8 Carta Idrogeologica del Parco Nazionale del Cilento Vallo di Diano ed Alburni (Aloia et alii, 2010).

Nello specifico nelle aree in studio si rinvencono:

- il Complesso Marnoso-Calcareo ed Argilloso-Arenaceo;
- il Complesso Arenaceo-Marnoso-Conglomeratico;
- il Complesso Detritico-Alluvionale;

che, dal basso verso l'alto, costituiscono la morfostruttura di Monte Leo e, in particolare, il rilievo collinare su cui è ubicato l'abitato di Cicerale.

7. INQUADRAMENTO SISMICO

Le politiche di prevenzione del rischio sismico si basano sul fattore della pericolosità, definita come la possibilità che in una porzione di territorio si verifichi un evento calamitoso di una determinata intensità. La pericolosità totale di un determinato luogo è la risultante della pericolosità di base e della pericolosità locale, derivante dalle condizioni morfologiche e litostratigrafiche del sito. Il metodo probabilistico con cui è stata costruita la carta nazionale della pericolosità di base considera il processo sismico come un processo statistico, e in base a questo approccio la pericolosità viene definita come la probabilità di eccedenza di un parametro descrittivo del moto del terreno in un determinato intervallo di tempo. Se, per un certo territorio, attribuiamo un valore di probabilità al verificarsi di un evento sismico, di una data magnitudo, in un certo intervallo di tempo, possiamo definirne la pericolosità sismica. Tale parametro è espresso in termini di accelerazione al bedrock mediante metodi probabilistici, che consentono di associare una probabilità ad un fenomeno quale il terremoto.

7.1. DEFINIZIONE DI ZONA SISMICA

Negli ultimi anni, e fino al 2002, il punto di riferimento per la valutazione della pericolosità sismica nell'area italiana, è stata la zonazione sismogenetica ZS4 (cfr. **Figura 9**). Tale modello di zonazione, prodotto nel 1996, ha mostrato alcune incoerenze con il catalogo CPTI (Catalogo parametrico dei terremoti italiani).

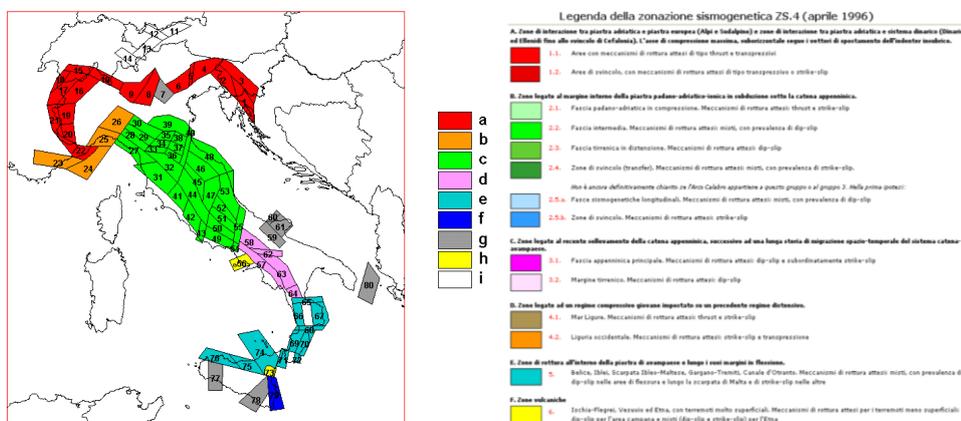


Figura 9 Zonazione Sismogenetica ZS4 adottata dal GNDT nel 1996 e relativa legenda.

Per questo motivo, allo scopo di ottenere un modello più coerente con i nuovi dati e con il quadro sismotettonico a disposizione, è stata sviluppata una nuova zonazione sismogenetica, denominata ZS9 (cfr. **Figura 10**).

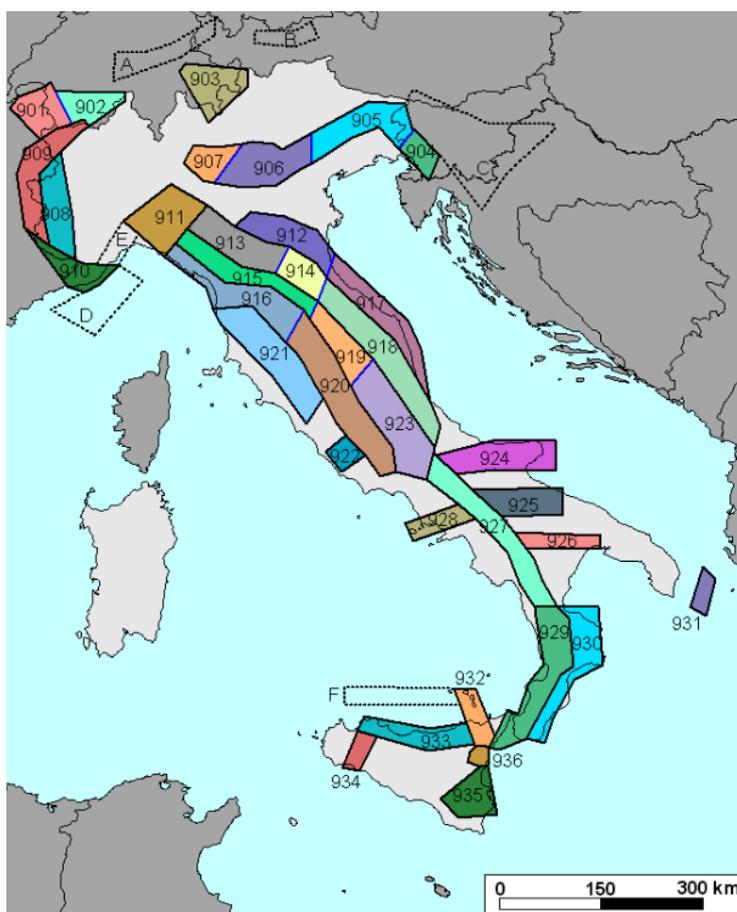


Figura 10 Zonazione sismogenetica ZS9. Le diverse zone sono individuate da un numero. Le zone indicate con una lettera non sono state utilizzate per la valutazione della pericolosità sismica.

A integrazione di quanto già illustrato si riporta anche il database delle sorgenti sismogenetiche italiane¹ (cfr. **Figura 11**).

¹ <http://diss.rm.ingv.it/dissmap/dissmap.phtml>.



Progetto esecutivo

(D. Lgs. n. 50 del 18.04.2016 art. 23 “Livelli della progettazione per gli appalti, per le concessioni di lavori nonché per i servizi” e ss. mm. ii.)
 (D. P. R. n. 207 del 05.10.2010 e ss. mm. ii.)
 (D. M. 17 gennaio 2018 “Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni»” e ss. mm. ii.)
 (Provincia di Salerno - Nulla osta di cui al Decreto Dirigenziale n. 240 del 18.09.2019)

BA001 - Relazione geologica

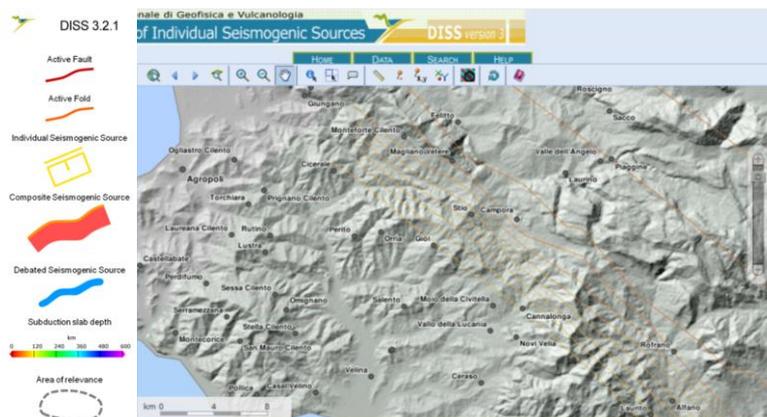


Figura 11 Database delle sorgenti sismogenetiche italiane.

La zonazione sismogenetica ZS9² è il risultato degli accorpamenti e delle elisioni delle numerose zone ZS4 e della introduzione di nuove zone e prevede una suddivisione in 42 zone sismiche (zone sorgente), omogenee rispetto al dominio strutturale-cinematico prevalente, identificate con un numero (da **901** a **936** in cui è stata valutata la pericolosità sismica) o con una lettera (da **A** ad **F** in cui non è stata valutata la pericolosità sismica), i cui limiti sono stati tracciati, come accennato, sulla base di informazioni geologico - strutturali e tettoniche e di differenti caratteristiche della sismicità, quali distribuzione spaziale e frequenza degli eventi e massima magnitudo rilasciata.

Il territorio comunale di *Prignano Cilento* **non ricade** all'interno di nessuna delle sopra citate zone sorgente, inoltre, dall'analisi delle risultanze del Progetto ITHACA³ (ITaly HAZard from CAPable faults) si evince come lo stesso **non ospiti** al proprio interno faglie attive e capaci (**cf. Figura 12**).

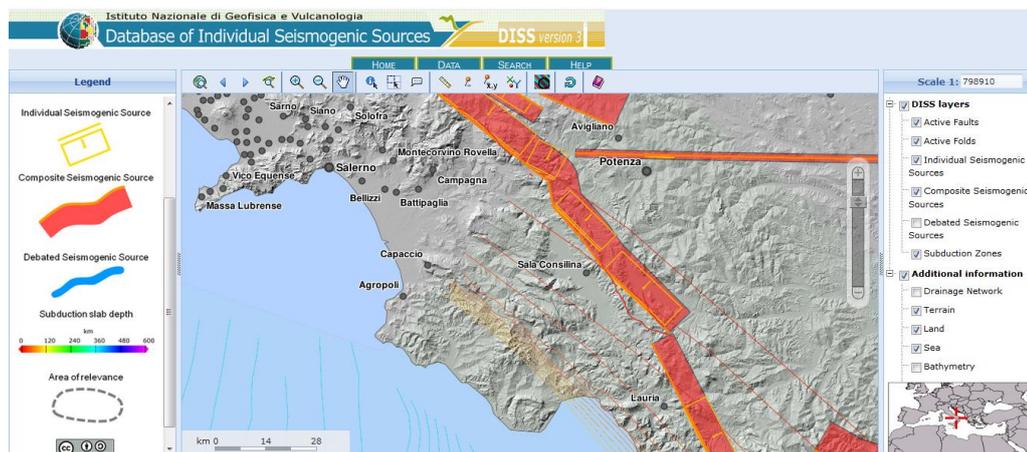


Figura 12 Progetto ITHACA (ITaly HAZard from CAPable faults). In evidenza il territorio comunale di Prignano Cilento.

² INGV (Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia – Sezione di Milano). http://emidius.mi.ingv.it/GNDT/ZONE/zone_sismo.html. <http://zonesismiche.mi.ingv.it/documenti/App2.pdf>.

³ Ispra (Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale). Progetto ITHACA (Catalogo delle faglie capaci). <http://www.isprambiente.gov.it/it/progetti/suolo-e-territorio-1/ithaca-catalogo-delle-faglie-capaci>. <http://sgi.isprambiente.it/GMV2/index.html>.

Dall’analisi della Mappa delle massime intensità macrosismiche osservate nei comuni italiani⁴ rappresentativa delle massime intensità "osservabili", ovvero intensità che si sarebbero potute osservare, in passato, in assenza di anomalie locali geologiche o di vulnerabilità, nell’ipotesi che catalogo e leggi di attenuazione adottati fossero effettivamente rappresentativi delle caratteristiche della sismicità nella regione di interesse, si evince come il territorio di *Prignano Cilento* è caratterizzato da una **massima intensità macrosismica pari a 6** (cfr. Figura 13).

Campania

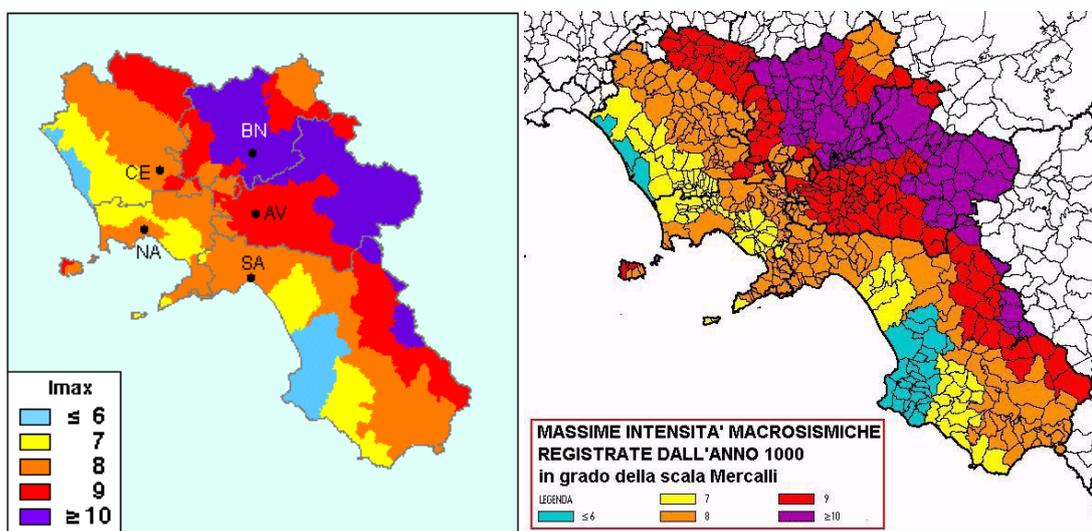


Figura 13 Mappa delle massime intensità macrosismiche osservate nei comuni italiani. In evidenza il territorio comunale di Prignano Cilento.

Dall’analisi della Mappa della pericolosità sismica di riferimento per il territorio nazionale⁵, intesa in senso probabilistico come lo scuotimento del suolo atteso in un dato sito con una certa probabilità di eccedenza in un dato intervallo di tempo ovvero la probabilità che un certo valore di scuotimento si verifichi in un dato intervallo di tempo, si evince come il territorio di *Prignano Cilento* è caratterizzato da una **pericolosità sismica compresa tra 0,075 g ÷ 0,100 g** (cfr. Figura 14).

⁴DPC (Dipartimento della Protezione Civile) - D. Molin, M. Stucchi e G. Valensise (1996). Massime intensità macrosismiche osservate nei comuni italiani valutate a partire dalla banca dati macrosismici del GNDT e dai dati del Catalogo dei Forti Terremoti in Italia di ING/SGA. https://emidius.mi.ingv.it/GNDT/IMAX/max_int_oss.html.

⁵INGV (Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia) (2004). Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale (riferimento: Ordinanza PCM del 28 aprile 2006 n.3519, All.1b) espressa in termini di accelerazione massima del suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita a suoli rigidi ($V_s > 800$ m/s; cat. A, punto 3.2.1 del D. M.14.09.2005). http://zonesismiche.mi.ingv.it/documenti/mappa_opcm3519.pdf. http://zonesismiche.mi.ingv.it/mappa_ps_apr04/campania.html.

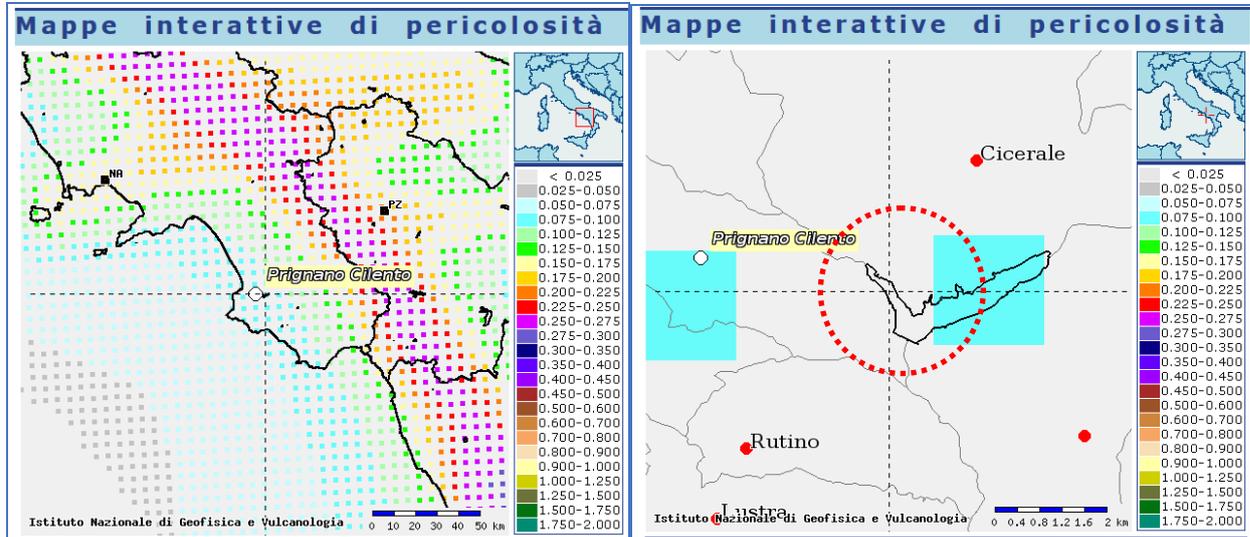


Figura 14 Mappa della pericolosità sismica di riferimento per il territorio nazionale. In evidenza il territorio comunale di Prignano Cilento.

Adottando lo stesso impianto, le stesse procedure, gli stessi elementi di input utilizzati nella redazione della “Mappa della pericolosità sismica di riferimento per il territorio nazionale”, sono state prodotte le mappe per altre 8 probabilità di eccedenza in 50 anni, rendendo così possibile la definizione delle curve di hazard per ogni sito della griglia di calcolo utilizzata.

L'analisi della disaggregazione dei valori di $a(g)$ riporta, per ogni nodo della griglia di calcolo, la valutazione del contributo percentuale alla stima di pericolosità fornito da tutte le possibili coppie di valori di magnitudo e distanza; questa informazione è riportata sia in forma grafica sia in forma tabellare (cfr. Figura 15).

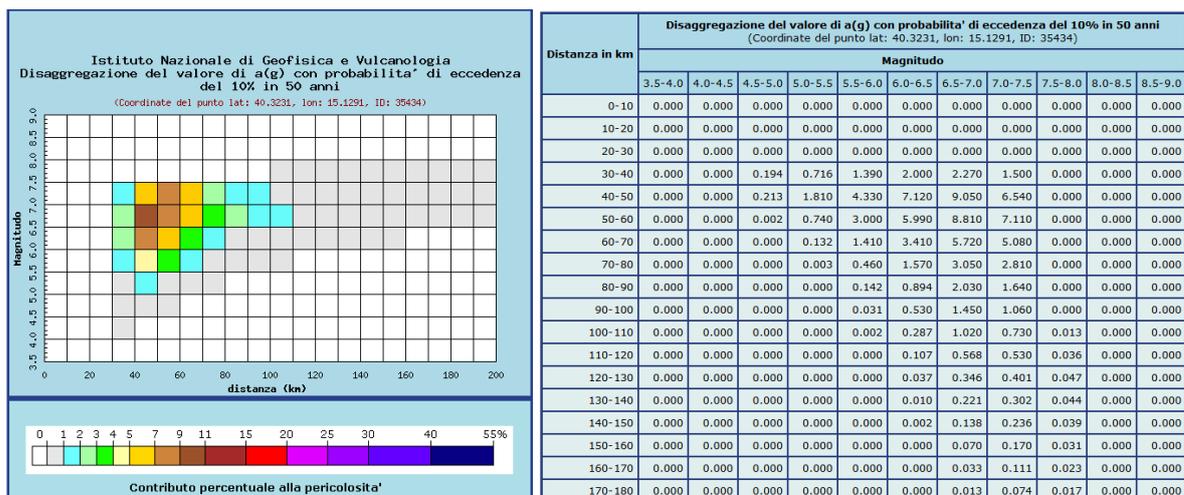


Figura 15 Disaggregazione del valore di $a(g)$ con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni (Coordinate del punto lat: 41.3231, lon: 15.1291, ID: 35434). Forma grafica, tabellare e valori medi.

Per ogni nodo della griglia sono anche riportati, dopo la tabella, i valori medi di M-D-ε. Questo tipo di analisi è utile nell'individuazione della sorgente sismogenetica che contribuisce maggiormente a produrre il valore di scuotimento stimato in termini probabilistici ed è utile in analisi di microzonazione. La disaggregazione bidimensionale in magnitudo e distanza (M-R) consente di definire il contributo di sorgenti sismogenetiche a distanza R capaci di generare terremoti di magnitudo M. Il processo di disaggregazione in M-R fornisce il terremoto che domina lo scenario di pericolosità (terremoto di scenario) inteso come l'evento di magnitudo M a distanza R dal sito oggetto di studio che contribuisce maggiormente alla pericolosità sismica del sito stesso. È possibile definire la disaggregazione tridimensionale in M-R-ε, dove ε rappresenta il numero di deviazioni standard per cui lo scuotimento (logaritmico) devia dal valore mediano predetto da una data legge di attenuazione dati M ed R⁶.

Il massimo contributo alla pericolosità, con probabilità pari al 9,05%, si ha per magnitudo compresa tra 6,5 e 7,0 e distanza epicentrale compresa tra 40 - 50 km. Non trascurabile risulta essere il contributo alla pericolosità per magnitudo comprese tra 6,5 ÷ 7,0 e 6,0 ÷ 6,5 (con probabilità pari a 8,81% e 7,12%) che rappresentano i massimi contributi alla pericolosità per distanze epicentrali di 40 ÷ 60 km (cfr. **Figura 16**).

Valori medi		
Magnitudo	Distanza	Epsilon
6.610	60.200	1.410

Figura 16 Valori medi dei massimi contributi alla pericolosità per distanze epicentrali di 40 ÷ 60 km.

Riferendoci alla vigente classificazione sismica (gennaio 2020) il territorio italiano non è più suddiviso sulla base della categoria sismica attribuita ai diversi territori comunali (a ciascuna delle categorie corrispondeva un grado di sismicità S), bensì in zone sismiche (da 1 a 4) caratterizzate da quattro valori diversi di accelerazione (ag) orizzontale massima convenzionale su suolo di tipo A, ai quali ancorare lo spettro di risposta elastico. Ciascuna zona è individuata mediante valori di accelerazione massima del suolo ag con probabilità di superamento del 10% in 50 anni, riferiti a suoli rigidi caratterizzati da $V_{S30} > 800 \text{ m/s}^7$.

Nell'ambito della vigente classificazione (gennaio 2020) la zona sismica è definita sulla base di parametri di pericolosità calcolati con tecniche statistiche su tutto il territorio nazionale e, soprattutto, in corrispondenza dei centri abitati.

⁶ INGV (Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia – Sezione di Milano-Pavia) – DPC (Dipartimento della Protezione Civile) - C. Meletti, V. Montaldo (2006). Convenzione INGV - DPC 2004 – 2006 - Progetto S1 - Proseguimento della assistenza al DPC per il completamento e la gestione della mappa di pericolosità sismica prevista dall'Ordinanza PCM 3274 e progettazione di ulteriori sviluppi - Task 1 - Completamento delle elaborazioni relative a MPS04 - Deliverable D2 - Stime di pericolosità sismica per diverse probabilità di superamento in 50 anni: valori di ag. <http://esse1.mi.ingv.it/d2.html>. <http://esse1-gis.mi.ingv.it/>.

⁷ Naso G., Petitta M. & Scarascia Mugnozza G. (2005). La Microzonazione Sismica. Metodi, esperienze e normativa. Dipartimento della Protezione Civile – Servizio Sismico Nazionale. CD-ROM. Università di Roma “La Sapienza” – Dipartimento di Scienze della Terra. CD-ROM.

All'interno della vigente classificazione sismica (2020) il territorio comunale di *Prignano Cilento* ricade in **Zona sismica 3**⁸, per un valore di accelerazione di picco orizzontale del suolo **compreso tra 0,075 < ag ≤ 0,100 g**, quindi una zona in cui “... possono verificarsi forti terremoti ma rari ...”.

7.2. SISMICITÀ STORICA

Al fine di acquisire informazioni in merito alla sismicità storica che ha interessato il territorio di *Prignano Cilento*, e quindi quelli che sono stati i terremoti registrati sul territorio e su un intorno dello stesso, si è fatto riferimento al Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani (CPTI15 – Release v. 1.5)⁹.

La nuova versione del Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani CPTI15 rappresenta una significativa evoluzione rispetto alle versioni precedenti, che sono quindi da considerare del tutto superate. Anche se i criteri generali di compilazione e la struttura sono gli stessi della precedente versione CPTI11, il contenuto del catalogo è stato ampiamente rivisto per quanto concerne:

- la copertura temporale, estesa dal 2006 a tutto il 2014;
- il database macrosismico di riferimento (DBMI15), significativamente aggiornato;
- i dati strumentali considerati, nuovi e/o aggiornati;
- le soglie di ingresso dei terremoti, abbassate a intensità massima 5 o magnitudo 4.0 (invece di 5 - 6 e 4.5 rispettivamente);
- la determinazione dei parametri macrosismici, basata su una nuova calibrazione dell'algoritmo Boxer;
- le magnitudo strumentali, che comprendono un nuovo set di dati e nuove relazioni di conversione.

Il catalogo copre all'incirca la stessa area di CPTI11, vale a dire l'intero territorio italiano con porzioni delle aree e dei mari confinanti, e contiene 4584 terremoti nella finestra temporale 1000 - 2014. Il catalogo, quindi, considera e armonizza il più possibile dati di base di diverso tipo e provenienza. La magnitudo utilizzata è la magnitudo momento (Mw) e in tutti i casi è riportata la relativa incertezza. Tutti i dati e i metodi utilizzati sono accuratamente esplicitati nel catalogo per garantire la massima trasparenza possibile nelle procedure di compilazione. Al pari di CPTI11, il catalogo non è stato declusterato e contiene quindi tutti foreshocks e le repliche disponibili e conosciute all'interno delle soglie di magnitudo e intensità considerate.

Dai dati acquisiti si evince come il numero di eventi riportati sia pari a 11 e l'evento con massima intensità macrosismica, pari a 6, sia quello del 1980 in occasione del terremoto “Irpinia-

⁸ Presidenza del Consiglio dei Ministri – Dipartimento della Protezione Civile (2003). O. P. C. M. n. 3274 del 20 marzo 2003: primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica. <http://www.protezionecivile.gov.it/jcms/it/classificazione.wp>.

⁹ Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia – Andrea Rovida, Mario Locati, Romano Camassi, Paolo Gasperini (2016). Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani (CPTI15 – Release v. 1.5). https://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15/description_CPTI15.htm, <https://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15/>, https://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15/eq/19840507_1749_000, https://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15/query_place/.

Basilicata” (cfr. **Figura 17**) di cui ci riporta la scheda riepilogativa (cfr. **Figura 18**). In definitiva il territorio comunale può subire danni consistenti a causa della sismicità per eventi con magnitudo media - elevata.

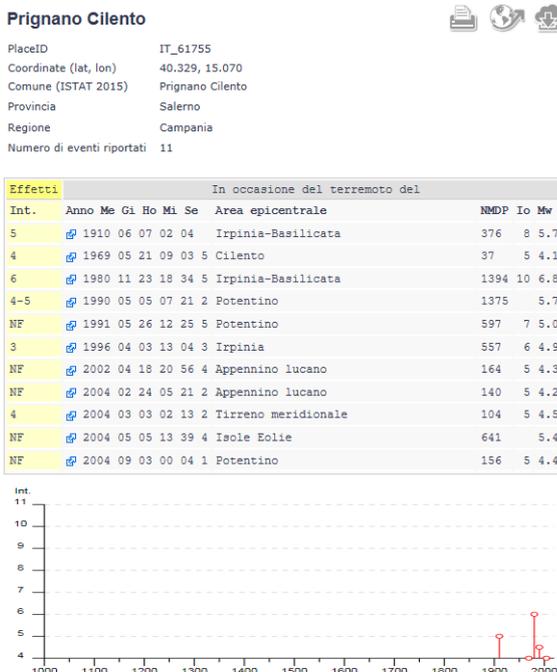


Figura 17 Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani CPTI15-2015 relativamente al territorio comunale di Prignano Cilento.

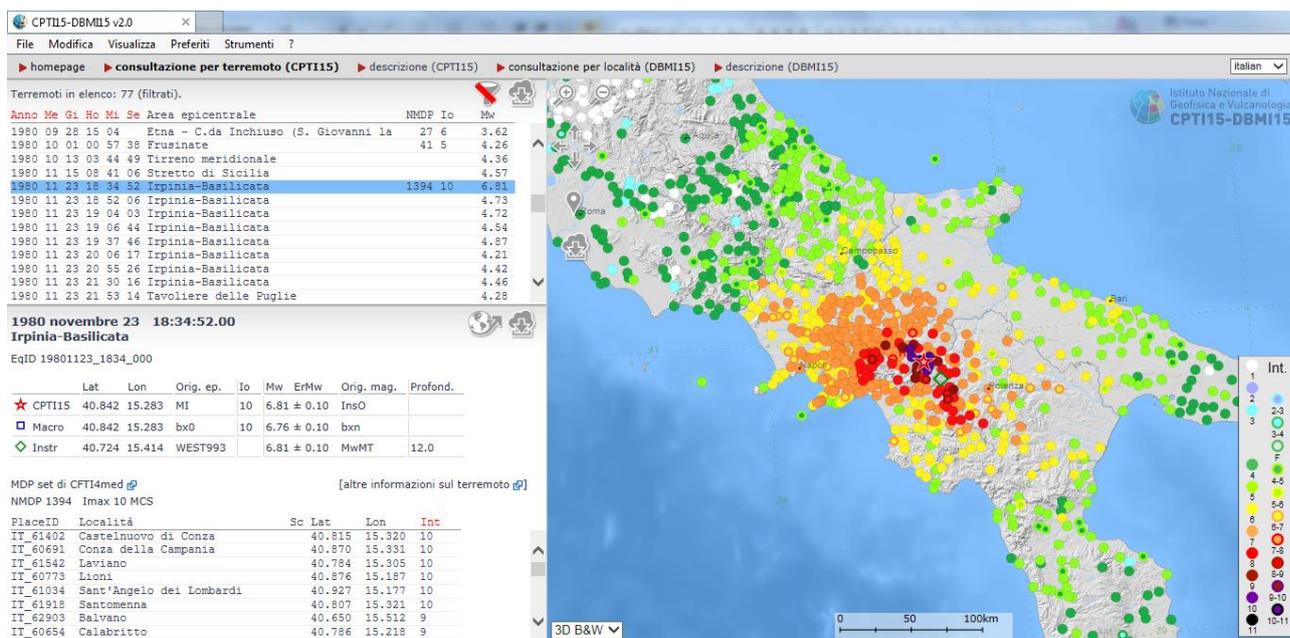


Figura 18 Scheda riepilogativa del terremoto del 1980 in “Irpinia-Basilicata”.

8. GEOLOGIA DELL'AREA DI INTERVENTO

Le unità tettoniche individuate nel capitolo 5 vengono qui suddivise e descritte per unità geologiche direttamente affioranti nell'area di intervento, distinte e rappresentate in forma tassonomica nell'ambito di ciascuna Unità Stratigrafico-Strutturale di appartenenza.

Per il substrato sono state conservate le sigle della carta geologica F. 503 Vallo della Lucania; dall'alto in basso, quindi, si rinvencono:

Depositi Quaternari post-orogenici

Depositi continentali

- Frana in evoluzione (fra) o quiescente (fr);
- Deposito di versante s. l. (ec);
- Alluvioni attuali e recenti (al).

Depositi sinorogeni miocenici

- Unità del gruppo del Cilento;
- Arenarie di Pollica (PLL).

Unità terrigene interne

- Unità tettonica Nord Calabrese;
- Arenarie di Cannicchio (CNN);
- Formazione del Saraceno (SCE1).

8.1. DEPOSITI CONTINENTALI

Frana in evoluzione (fra) o quiescente (fr)

Accumulo gravitativo di detrito eterometrico ed eterogeneo costituito da frammenti lapidei angolari e subangolari più o meno alterati in matrice limo-argilloso-sabbiosa a volte prevalente, di colore variabile dal giallastro al grigio ed a consistenza da plastica a molle in dipendenza del contenuto d'acqua stagionale. La struttura caotica e disordinata evidenzia la genesi da fenomenologie franose attuali, recenti ed antiche.

Questi depositi derivano per la maggior parte dal rimaneggiamento di terreni di copertura detritico-eluvio-colluviali e/o di porzioni di "bedrock" allentato, alterato ed ammorbidito, quando si concretizzano congiuntamente sfavorevoli condizioni idrogeomorfologiche. Possono costituire accumuli detritico-fangosi di corpi di frana in evidente spostamento verso valle (fra), oppure le

forme deposizionali di eventi franosi antichi e recenti ed attuali che non presentano evidenze di movimenti in atto o di riattivazioni recenti (fr).

Depositi di versante s. l. (ec)

Accumuli sabbioso-limoso-argillosi, argille limose giallastre e brunastre con plasticità da media a bassa, componente sabbiosa eterometrica e scheletro grossolano ghiaioso a spigoli angolari o subangolari a volte prevalente. A luoghi tali depositi mostrano un andamento stratoide con allineamento di ciottoli lungo piani definiti secondo il loro asse principale ("stone line"). Lo spessore, in genere, è di alcuni metri e comunque sempre inferiore a 10 metri.

Essi rappresentano i tipici depositi detritico-colluviali e eluvio-colluviali, derivati dallo smantellamento, ablazione ed accumulo dei prodotti di alterazione del "bedrock" in depressioni morfologiche dei versanti o alla base degli stessi, secondo meccanismi diversificati tipo "sheet wash", solifluzione e "creep".

Alluvioni attuali e recenti (al)

Depositi incoerenti, mobilizzati, costituiti da blocchi e ghiaie poligeniche da sub-angolari, a sub-arrotondate ed arrotondate, sabbie e limi ed a luoghi orizzonti con sostanza organica e presenza di materiale carbonioso, in corpi lenticolari da poco a mediamente classati, tipici di un regime fluvio-torrentizio. Tali depositi a volte si presentano interdigitati con depositi gravitativi di versante, di frana o detritico-colluviali; costituiscono l'attuale letto alluvionale del F.me Alento e i terrazzi più bassi nell'ambito delle aree golenali. Sono anche presenti con spessori ridotti o insignificanti (< 1,00 metro) lungo i valloni laterali del F. Alento che intersecano il tracciato stradale.

Gli spessori possono raggiungere ed a luoghi superare la decina di metri.

8.2. UNITÀ DEL GRUPPO DEL CILENTO

Arenarie di Pollica (PLL)

Torbidity arenaceo-pelitiche con arenarie da medie a fini, a volte grossolane, litiche ed arcose e subordinate peliti siltose grigio-verdastre in strati da sottili a spessi, talora lenticolari; A/P generalmente >1. Frequenti intervalli di conglomerati poligenici, con matrice prevalentemente arenacea, in livelli spessi o molto spessi. Contatto inferiore netto discontinuo con (CNN).

8.3. UNITÀ TETTONICA NORD-CALABRESE

Arenarie di Cannicchio (CNN)

Torbidity sottili e medie arenaceo-pelitiche, con A/P generalmente =1, con arenarie fini, litiche ed arcose, e peliti siltose grigio-verdastre. Sono presenti slumps e un debris-flow della spessore di circa 5 m con al tetto un livello conglomeratico dello spessore variabile dai 30 ai 50 centimetri.

Verso la base, frequenti pieghe strette e a chevron. Potenza stratigrafica difficilmente valutabile per l'intensa deformazione, stimata in circa 150-200 metri. Limite superiore netto con le Arenarie di Pollica (PLL).

Formazione del Saraceno (SCE₁)

Torbiditi arenaceo-pelitiche e calcareo-marnose in strati da medi a spessi, più raramente da molto sottili a molto spessi, costituite da arenarie e areniti carbonatiche grigie, da medie a fini, talora grossolane o con liste e noduli di selce scura e argilliti foliate, generalmente grigio-azzurre e grigio-verdi, più raramente nerastre o rossastre, con frequenti vene di calcite e quarzo, pieghe disarmoniche, generalmente strette e isoclinali, raddoppi ed evidenze di trasposizione e boudinage.

Nell'area in studio affiora, per altro senza intersecare il tracciato di progetto, solo il membro arenaceo-pelitico (SCE₁) costituito da torbiditi sottili e medie, tipo TBT, raramente spesse, con arenarie fini e peliti siltose grigio-verdastre e rari strati di marne chiare con base calcilutitica o calcarenitica, in strati sottili e medi.

Al tetto, nell'area in studio, passa gradualmente alle Arenarie di Cannicchio (CNN).

9. INDAGINI

9.1. INDAGINI PREGRESSE

Nell'ambito del progetto di "Ripristino della viabilità e collegamenti di servizio del bacino della diga di Piano della Rocca" sono state eseguite 2 importanti campagne di indagini, di cui una nell'anno 2000 e la seconda nel corso del 2014.

Gli esiti delle suddette campagne sono riepilogati negli elaborati tecnici che costituiscono parte integrante delle precedenti fasi progettuali, alle quali sono allegate.

La prima fase del presente studio ha previsto, pertanto, l'interpretazione delle risultanze di tutte le indagini, sia geognostiche che geofisiche, eseguite nel corso degli anni nell'area di interesse progettuale.

Nell'elaborato G.9 "Carta Ubicazione indagini in sito e di repertorio" è riportata l'ubicazione di tutte le indagini realizzate, sia pregresse che la nuova campagna di indagini, della quale si tratterà nel prossimo paragrafo.

9.2. NUOVA CAMPAGNA DI INDAGINI

A seguito delle prime verifiche e valutazioni tecniche, nonché dei colloqui intercorsi tra i componenti del R. T. P. Geovit – Geoven – Geolab ed i tecnici del Consorzio Velia e della società Velia Servizi durante la riunione del giorno 21 gennaio scorso, è emersa la necessità di implementare il grado di conoscenza in alcune porzioni lungo il tracciato in progetto, al fine da permettere una più attenta e puntuale definizione dei modelli geologici, geotecnici e sismici delle aree oggetto di interesse.

In particolare è risultato indispensabile integrare gli studi condotti con una campagna di indagini integrative, al fine di verificare localmente (nelle sole zone che risultavano "scoperte" da indagini) le caratteristiche geotecniche e sismiche e gli spessori di acuni litotipi riconosciuti nell'area di studio, nel seguito elencati:

- cumuli di frana attiva e quiescente;
- coperture eluviali e colluviali;
- substrato arenaceo - pelitico ed arenaceo - pelitico - conglomeratico alterato;
- substrato arenaceo - pelitico ed arenaceo - pelitico - conglomeratico integro.

La campagna integrativa programmata dagli scriventi, è stata eseguita nel periodo febbraio-marzo 2020 ed ha previsto l'esecuzione delle seguenti attività:

- n. 4 sondaggi geognostici verticali a carotaggio continuo, spinti a profondità variabili comprese tra i 12,0 m ed i 30,0 m dall'attuale p. c., con esecuzione di prove SPT in foro e prelievo di campioni indisturbati di terreno;
- analisi geotecniche di laboratorio sui campioni di terreno prelevati nel corso delle perforazioni;
- indagini geofisiche di tomografia sismica a rifrazione, MASW e ReMi.

L'ubicazione di tutte le indagini sopra elencate è riportata nell'elaborato G.9 “Carta Ubicazione indagini in sito e di repertorio”, mentre nell'elaborato G.10 “Fascicolo delle indagini e delle prove in sito e di laboratorio” sono riportati i risultati dei sondaggi, delle prove in sito e in laboratorio e delle indagini sismiche realizzati dalla ditta TECNOGEO s. r. l. ad integrazione delle campagne di indagini precedenti.

9.3. INTERPRETAZIONE DEI NUOVI SONDAGGI GEOGNOSTICI

La stratigrafia dei sondaggi, così come descritta dal geologo di cantiere Dott. Geol. Domenico Ferraro della ditta TECNOGEO s. r. l. che li ha eseguiti, è riportata nell'elaborato G.10 “Fascicolo delle indagini e delle prove in sito e di laboratorio”.

Gli scriventi, dopo aver visionato le cassette con i carotaggi effettuati, hanno proceduto alla correlazione delle stratigrafie di cantiere con i dati delle indagini geofisiche realizzate, reinterprestando le sequenze litostratigrafiche carotate, alla luce degli studi effettuati e del rilevamento eseguito, per poterle relazionare con i terreni delle unità geologiche rilevate e descritte nel capitolo 7.

I terreni in esame, per loro natura, in genere sono molto fratturati e facilmente disgregabili alla lavorazione, anche per la presenza di laminazioni e di sottili stratificazioni; laddove si sono riscontrate delle criticità nell'interpretazione diretta delle stratigrafie, in particolare per quel che riguarda il riconoscimento del passaggio tra bedrock e terreni di copertura, per la loro individuazione si è tenuto conto delle correlazioni con le evidenze geomorfologiche di superficie e con i risultati delle indagini sismiche.

Ove presenti, sono stati evidenziati anche i riporti stradali (rp).

L'insieme dei dati ricavati appare omogeneo e congruente, confermando le ipotesi geologiche di partenza; nella tabella seguente, quindi, vengono schematicamente riportate le stratigrafie dei sondaggi con riferimento ai terreni delle unità geologiche descritte in precedenza, richiamati con sigla in parentesi.

SONDAGGIO	PROFONDITÀ (m)	STRATIGRAFIA
S 1	0,00 – 1,20	Riporto stradale (rp)
	1,20- 15,00	Terreno di frana (fr)
	8,00-9,40	Fitta alternanza in straterelli di torbiditi pelitico-arenacee alterate, rapporto $A/P \leq 1$ (CNNalterate)
	9,40-15,00	Fitta alternanza in straterelli di torbiditi pelitico-arenacee, rapporto $A/P \leq 1$ (CNN)
S 2	0,00-8,60	Fitta alternanze in straterelli di torbiditi pelitico-arenacee alterate. rapporto $A/P \leq 1$ (CNNalterate)
	8,60-17,00	Fitta alternanza in straterelli di torbiditi pelitico-arenacee, rapporto $A/P \leq 1$ (CNN)
	17,00-27,60	Alternanza in strati e straterelli di torbiditi pelitico-arenacee, rapporto $A/P \gg 1$ (CNN)

SONDAGGIO	PROFONDITÀ (m)	STRATIGRAFIA
	27,60-30,00	Fitta alternanza in straterelli di torbiditi pelitico-arenacee, rapporto $A/P \leq 1$ (CNN)
S 3	0,00-4,40	Terreno di frana (fr)
	4,40-10,00	Fitta alternanze in straterelli di torbiditi pelitico-arenacee alterate, rapporto $A/P \leq 1$ (CNNalterate)
	10,00-15,00	Fitta alternanza in straterelli di torbiditi pelitico-arenacee, rapporto $A/P \leq 1$ (CNN)
S 4	0,00-7,30	Terreno di frana (fr)
	7,30-8,00	Alternanza in strati e straterelli di torbiditi pelitico-arenacee alterate, rapporto $A/P \gg 1$ (CNNalterate)
	8,00-12,00	Alternanza in strati e straterelli di torbiditi pelitico-arenacee, rapporto $A/P \gg 1$ (CNN)

9.4. INTERPRETAZIONE DELLE INDAGINI SISMICHE

Nell'area oggetto di studio sono state effettuate n. 7 tomografie sismiche a rifrazione ed a ciascuna di esse sono state associate una indagine con la metodologia dei microtremori, con sorgente attiva Masw (multi-channel analysis of surface waves), e una con sorgente passiva Remi (refraction microtremor), lungo la stessa linea della tomografia e con centro coincidente con essa.

Tale metodologia di indagini congiunte ha consentito di determinare con il minor grado di incertezza possibile il profilo delle onde Vs ed onde Vp nei primi 30 metri di sottosuolo. (Allegato G10 - Fascicolo delle indagini e delle prove in sito e di laboratorio).

Dai risultati delle tomografie sismiche è stato possibile individuare due sismo-strati con velocità crescente delle Vp e con distribuzione abbastanza eterogenea.

Il primo sismo-strato è rappresentato da una coltre superficiale eluvio-colluviale e/o depositi di frana ed è caratterizzato da una velocità media delle Vp di circa 1000 m/sec, con spessori variabili da un minimo di 1,90 m nella SS2, ad un massimo di circa 7,70 m nella SS7.

Il secondo sismo-strato è rappresentato dal substrato alterato e dal substrato integro ed è caratterizzato da una velocità media delle onde Vp di circa 2000 m/sec, con spessori investigati variabili da un minimo di 8,80 m nella SS1, a 16,80 m nella SS6.

Per quanto riguarda l'indagine congiunta Masw-Remi, essa ha permesso di ricostruire le velocità medie delle onde di taglio Vs nel sottosuolo fino ad una profondità di metri 30, così come previsto dalla normativa vigente.

Per quanto riguarda l'attribuzione delle categorie di suolo (NTC2018), oltre alle nuove indagini, sono state considerate anche tutte le risultanze delle indagini pregresse, suddividendo il tracciato stradale in progetto in n. 6 tronconi.

Gli effetti della RSL possono essere valutati con metodi semplificati, se l'azione sismica in superficie è descritta dall'accelerazione massima o dallo spettro di risposta elastico, oppure mediante specifiche analisi quando l'azione è descritta mediante accelerogrammi.

Nella fattispecie, dall'analisi e mediazione dei dati ricavati, si può valutare l'effetto della risposta sismica locale, mediante la classificazione sismica del suolo.

L'esecuzione delle prospezioni geofisiche, nonché la modellazione geologica e geotecnica del sedime locale, hanno consentito di procedere con l'approccio semplificato, così come raccomandato al § 3.2.2 delle NTC18, in quanto si è concretizzata la condizione imposta dalle NTC18, necessaria per poterlo applicare, ovvero un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche dei terreni con la profondità.

Per quanto sopra esposto il sottosuolo, nelle porzioni comprese tra le sezioni 1 e 15 e tra la 37 e la 50, può essere classificato in categoria “B”, mentre in tutte le restanti porzioni (16-36 e 51-61) può essere classificato in categoria “E”.

Nella tabella che segue si riportano le V_{seq} estrapolate dall'interpretazione delle indagini geofisiche eseguite.

Sezioni	Dati di riferimento	Range V_s , eq (m/sec)	Categoria di Suolo
1 - 15	masw n° 1-2-3 TECNOGEO (anno 2020) masw n° 1 TRIVEL SONDAGGI (anno 2014)	397,60 – 599,70	B
16 - 27	Down hole n° 1 (S1) e masw n° 2 TRIVEL SONDAGGI (anno 2014)	201,96 – 313,32	E
28 - 36	Down hole n° 2 (S6) TRIVEL SONDAGGI (anno 2014)	258,00 – 309,60	E
37 - 42	masw n° 4-5-6-7 TECNOGEO (anno 2020) masw n° 3 TRIVEL SONDAGGI (anno 2014)	364,18 – 530,60	B
43 - 50	masw n° 4-5 TRIVEL SONDAGGI (anno 2014)	371,94 – 376,09	B
51 - 61	Down hole n° 3 (S7) TRIVEL SONDAGGI (anno 2014)	271,71 – 326,05	E

10. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEI TERRENI

Lungo il tracciato in progetto sono presenti terreni a comportamento sia terrigeno (eluviale, colluviale ed alterazione del substrato arenaceo - pelitico ed arenaceo - pelitico - conglomeratico), sia lapideo (substrato arenaceo - pelitico ed arenaceo - pelitico - conglomeratico integro).

Le caratteristiche geotecniche dei depositi terrigeni sono state ricavate con una valutazione critica dei dati provenienti dalle prove in situ (SPT e DPSH) e di laboratorio geotecnico; le caratteristiche geomeccaniche dei depositi lapidei, invece, sono state ottenute mediante il rilevamento geostrutturale condotto in situ, sia lungo gli affioramenti disponibili dell'ammasso roccioso, sia sulle carote estratte durante i sondaggi geognostici.

10.1. PARAMETRI FISICO-MECCANICI DEI DEPOSITI TERRIGENI

Per i terreni di copertura, eluviale, colluviale e substrato arenaceo-pelitico alterato sono state individuate n. 4 unità litotecniche, che vengono di seguito restituite con i relativi parametri fisico-meccanici, i cui rapporti litostratigrafici e giaciture vengono riportati nelle sezioni geologico-geotecniche allegate.

Cumuli di frana attiva (CFA)

- Densità o peso di volume $\gamma = 18,00 \text{ kN/mc}$
- Angolo di Attrito $\phi = 20^\circ$
- Coesione drenata $c = 5 \text{ kPa}$
- Coesione non drenata $C_u = 40 \text{ kPa}$

Cumuli di frana quiescente (CFQ)

- Densità o peso di volume $\gamma = 18,50 \text{ kN/mc}$
- Angolo di Attrito $\phi = 22^\circ$
- Coesione drenata $c = 10 \text{ kPa}$
- Coesione non drenata $C_u = 50 \text{ kPa}$

Depositi colluviali ed eluviali (CE)

- Densità o peso di volume $\gamma = 19 \text{ kN/mc}$
- Angolo di Attrito $\phi = 24^\circ$
- Coesione drenata $c = 10 \text{ kPa}$
- Coesione non drenata $C_u = 100 \text{ kPa}$

Substrato arenaceo - pelitico ed arenaceo - pelitico - conglomeratico alterato (SA)

- Densità o peso di volume $\gamma = 21,00 \text{ kN/mc}$
- Angolo di Attrito $\phi = 27^\circ$
- Coesione drenata $c = 20 \text{ kPa}$
- Coesione non drenata $C_u = 200 \text{ kPa}$

10.2. PARAMETRI FISICO-MECCANICI DEI DEPOSITI LAPIDEI

Metodologia del calcolo

I depositi a consistenza lapidea del substrato arenaceo-pelitico sono stati parametrizzati sulla base del metodo ISRM, rilevando le caratteristiche geomeccaniche in situ e sulle carote estratte nei sondaggi geognostici, ed in particolare, i valori medi di RQD (Rock Quality Designation); successivamente, tramite prove in situ, sono stati determinati i valori di Resistenza a Compressione monoassiale.

Per la caratterizzazione geomeccanica è stato utilizzato un programma di calcolo, finalizzato fondamentalmente alla classificazione degli ammassi rocciosi, che utilizza la metodologia di Z. T. BIENIAWSKI (1989), che individua un indicatore RMR (Rock Mass Rating).

La classificazione di Bieniawski è basata sulla determinazione dei seguenti parametri:

- Resistenza a compressione;
- Rock Quality Designation (RQD);
- Spaziature delle discontinuità;
- Condizioni delle discontinuità:
 - persistenza
 - apertura
 - rugosità a piccola scala (JRC)
 - riempimento
 - alterazione (JCS)
- Condizioni idrogeologiche.

Ognuno dei suddetti 5 parametri individua 5 ratings (R1, R2, R3, R4, R5) i quali, sommati, determinano il Basic Mass Rating (indice BMR), variabile da 0 a 100, al quale sono associati una classe di appartenenza, un giudizio di qualità globale dell'ammasso e di parametri di resistenza al taglio e di deformabilità.

Successivamente l'ammasso roccioso è stato valutato in funzione del contesto progettuale, sulla base dei rapporti geometrici esistenti fra l'opera e la giacitura della discontinuità più critica, proponendo un valore di penalizzazione (C) che può portare eventualmente alla diminuzione del valore BMR, ottenendo così il valore definitivo del Rock Mass Rating (RMR).

Resistenza a compressione

La resistenza a compressione della roccia costituente le pareti di una discontinuità é una componente molto importante della sua resistenza a taglio e della deformabilità, specialmente se le superfici sono direttamente a contatto come nel caso delle fratture non riempite.

Limitati spostamenti trasversali sulle singole fratture, causati dalle sollecitazioni di taglio all'interno della massa rocciosa, danno spesso origine ad aree di contatto delle rugosità molto ridotte; se su di esse la tensione normale approssima o supera la resistenza a compressione del materiale costituente le pareti rocciose, si ha la rottura delle asperità.

Per definire la resistenza di porzioni di roccia intatta lungo la potenziale superficie di cedimento Su, è stato utilizzato il metodo ISRM, ovvero osservando la risposta della roccia alla percussione con il martello da geologo (SCHMIDT).

Tabella Su	
La roccia si incide o sbriciola con le mani	0,25 – 1 MPa
Si sbriciola sotto i colpi della punta, lastre sottili si rompono con facilità con le mani	1 – 5 MPa
La punta lascia deboli buchi, lastre sottili si rompono con forti pressioni delle mani	5 – 25 MPa
La roccia si frattura con un colpo	25 – 50 MPa
Si frattura dopo due-tre colpi	50 – 100 MPa
Si frattura solo dopo molti colpi	100 – 200 MPa
Si scheggia solamente	> 200 MPa

RQD (Rock Quality Designation) (%)

Tale valore si riferisce, generalmente, al recupero di una carota di sondaggio, della quale si prendono in considerazione solo gli spezzoni maggiori di 10 cm, rappresentati come percentuale, rispetto alla lunghezza della perforazione; nel nostro caso è stato integrato dalla fratturazione rilevata in affioramento.

Spaziatura delle discontinuità

La spaziatura di discontinuità adiacenti rappresenta in modo sostanziale le dimensioni di singoli blocchi di roccia integra.

Sistemi di discontinuità assai ravvicinati tendono a dare condizioni di bassa coesione nella massa, mentre quelli che hanno una larga spaziatura tendono a produrre condizioni d'interdipendenza tra i blocchi.

Questi effetti sono funzione della persistenza delle singole continuità. In casi eccezionali una spaziatura stretta può modificare le modalità di rottura di una massa rocciosa da quella di traslazione a quella circolare o perfino a quella di flusso.

Con una spaziatura eccezionalmente stretta l'orientazione ha poca importanza, poiché la rottura può aver luogo con rotazione o rotolamento di piccoli frammenti rocciosi.

Nell'elaborazione è essenziale conoscere il numero totale di famiglie delle discontinuità considerate.

Tale numero è strettamente necessario per la classifica di Bieniawski, poiché il metodo assume prioritariamente la presenza di 3 famiglie di discontinuità; qualora le famiglie siano di numero inferiore il Rating R3 (Spaziatura discontinuità) viene aumentato del 30%.

Sia il comportamento meccanico che l'aspetto esterno di una massa rocciosa sono determinati dal numero di sistemi di discontinuità che si intersecano reciprocamente.

In particolar modo è influenzato il comportamento meccanico, poiché il numero di sistemi determina la misura in cui la massa rocciosa può deformarsi senza che si provochi la fratturazione della roccia integra.

Caratteristiche delle discontinuità

Nelle zonazioni finalizzate agli studi di stabilità, una porzione dell'ammasso può essere considerata geotecnica uniforme se nel suo ambito non si verificano sostanziali variazioni dell'assetto strutturale, in relazione alle possibilità cinematiche di rottura, delle caratteristiche di resistenza al taglio delle discontinuità, delle proprietà fisiche e meccaniche della roccia, del materiale alterato e del riempimento, della permeabilità primaria e secondaria.

Continuità o persistenza

La persistenza costituisce l'estensione areale o la dimensione di una discontinuità entro un piano. Può essere approssimativamente quantificata osservando le lunghezze delle tracce di discontinuità sulla superficie esposta. Questo è uno dei parametri più importanti che interessano le masse rocciose, ma è anche uno dei più difficili da quantificare.

Apertura

L'apertura è la distanza perpendicolare che separa le pareti di una discontinuità aperta. Il valore di tale parametro influenza la pressione dell'acqua nelle fratture ed il suo flusso in entrata ed in uscita, e dà una prima indicazione sull'allentamento subito dalla discontinuità e dalla resistenza al taglio lungo la stessa.

Scabrezza o rugosità

L'irregolarità della superficie di discontinuità è una componente potenzialmente importante per la sua resistenza al taglio, soprattutto su strutture interconnesse e senza spostamenti già compiuti. L'importanza della rugosità della superficie diminuisce con l'aumentare dell'apertura, o dello spessore del riempimento, o della misura in cui sono avvenuti spostamenti previi. Generalmente la rugosità di una discontinuità può essere caratterizzata da un'ondulazione, che costituisce una forma in grande scala, e da una rugosità vera e propria che costituisce una forma a piccola scala. In pratica, l'ondulazione influisce sulla direzione iniziale dello scorrimento a taglio relativo al piano

medio di discontinuità, mentre la rugosità influisce sulla resistenza al taglio. Il rilievo in sito ci ha permesso di descrivere la rugosità sulle due scale di osservazione:

- Scala piccola (diversi centimetri): l'ISRM definisce la rugosità con una serie di termini qualitativi (liscia, poco e/o molto rugosa, ecc.); in questa sede si assume sempre un valore quantitativo attraverso il Joint Roughness Coefficient (JRC) che assume valori da 0 a 20. Il valore di JRC è stato valutato qualitativamente sulla base di una serie di superfici rugose standardizzate (Barton) e fa sempre riferimento ad una rugosità a piccola scala (10-20 cm).
- Scala grande (diversi metri): Bieniawski non considera necessaria l'indicazione della rugosità a grande scala, ma per completezza dei dati caratterizzanti l'ammasso, si possono introdurre le seguenti possibilità: non nota e ondulata, piana e a gradini.

Riempimento

Riempimento è il termine indicante il materiale che separa le pareti rocciose adiacenti delle discontinuità. A causa della enorme varietà di situazioni, le discontinuità con riempimento mostrano un'ampia gamma di componenti fisici, in particolare per quanto riguarda la loro resistenza al taglio, deformabilità e permeabilità. I comportamenti a lungo e breve termine possono risultare completamente differenti, con sovrastima di quest'ultimi.

Alterazione delle discontinuità (Joint Compression Strenght - JCS - kg/cm2)

Le masse rocciose sono frequentemente soggette all'azione degli agenti atmosferici vicino alla superficie. Questi tipi di alterazione interessano più le superfici di discontinuità che l'interno dei blocchi di roccia. Ciò fa sì che la resistenza sulla superficie sia minore di quella misurata sulla roccia integra che si trova all'interno del blocco. Quindi la descrizione dello stato di alterazione dei materiali e della massa rocciosa è un elemento essenziale dello studio della resistenza delle pareti delle discontinuità. I principali effetti dell'azione di agenti atmosferici: sono dovuti essenzialmente alla “disgregazione meccanica” e alla “dissoluzione chimica”. Generalmente, questi agiscono contemporaneamente, ma a seconda del regime climatico, l'uno o l'altro può prevalere. L'alterazione meccanica ha come effetti l'ampliamento delle discontinuità presenti, la formazione di nuove discontinuità per il fratturarsi delle rocce, l'apertura di fratture intergranulari e la rottura o lo sfaldamento dei singoli individui mineralogici. Le alterazioni chimiche si manifestano con una decolorazione della roccia e conducono ad una eventuale decomposizione dei minerali silicatici in minerali argillosi. Similmente al valore di rugosità, anche l'alterazione delle discontinuità è in genere espressa in termini qualitativi. In questa sede invece si assume sempre il termine quantitativo JCS (Joint Compressive Strenght), che esprime un valore di resistenza a compressione della parete della discontinuità e misura l'entità delle alterazioni. Il termine JCS è stato calcolato come una frazione del valore della resistenza a compressione della roccia sana (σ_c): l'opzione è fatta scegliendo il valore X al denominatore della seguente relazione:

$$JCS = \sigma_c / X$$

Il valore di X varia da 1 a 5, a seconda dell'entità dell'alterazione dei giunti identificata su basi qualitative, come indicato da Bieniawski e che risultano le seguenti: non alterato, debolmente alterato, mediamente alterato, molto alterato e decomposto.

Condizioni idrogeologiche

La filtrazione attraverso masse rocciose deriva principalmente dal flusso idrico attraverso le discontinuità permeabili (permeabilità “secondaria”). La velocità di filtrazione è approssimativamente proporzionale al gradiente idraulico locale e alla permeabilità predominante in direzione; proporzionalità che dipende dall'ipotesi che il flusso sia laminare.

Calcolo del Basic Mass Rating e del Rock Mass Rating (BMR – RMR)

Una volta immessi i dati è stato eseguito il calcolo del Basic Mass Rating. I risultati sono rigorosamente legati alle elaborazioni di Bieniawski, ed in particolare, ai tre parametri geotecnici (Φ , C ed E), che sono stati ricavati dalle seguenti relazioni empiriche:

$$\Phi = 0,5 \text{ BMR} + 5$$

$$C = \text{BMR}/20$$

$$E = 10^3 \cdot 10(\text{BMR} - 10)/40$$

La stima di E è stata originariamente sviluppata da Bieniawski con una funzione lineare e valida soltanto per $\text{BMR} > 50$; in questa sede si adotta la relazione sopra indicata, più accreditata e recente di Serafin & Pereira (1983), valida per qualsiasi valore di BMR. Nel nostro caso il BMR coincide con l'RMR poiché si assume che la penalizzazione C sia uguale a 0.

Il rilievo ha evidenziato una fratturazione con RQD pari al 97%, una spaziatura di circa 35 cm ed una rugosità tra i giunti delle aperture (3 mm) ondulata, con alterazione media e presenza di acqua; la resistenza a compressione monoassiale è stimata intorno a 300 kg/cmq.

Da tali calcoli, l'ammasso è risultato “Buono” di Classe II con BMR 63; per lo stesso si stimano i seguenti parametri fisico-meccanici (vedi tabulato di pagina successiva)

Substrato arenaceo - pelitico ed arenaceo - pelitico - conglomeratico integro (SI)

- Densità o peso di volume $\gamma_t = 23,0 \text{ kN/mc}$
- Angolo di attrito $\phi = 37^\circ$
- Coesione $c = 25 \text{ kPa}$
- Coesione non drenata $C_u = 250 \text{ kPa}$
- Modulo di compressibilità $E = 21.135 \text{ MPa}$

CLASSIFICAZIONE DELLE ROCCE
 Rock Mass Rating - Bieniawsky - 1989

Committente: Consorzio di Bonifica Velia	
Riferimento: Caratterizzazione substrato arenaceo-pelitico	
Località: Piano della Rocca - Prignano (SA)	
Progressiva: 1	
Stazione: 1	
Quota:	Data: Marzo 2020

PARAMETRI		Ratings	BMR: 63
Resistenza a compressione:	102 kg/cm ²	1	CLASSE: II
Rock Quality Designation (RQD):	97 %	19	
Spaziatura:	35 cm	10	
Condizioni delle discontinuità:		23	Giudizio: Ammasso buono
- Persistenza:	0,3 m		
- Apertura:	3,00 mm		
- Tipo di riempimento:	Assente		
- Rugosità (JRC):	14,4		
- Alterazione (JCS):	98,7 kg/cm ²		
Condizioni idrauliche:	Umido	10	
Basic Mass Rating (BMR):		63	Caratteristiche geotecniche dell'ammasso
			ϕ : 36,5 °
			c: 3,2 kg/cm ²
			E: 211349 kg/cm ²

Substrato arenaceo-pelitico

Software SGEO

11. CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEI TERRENI

La caratterizzazione e la stima dei parametri sismici dell'area di studio, estrapolati dall'interpretazione delle indagini geofiche eseguite nel corso delle differenti campagne, viene riportata nelle tabelle che seguono, in cui si riepilogano, in maniera sintetica, i valori individuati, in cui:

- γ = Peso di volume;
- ν = Indice di Poisson;
- **E** = Modulo di Young;
- **G** = Modulo di taglio;
- **K** = Modulo di incompressibilità;
- **Me** = Modulo di carico su piastra.

Per la specifica di dettaglio si rimanda agli allegati fascicoli delle indagini e carta delle indagini.

SS1 - Vs, eq = 474.20 a p. c.

STIMA DEI PARAMETRI ELASTICI DINAMICI E RIGIDITA' SISMICA

Strato	Spessore	γ (g/cm ³)	ρ (kg*sec ² /m ⁴)	Vp (m/sec)	Vs (m/sec)	ν	E (Kg/cm ²)	G (Kg/cm ²)	K (Kg/cm ²)	Rigidità
1	0.00-7.05	1.60	163.10	1000	328	0.44	5053	1754	13970	0.52
2	7.05-19.50	2.00	203.90	2000	634	0.44	23678	8198	70618	1.27
3	19.50-30.00	2.00	203.90	2000	1134	0.26	66230	26217	46592	2.27

STIMA DEI PARAMETRI ELASTICI STATICI

Strato	Spessore	γ (g/cm ³)	ν	E (Kg/cm ²)	G (Kg/cm ²)	K (Kg/cm ²)	Eed (Kg/cm ²)	Me (Kg/cm ²)
1	0.00-7.05	1.60	0.40	184.10	65.80	303.90	391.60	278.80
2	7.05-19.50	2.00	0.41	864.10	307.40	1522.50	1932.40	1316.60
3	19.50-30.00	2.00	0.23	2417.70	983.20	1489.90	2800.80	3249.50

SS2 - Vs, eq = 417.90 a p. c.

STIMA DEI PARAMETRI ELASTICI DINAMICI E RIGIDITA' SISMICA

Strato	Spessore	γ (g/cm ³)	ρ (kg*sec ² /m ⁴)	Vp (m/sec)	Vs (m/sec)	ν	E (Kg/cm ²)	G (Kg/cm ²)	K (Kg/cm ²)	Rigidità
1	0.00-7.05	1.60	163	1000	417	0.39	7942	2848	12512	0.67
2	7.05-18.60	2.00	203	2000	968	0.35	51494	19115	56061	1.94
3	18.60-30.00	2.00	203	2000	1084	0.29	61979	23994	495570	2.17

STIMA DEI PARAMETRI ELASTICI STATICI

Strato	Spessore	γ (g/cm ³)	ν	E (Kg/cm ²)	G (Kg/cm ²)	K (Kg/cm ²)	Eed (Kg/cm ²)	Me (Kg/cm ²)
--------	----------	----------------------------------	-------	----------------------------	----------------------------	----------------------------	------------------------------	-----------------------------

Strato	Spessore	γ (g/cm ³)	ν	E (Kg/cm ²)	G (Kg/cm ²)	K (Kg/cm ²)	Eed (Kg/cm ²)	Me (Kg/cm ²)
1	0.00-7.05	1.60	0.36	289.60	106.80	334.60	477.00	422.20
2	7.05-18.60	2.00	0.31	1879.70	716.80	1658.40	2614.20	2649.80
3	18.60-30.00	2.00	0.26	2262.50	899.80	1553.40	2753.10	3084.90

SS3 - Vs, eq = 599.70 a p. c.

STIMA DEI PARAMETRI ELASTICI DINAMICI E RIGIDITA' SISMICA

Strato	Spessore	γ (g/cm ³)	ρ (kg*sec ² /m ⁴)	Vp (m/sec)	Vs (m/sec)	ν	E (Kg/cm ²)	G (Kg/cm ²)	K (Kg/cm ²)	Rigidità
1	0.00-7.35	1.60	163	1000	446	0.38	8926	3243	11984	0.71
2	7.35-19.95	2.00	203	2000	750	0.42	32581	11488	66231	1.50
3	19.95-30.00	2.00	224	2000	1150	0.25	74404	29702	50100	2.53

STIMA DEI PARAMETRI ELASTICI STATICI

Strato	Spessore	γ (g/cm ³)	ν	E (Kg/cm ²)	G (Kg/cm ²)	K (Kg/cm ²)	Eed (Kg/cm ²)	Me (Kg/cm ²)
1	0.00-7.35	1.60	0.34	325.50	121.60	335.10	497.30	468.00
2	7.35-19.95	2.00	0.38	11189.20	430.80	1653.70	2228.20	1769.90
3	19.95-30.00	2.00	0.22	2716.20	1113.80	1612.40	3097.50	3632

SS4 - Vs, eq = 515.10 a p. c.

STIMA DEI PARAMETRI ELASTICI DINAMICI E RIGIDITA' SISMICA

Strato	Spessore	γ (g/cm ³)	ρ (kg*sec ² /m ⁴)	Vp (m/sec)	Vs (m/sec)	ν	E (Kg/cm ²)	G (Kg/cm ²)	K (Kg/cm ²)	Rigidità
1	0.00-6.15	1.60	163	1000	430	0.43	8622	3023	19455	0.69
2	6.15-15.30	2.00	203	2000	593	0.45	20844	7179	71977	1.19
3	15.30-38.20	2.10	214	2000	1089	0.29	65485	25398	51762	2.29
4	38.20-40.00	2.10	214	2000	1402	0.02	85582	42114	29474	2.95

STIMA DEI PARAMETRI ELASTICI STATICI

Strato	Spessore	γ (g/cm ³)	ν	E (Kg/cm ²)	G (Kg/cm ²)	K (Kg/cm ²)	Eed (Kg/cm ²)	Me (Kg/cm ²)
1	0.00-6.15	1.60	0.39	314.50	113.40	463.40	614.60	470.90
2	6.15-15.30	2.00	0.41	760.70	269.20	1452.80	1811.80	1167.40
3	15.30-38.20	2.10	0.25	2390.50	952.40	1625.60	2895.60	3255.20
4	38.20-40.00	2.10	0.01	3124.20	1579.30	1019.20	3125.00	3978.30

SS5 - Vs, eq = 530.60 a p. c.

STIMA DEI PARAMETRI ELASTICI DINAMICI E RIGIDITA' SISMICA

Strato	Spessore	γ (g/cm ³)	ρ (kg*sec ² /m ⁴)	Vp (m/sec)	Vs (m/sec)	ν	E (Kg/cm ²)	G (Kg/cm ²)	K (Kg/cm ²)	Rigidità
--------	----------	----------------------------------	--	---------------	---------------	-------	----------------------------	----------------------------	----------------------------	----------

Strato	Spessore	γ (g/cm ³)	ρ (kg*sec ² /m ⁴)	Vp (m/sec)	Vs (m/sec)	v	E (Kg/cm ²)	G (Kg/cm ²)	K (Kg/cm ²)	Rigidità
1	0.00-6.00	1.60	163	1000	396	0.41	7224	2568	12512	0.63
2	6.00-17.85	2.00	203	2000	639	0.44	24077	8342	70425	1.28
3	17.85-30.00	2.00	214	2000	1065	0.30	63249	24289	53241	2.24

STIMA DEI PARAMETRI ELASTICI STATICI

Strato	Spessore	γ (g/cm ³)	v	E (Kg/cm ²)	G (Kg/cm ²)	K (Kg/cm ²)	Eed (Kg/cm ²)	Me (Kg/cm ²)
1	0.00-6.00	1.60	0.37	263.40	96.30	331.50	459.90	387.80
2	6.00-17.85	2.00	0.40	878.70	312.90	1531.00	1948.20	1337.50
3	17.85-30.00	2.00	0.27	2308.90	910.80	1654.60	2869.00	3166.20

SS6 - Vs, eq = 461.70 a p. c.
STIMA DEI PARAMETRI ELASTICI DINAMICI E RIGIDITA' SISMICA

Strato	Spessore	γ (g/cm ³)	ρ (kg*sec ² /m ⁴)	Vp (m/sec)	Vs (m/sec)	v	E (Kg/cm ²)	G (Kg/cm ²)	K (Kg/cm ²)	Rigidità
1	0.00-3.30	1.50	152	1000	252	0.47	2284	775	14257	0.34
2	3.30-13.50	2.00	203	2000	699	0.43	28541	9977	68246	1.40
3	13.50-30.00	2.10	214	2000	889	0.38	46663	16948	63028	1.87

STIMA DEI PARAMETRI ELASTICI STATICI

Strato	Spessore	γ (g/cm ³)	v	E (Kg/cm ²)	G (Kg/cm ²)	K (Kg/cm ²)	Eed (Kg/cm ²)	Me (Kg/cm ²)
1	0.00-3.30	1.50	0.43	83.00	29.10	193.00	231.80	129.50
2	3.30-13.50	2.00	0.39	1041.70	374.20	1608.30	2107.20	1567.20
3	13.50-30.00	2.10	0.34	1703.30	635.60	1774.00	2621.40	2452.20

SS7 - Vs, eq = 486.90 a p. c.
STIMA DEI PARAMETRI ELASTICI DINAMICI E RIGIDITA' SISMICA

Strato	Spessore	γ (g/cm ³)	ρ (kg*sec ² /m ⁴)	Vp (m/sec)	Vs (m/sec)	v	E (Kg/cm ²)	G (Kg/cm ²)	K (Kg/cm ²)	Rigidità
1	0.00-7.95	1.60	163	1000	396	0.41	7224	2568	12885	0.63
2	7.95-17.40	2.00	203	2000	601	0.45	21417	7384	71703	1.20
3	17.40-30.00	2.10	214	2000	1077	0.30	64427	24869	52468	2.26

STIMA DEI PARAMETRI ELASTICI STATICI

Strato	Spessore	γ (g/cm ³)	v	E (Kg/cm ²)	G (Kg/cm ²)	K (Kg/cm ²)	Eed (Kg/cm ²)	Me (Kg/cm ²)
1	0.00-7.95	1.60	0.37	263.40	96.30	331.50	459.90	387.80
2	7.95-17.40	2.00	0.41	781.60	276.90	1468.30	1837.50	1197.80
3	17.40-30.00	2.10	0.26	2351.90	932.60	1639.70	2883.20	3213.30

Come si può notare, dalla restituzione delle elaborazioni sismiche, tutti i sondaggi intercettano il substrato sismico con $V_s > 800$ m/sec a quote variabili, che nel foro SS2 assume il minimo spessore da p. c. (7.05 m), mentre nel SS1 assume il massimo spessore (19.50 m).

12. CARATTERISTICHE GENERALI DELL'AREA DEL TRACCIATO

Il tracciato stradale di progetto rappresenta il lotto di completamento di 2.746 metri oltre ai rammagli del progetto generale della strada provinciale S. P. 159/b zona diga Alento di 22,8 Km che collega la ex S. P. 430 alla S. S. 488, in Provincia di Salerno.

Il tracciato corre in destra orografica del F. Alento (sez. 00 – 468) e si sviluppa per la quasi totalità a mezza costa, a meno di un limitato tratto in galleria a inizio tracciato di 117 m (sez. 13 – 28), a cui si aggiungono gli imbocchi con tratti di galleria artificiale rispettivamente di 16 m e 13 m. In ambedue i casi sono previste opere di protezione dello scavo mediante palificate intirantate.

Il bedrock lungo il tracciato è costituito in parte dalla Formazione delle Arenarie di Cannicchio (CNN) dell'Unità Tettonica Nord Calabrese e in parte dalle Arenarie di Pollica (PLL) dell'Unità del Gruppo del Cilento.

Le sequenze litostratigrafiche attraversate sono non dissimili, in quanto costituite in ambo i casi da torbiditi arenaceo-pelitiche, non sempre ben distinguibili; soprattutto in presenza di vegetazione o di estese coperture di versante, di conseguenza, non è sempre agevole determinare il limite tra le due sequenze litostratigrafiche.

Lungo le depressioni morfologiche, a copertura del bedrock, si rinvencono sempre terreni continentali costituiti da depositi di versante, in genere di natura eluvio-colluviale (ec), e depositi di frana (fra) (fr).

La Formazione delle Arenarie di Cannicchio (CNN) caratterizza la prima parte del tracciato stradale (sez. 00 – 100).

Lungo questo tratto in alcune aree il tracciato interseca terreni di copertura con spessori significativi. Si evidenzia, quindi, la presenza di una frana di colata lenta attiva (fra), sebbene con stato di attività estremamente basso, localizzata tra la sez. 22 e la sez. 40, che interessa anche l'imbocco est della galleria e il tratto di galleria artificiale. In quest'area sono previste varie tipologie di opere di sostegno e contenimento, quali paratie di pali, gabbionate e muri.

Tra la sez. 41 e la sez. 55 invece, il tracciato interseca un crinale secondario dove affiora direttamente il bedrock, con previsione di riprofilatura del versante e sistemazione a terrazzo del tratto sbancato.

Un'altra area con estese coperture, parte in creep e parte in frana, è intersecata dal tracciato tra la sez. 52 e la sez. 73; per quanto riguarda l'area in dissesto, si tratta di una fenomenologia di tipo colata lenta allo stato quiescente (fr), tra le sez. 60 – 73. Anche in questo caso sono previste opere strutturali quali gabbionate sul lato monte della strada ed in parte terre armate sul lato valle.

Una ulteriore area in dissesto viene intercettata tra le sez. 76 e 94. Si tratta di uno scorrimento rotazionale quiescente (fr) il cui cumulo si è rimobilizzato generando un nuovo scorrimento rotazionale attivo (fra), che interessa direttamente l'asse stradale, anche nel tratto dove si sviluppa il viadotto San Martino, di attraversamento dell'omonimo vallone. Lungo il tratto di versante che precede il viadotto, sono previste opere quali paratie di pali a monte della strada e muti su pali sul lato valle.

Il viadotto di progetto, di 3 campate e di lunghezza pari a 46,00 m, è previsto tra le sez. 84 – 102; sulle spalle vengono scaricate le azioni provenienti dagli impalcati attraverso 5 dispositivi di

appoggio delle spalle e la zattera di base prevede fondazioni profonde costituite da pali e/o micropali, mentre le pile per impalcato sono del tipo a fusto cavo di sezione rettangolare che si diparte da un plinto fondato su pali e/o micropali con sezione longitudinale e trasversale trapezia.

Nel tratto compreso tra la sez. 100 e la sez. 371 il bedrock lungo il tracciato di progetto è costituito dai terreni delle Arenarie di Pollica (PLL).

In sinistra orografica del V. ne San Martino il tracciato stradale attraversa due corpi di frana tra le sez. 109 – 114 e le sez. 115 – 123. Si tratta di due fenomenologie complesse del tipo scorrimento – colata lenta, ambedue attive (fra). Per l’attraversamento delle suddette aree, nonché di limitati tratti in cui si sviluppano movimenti tipo mass creep, sono previste opere strutturali qualimuri su pali sul lato valle dell’asse stradale e un tratto con paratia di pali sul lato monte.

Il tracciato prosegue intercettando direttamente i terreni più superficiali ed in parte alterati ed allentati della Formazione delle Arenarie di Pollica (PLL), solo nel tratto compreso tra le sez. 137 – 140, sono presenti terreni di copertura del versante (ec) in corrispondenza di una piccola concavità morfologica, dove sono previste opere quali muri sul lato monte e terre armate sul lato valle dell’asse stradale.

In prosecuzione il tracciato interseca prima un crinale morfologico secondario, quindi si sviluppa lungo un tratto di versante piano-parallelo, dove non sono presenti terreni di copertura con spessori significativi e le opere strutturali di previsione sono rappresentate per lo più da muri sia sul lato valle che sul lato monte dell’asse stradale.

Successivamente, per l’attraversamento del V. ne Lombe, è previsto l’omonimo viadotto, ad andamento curvilineo, di 4 campate con lunghezza pari a 61.32 m. Tutto il tratto del viadotto in sinistra orografica del vallone è interessato da un corpo di frana del tipo colata lenta allo stato quiescente (fr), che interseca sia i piloni che la spalla sx dello stesso viadotto, le cui fondazioni sono previste su pali e micropali.

Affiancata alla frana citata è localizzata un’altra frana di tipo complesso più volte riattivata, localizzata tra le sez. 191 - 200. Il tracciato interseca la parte sommitale del dissesto, costituito da una colata lenta allo stato quiescente (fr), dove sono previste opere di contenimento quali muri e gabbionate. A valle del tracciato il cumulo di frana è interessato da una doppia riattivazione che ha generato fenomenologie attive del tipo scorrimento – colata (fra).

Tra le sez. 200 – 222 l’asse stradale intercetta un altro crinale secondario, dove affiorano direttamente le sequenze arenaceo-pelitiche della Formazione di Pollica (PLL) e i tagli a monte e i riporti a valle sono contenuti da muri.

Tra le sez. 222 e 262 il tracciato di progetto interseca un “sistema” di frane (*sensu Guida et alii, 1996*) costituito da fenomenologie complesse di diversa tipologia e stato di attività (fr) (fra) in alcuni casi riattivate. I cumuli di frana delle fenomenologie quiescenti vengono intercettati in pieno, mentre i dissesti attivi vengono intercettati nella zona delle testate. I movimenti di terra previsti sono estremamente limitati tenendo conto delle blande pendenze lungo versanti regolarizzati e le opere di contenimento di progetto sono costituite, lungo i tratti dove sono previsti piccoli scavi, da gabbionate.

Tra le sez. 262 – 286 la strada di progetto interseca di nuovo un crinale secondario, dove affiorano ancora le sequenze arenaceo-pelitiche della Formazione di Pollica (PLL) ed i limitati tagli e riporti sono contenuti da muri.

Il tratto successivo dell’asse stradale (sez. 286 – 371) si sviluppa lungo un tratto di versante abbastanza regolare dove affiorano sempre le Arenarie di Pollica (PLL) che nel tratto più

superficiale si presentano sempre allentate ed alterate. Tra le sez. 288- 295, 326 – 337, 344 – 349 e 350 – 371 sono presenti terreni di copertura del versante (ec) in corrispondenza di concavità morfologiche più o meno importanti; in questi tratti e in altri tratti dove saranno eseguiti tagli e riporti sul versante, sono previsti muri e gabbionate quali opere di presidio.

Dalla sez. 371, fino a fine percorso, il bedrock dell’area è di nuovo costituito dalle sequenze torbiditiche arenaceo-pelitiche della Formazione delle Arenarie di Cannicchio (CNN).

Nel tratto fino alla sez. 413 la strada di progetto attraversa un nuovo crinale secondario e poi un tratto di versante regolarizzato dove affiora il substrato citato, tranne che tra le sez. 378 – 385 e 393 – 399, dove vengono intercettate le nicchie di distacco di due scorrimenti rotazionali con stato di attività quiescente (fr).

In tutto il tratto sono previste sempre opere di presidio, costituite per lo più da muri sostegno e locali gabbionate; solo in un tratto, dove per l’aumento delle pendenze saranno eseguiti scavi più consistenti, vengono previste una paratia di pali a monte del tracciato e muri su pali a valle.

Tra le sez. 414 – 422 e 422 – 428 sono presenti due distinte fenomenologie franose affiancate di tipo complesso (scorrimento rotazionale – colata lenta) attive (fra).

Tra la sez. 420 e la sez. 436 si sviluppa il Viadotto Laurielli, sull’omonimo vallone, di 3 campate e con lunghezza pari a 45,95 m; tutto il tratto del viadotto in destra orografica del V. ne Laurielli è interessato dal corpo di frana dei dissesti su menzionati.

Nel tratto che precede il viadotto è prevista una paratia di pali sul lato monte della strada e dei muri sul lato valle, mentre le fondazioni del viadotto sono previste su pali e micropali.

L’ultimo tratto della strada di progetto, dalla sez. 436 alla sez. 468, si sviluppa sempre nei terreni della Formazione delle Arenarie di Cannicchio (CNN). L’area attraversata fino alla sez. 453 bis presenta sempre pendenze abbastanza acclivi e una depressione morfologica con presenza di terreni detritico-colluviali (ec) nel tratto tra la sez. 446 e la sez. 461.

In questi tratti sono stati previsti, quali interventi di presidio e contenimento, delle gabbionate sul lato monte della strada e un muro su pali lungo il lato valle; nell’ultimo tratto fino a fine percorso non sono previste opere di presidio vista l’esiguità degli interventi sul versante.

13. SEZIONI GEOLOGICO-TECNICHE E VERIFICHE DI STABILITÀ

Il tracciato stradale di progetto della lunghezza di 2.746 m è stato ulteriormente dettagliato attraverso la ricostruzione di n. 61 sezioni normali all’asse stradale, rappresentative del locale assetto topografico e popolate dei contenuti geomorfologici, idrogeologici e geologici nonché geognostici sia bibliografici sia frutto degli approfondimenti condotti nella presente fase progettuale di aggiornamento dell’esistente progetto esecutivo. Le sezioni geologico – tecniche ricostruite sulla base delle sezioni topografiche fornite sono rappresentative dell’ultimo quadro conoscitivo dell’area ed utile per l’ingegnerizzazione dell’opera in termini di dimensionamento dell’opera stradale stessa.

Le sezioni geologico – tecniche opportunamente distribuite lungo il tracciato stradale danno un quadro conoscitivo di dettaglio dell’interazione dei fenomeni areali dovuti all’azione della gravità rispetto al tracciato stesso oltre a rappresentare i modelli su cui eseguire le verifiche di stabilità ante opera e le successive verifiche di stabilità post opera a seguito dell’inserimento, e quindi dimensionamento nei modelli di calcolo, delle opere.

Partendo dalle unità geologiche rilevate ed a seguito di specifica modellazione geologico – tecnica sono state definite le seguenti unità geologico – tecniche:

- Cumuli di frana attiva (CFA);
- Cumuli di frana quiescenti (CFQ);
- Coltri eluviali e colluviali (CE);
- Substrato arenaceo - pelitico ed arenaceo - pelitico - conglomeratico alterato (SA);
- Substrato arenaceo - pelitico ed arenaceo - pelitico - conglomeratico integro (SI).

Le sezioni geologico – tecniche rappresentano quindi la modellazione geologico – tecnica a seguito della spazializzazione dei dati puntuali riconducibili alle pregresse e nuove indagini dirette ed indirette eseguite. I contatti tra le sopra citate unità sono stati definiti come certi nel caso di intersezione delle indagini dirette ed indirette con la traccia della sezione o nel caso di ubicazione a ridosso delle stesse, e comunque entro un raggio di 5 m, mentre in caso di assenza di indagini dirette ed indirette o comunque ad una loro presenza ad una distanza maggiore di 5 m i contatti tra le sopra citate unità sono stati definiti come presunti.

Inoltre, nel caso di assenza di specifici dati del tipo indagini dirette o indirette in asse con le tracce di sezione o nelle immediate vicinanze, le ricostruzioni delle sezioni geologico – tecniche si sono basate su un criterio di similitudine con le limitrofe sezioni già ricostruite e popolate a partire da dati certi. Il tutto seguendo un criterio ponderato e con un approccio cautelativo nella modellazione a favore della sicurezza e durabilità dell’opera.

Tale criterio, sviluppato secondo un approccio cautelativo, ha permesso quindi di modellare da un punto di vista geologico - tecnico le n. 61 sezioni previste.

Nell’area interessata dal tracciato stradale la normale sovrapposizione verticale tra le unità geologico – tecniche, che vede il passaggio delle coltri eluviali e colluviali (CE) in profondità prima verso il substrato arenaceo - pelitico ed arenaceo - pelitico - conglomeratico alterato (SA) e poi verso il substrato arenaceo - pelitico ed arenaceo - pelitico - conglomeratico integro (SI), è

localmente interrotto dalla presenza di cumuli di frana attiva (CFA) e da cumuli di frana quiescenti (CFQ).

Nello specifico i cumuli di frana attiva (CFA) ed i cumuli di frana quiescenti (CFQ) interessano le coltri eluviali e colluviali (CE) anche se a volte l'azione della gravità sul versante ha portato anche a condizionare il substrato arenaceo - pelitico ed arenaceo - pelitico - conglomeratico alterato (SA) ed il substrato arenaceo - pelitico ed arenaceo - pelitico - conglomeratico integro (SI) (cfr. Sez. 8, Sez. 31, Sez. 32, Sez. 33, Sez. 34, Sez. 38, Sez. 39, Sez. 51).

Nello specifico le coltri eluviali e colluviali (CE) presentano spessori variabili ma inquadrabili tra i 1,00 ÷ 6,10 m dal p. c., a seguire il substrato arenaceo - pelitico ed arenaceo - pelitico - conglomeratico alterato (SA) con spessori tra 1,40 ÷ 5,90 m per poi cedere il passo in profondità al substrato arenaceo - pelitico ed arenaceo - pelitico - conglomeratico integro (SI).

Relativamente ai cumuli di frana attiva (CFA) questi presentano anch'essi spessori variabili e compresi tra i 2,00 ÷ 9,30 m dal p. c. mentre i cumuli di frana quiescenti (CFQ) presentano spessori variabili e compresi tra i 0,50 ÷ 7,50 m dal p. c..

Per ogni ulteriore aspetto di dettaglio sulle singole sezioni geologico - tecniche si rimanda allo specifico allegato.

A seguito della definizione dei parametri geotecnici e sismici il tracciato stradale è stato suddiviso in n. 6 tronconi per mediare soprattutto i dati sismici, le relative categorie di suolo e categorie topografiche e sono state condotte analisi di stabilità sia in condizioni drenate sia in condizioni non drenate sulle n. 61 sezioni geologico tecniche ricostruite.

Dal rilevamento geologico-geomorfologico le principali evidenze di instabilità sono state cartografate e riportate sui relativi elaborati. Sempre a favore della sicurezza laddove i valori geotecnici comprendevano l'interdigitazione o il passaggio tra formazioni diverse sono stati presi quei dati approssimati per difetto e ritenuti più cautelativi.

Il metodo utilizzato per le verifiche di stabilità è stato quello di Sarma, che permette di determinare l'accelerazione sismica orizzontale richiesta affinché l'ammasso di terreno, delimitato dalla superficie di scivolamento e dal profilo topografico, raggiunga lo stato di equilibrio limite (accelerazione critica K_c) e, nello stesso tempo, consente di ricavare l'usuale fattore di sicurezza ottenuto come per gli altri metodi più comuni della geotecnica.

Si tratta di un metodo basato sul principio dell'equilibrio limite e delle strisce, pertanto viene considerato l'equilibrio di una potenziale massa di terreno in scivolamento suddivisa in n strisce verticali di spessore sufficientemente piccolo da ritenere ammissibile l'assunzione che lo sforzo normale N_i agisce nel punto medio della base della striscia.

Eseguito le verifiche di stabilità le principali criticità sono venute fuori laddove affioravano i cumuli di frana attiva (CFA) ed i cumuli di frana quiescente (CFQ) unite al valore dell'acclività del versante o per lo meno laddove vi erano sbalzi morfologici più accentuati.

Mentre in condizioni non drenate, le sezioni n. 11-54-55 danno instabilità con un fattore di sicurezza $F_s=1.00$, dovuto come detto in precedenza agli affioramenti di cumuli di frana attiva (CFA), e cumuli di frana quiescente (CFQ), per le verifiche in condizioni drenate le problematiche investono un numero maggiore di sezioni (sez. dalla n. 10 alla 24) (dalla n. 55-58) (e la n. 33-39-45-48) con fattori di sicurezza $F_s=1.00$. Questo perché considerando i materiali più sotto l'aspetto coesivo che non incoerente, i valori attribuiti all'angolo di attrito è estremamente cautelativo. (cfr. Allegato G.14).

Gli spessori coinvolti come dai risultati delle sezioni estrapolate non sono elevati, quindi anche laddove si mostra una certa criticità sotto l’aspetto della stabilità, anche con opere non strutturali e solo con operazioni di riprofilatura e modellazione del profilo topografico si otterranno variazioni molto significative verso una naturale condizione di equilibrio.

14. CRITICITÀ DEL TRACCIATO ED INTERVENTI PREVISTI

L’interazione delle forme areali, precedentemente descritte e caratterizzate da un’ampia pluralità di tipologie e stati di attività, con il tracciato stradale ha evidenziato tutta una serie di criticità, oggetto di ulteriori approfondimenti in questa fase progettuale, che hanno animato l’individuazione delle migliori e più adatte soluzioni progettuali anche in termini di costi delle opere stesse.

Procedendo dalla Sez. n. 1 alla Sez. n. 61 si individuano, ad esclusione delle opere di consolidamento delle scarpate a monte ed a valle della sede stradale ed in corrispondenza delle forme areali legate all’azione della gravità, due categorie principali di opere quali la categoria gallerie e la categoria viadotti.

Nello specifico per la categoria gallerie si individua n. 1 galleria, ubicata in corrispondenza dell’inizio del tracciato stradale e nello specifico tra la Sez. 2 e la Sez. 8, mentre per la categoria viadotti si individuano n. 3 viadotti, il Viadotto San Martino tra la Sez. 17 e la Sez. 20, il Viadotto Lombe tra la Sez. 30 e la Sez. 34 ed il Viadotto Laurielli tra la Sez. 55 e la Sez. 58.

Le principali criticità riscontrate nel tracciato, comunque già definito nelle precedenti fasi progettuali e predisposto in modo da segnare un andamento piano altimetrico omogeneo ed avvolgente rispetto alla morfologia del paesaggio che caratterizza la valle del F. Alento, sono quelle frutto dell’interazione dello stesso con la morfologia dei versanti, a volte molto acclivi, e la loro evoluzione geomorfologica sotto l’azione della gravità.

La ricostruzione di sezioni geologico – tecniche normali all’asse del tracciato stradale ha permesso di meglio modellare le criticità sopra citate e definire la loro interazione con l’opera stessa. Inoltre, ciò ha permesso di individuare le soluzioni progettuali più adatte sia in corrispondenza dei settori su cui insistono le categorie d’opera principali sia in corrispondenza delle scarpate a monte ed a valle della sede stradale.

Al fine di superare le criticità riscontrate, e meglio definite nel capitolo 5, rispetto al tracciato stradale, e meglio descritto nel capitolo 11, sono state individuate varie soluzioni progettuali sia per le opere in fondazione, quali fondazioni superficiali e profonde come micropali e pali, sia per le opere di difesa, quali paratie di pali, muri, muri su pali, gabbionate e terre armate.

Tali scelte hanno permesso da un punto di vista progettuale, e quindi dimensionale dell’opera, il superamento delle criticità evidenziate nella modellazione geologico – tecnica ricostruita, addivenendo quindi all’aggiornamento della progettazione esecutiva esistente rispetto sia all’aggiornato quadro geologico e geomorfologico sia ai nuovi riferimenti legislativi.

15. COMPATIBILITÀ CON IL PSAI AUTORITÀ DI DISTRETTO IDROGRAFICO DELL'APPENNINO MERIDIONALE

15.1. RIFERIMENTI NORMATIVI

- Piano di programmazione per la mitigazione del rischio frane dell'Autorità di Bacino Sinistra Sele (L. R. n. 8/1994) pubblicato con Bollettino Ufficiale della Regione Campania n° 40 del 26 Agosto 2002 “Adozione Piano Stralcio di Bacino per l'assetto idrogeologico (distinto il rischio frane e rischio alluvione) per il territorio di competenza dell'Autorità di Bacino Sinistra Sele”.
- Delibera di Comitato Istituzionale n. 01 del 11.04.2011, che qui si intende integralmente riportata, è stato adottato il “Progetto di aggiornamento del Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (Rischio frane e Rischio idraulico)” dell'Autorità di Bacino Sinistra Sele;
- Il “Progetto di aggiornamento del P. S. A. I. (Rischio frane e rischio idraulico)” esplica efficacia in qualità di misure di salvaguardia dal 27.06.2011, data di pubblicazione dell'avviso di adozione dello stesso sul B. U. R. C. n. 39/2011;
- B. U. R. C. n. 33 del 21 Maggio 2012 è stato pubblicato il Decreto del Presidente Giunta n. 142 del 15/05/2012 ad oggetto Decreto Presidente Giunta n. 142 del 15.05.2012 - A. G. C. 15 Lavori pubblici, opere pubbliche, attuazione, espropriazione - Settore 3 - Legge regionale 15.3.2011, n. 4, articolo 1, comma 255 e 256 - Accorpamento delle "Autorità di bacino interregionale del fiume Sele", "Autorità di bacino regionale Destra Sele" e "Autorità di bacino regionale Sinistra Sele" nell'unica "Autorità di bacino regionale Campania Sud ed interregionale per il bacino idrografico del fiume Sele" - Istituzione, modalità operative di accorpamento e ricostituzione degli organi.
- Il Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino Campania Sud ed Interregionale del fiume Sele con Deliberazione n. 20 del 18 settembre 2012 ha adottato rivisitazione del Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (P. S. A.I.)
- La deliberazione integrale e le norme di attuazione sono state pubblicate nel Bollettino Ufficiale Regionale della Campania n. 65 dell'8 ottobre 2012.
- Avviso di adozione del Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico da parte dell'Autorità di Bacino Campania Sud ed Interregionale del fiume Sele su Gazzetta Ufficiale della Repubblica n. 247 del 22 ottobre 2012.
- Il Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino Campania Sud ed Interregionale del fiume Sele, con Deliberazione n. 31 del 21 giugno 2013, ha adottato, in via definitiva, il testo revisionato della “Normativa di Attuazione del PSAI relativa al bacino idrografico del fiume Sele”;
- Le Norme di Attuazione del Piano Stralcio, modificate, entrate in vigore a far data dalla pubblicazione del presente avviso sul B. U. R. C. e B. U. R. B. e n. 38 del 15 Luglio 2013.

- Modificata con delibera del Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino Regionale Campania Sud ed Interregionale per il bacino idrografico del fiume Sele n. 22 del 02.08.2016, è stato adottato in via definitiva il "Testo Unico delle Norme di Attuazione dei PSAI per il territorio di competenza dell'Autorità di Bacino Regionale Campania Sud ed Interregionale per il bacino idrografico del fiume Sele" entrata in vigore dalla data di pubblicazione dell'avviso di adozione nella G. U. R. I. il 16 Agosto 2016.
- Istituzione del Distretto Idrografico dell'Appennino Meridionale (Ex Autorità di Bacino Liri-Garigliano e Volturno, Basilicata, Calabria, Campania Centrale, Campania Sud, Trigno) con D. L. 221/15 e D.M. del 25/10/2016 - Gazzetta Ufficiale della Repubblica n. 27 del 02/02/2017.

15.2. VALUTAZIONI AI FINI DELLA COMPATIBILITÀ GEOLOGICA

Lo studio geologico eseguito, sebbene non sia più necessario acquisire il parere dell'Autorità Distrettuale dell'Appennino meridionale, già reso, è conforme al vigente PSAI della ex Autorità di Bacino Campania Sud ed Interregionale per il bacino del F. Sele ed alle relative Nda (allora territorialmente competente, ora di pertinenza del Distretto Idrografico dell'Appennino meridionale), perché la compatibilità acquisita con gli studi precedentemente realizzati era relativa al Piano Straordinario della ex Autorità di Bacino Sinistra Sele non più vigente.

Nei paragrafi precedenti già è stata condotta, man mano che venivano descritte le caratteristiche geologiche e geomorfologiche del tracciato, una interazione tra gli interventi a farsi e quanto previsto dalle NTA della ex Autorità di Bacino Regionale Campania Sud ed Interregionale per il Bacino Idrografico del Fiume Sele, in funzione dei dissesti cartografati e delle caratteristiche di Pericolosità/Rischio riportate sulle cartografie tematiche della stessa AdB.

Gli studi geologici fanno riferimento ai soli tratti stradali in cui sono previsti interventi strutturali a ridosso della carreggiata.

Tutti gli interventi previsti sono funzionali alla rete stradale, e non svolgono alcuna funzione di mitigazione della pericolosità geomorfologica intrinseca al versante.

Gli interventi strutturali non vanno ad incrementare il rischio residuo dell'area e comportano comunque una significativa riduzione della pericolosità/rischio da frana lungo l'intero tratto stradale oggetto di intervento.

Ad ogni buon conto, tutti gli interventi strutturali funzionali previsti per il tracciato di progetto rientrano tra quelli ammissibili così come contemplati nell' *ARTICOLO 49 - Disciplina per le infrastrutture, per gli impianti a rete pubblici o di interesse pubblico e per gli impianti tecnologici* delle Norme di Attuazione del PSAI.

In conclusione, è possibile affermare che gli interventi in progetto sono compatibili con le condizioni geolitologiche, geomorfologiche e sismiche e con i vincoli imposti dalle Norme di Salvaguarda del PSAI della ex Autorità di Bacino Regionale Campania Sud ed Interregionale per il Bacino Idrografico del Fiume Sele (ora di competenza del Distretto Idrografico dell'Appennino Meridionale).

16. SVINCOLO IDROGEOLOGICO

Lo studio geologico è relativo ad un tracciato stradale che rappresenta il lotto di completamento, oltre ai rammagli, del progetto generale della strada provinciale S. P. 159/b zona diga Alento, che collega la ex S. P. 430 alla S. S. 488, in Provincia di Salerno.

Dal punto di vista normativo, la concessione di opere su un terreno, sito in un'area montana vincolata idrogeologicamente ai sensi dell'articolo 7 del R. D. 30 Dicembre 1923, n. 3267, dovrà essere rispondente alla direttiva della L. R. 07/05/1996 n° 11 - Modifiche ed integrazioni della Legge Regionale 28/02/1987, n. 13 concernente la delega in materia di economia, bonifica montana e difesa del suolo - di cui all'Art. 23 - *Trasformazione e mutamento di destinazione dei boschie dei terreni sottoposti a vincolo idrogeologico*.

Inoltre, in relazione a quanto descritto all'articolo 143 della L.R. n. 72 del 2 Ottobre 2017 e ss. mm. ii., si riportano di seguito gli aspetti richiesti e rappresentati nella relazione descrittiva allegata al progetto.

I contenuti della relazione geologica descritte nell'articolo 149 L. R. n. 72, attesta la compatibilità idrogeologica dell'intervento, valutando il rischio idrogeologico prima e dopo l'intervento, che contenga i risultati delle indagini e le verifiche di cui al D. M. 11 marzo 1988 e successive modifiche ed integrazioni, con contestuale giudizio di fattibilità e che contenga lo stralcio della perimetrazione vigente delle aree soggette a Vincolo Idrogeologico e quello relativo alla normativa vigente in materia di "Rischio idraulico e idrogeologico", nei confronti della quale ne attesti la compatibilità e dimostri che gli interventi stessi non concorrono ad incrementare il livello di rischio;

In particolare, nei vari elaborati prodotti, sono stati affrontati i seguenti aspetti:

- la realizzazione di opere, l'esecuzione di scavi finalizzati alla modificazione dell'assetto morfologico dei terreni vincolati, con o senza la realizzazione di opere costruttive, nonché l'esecuzione di riporti di terreno, devono essere precedute da indagini geologiche atte a verificare la compatibilità degli stessi con la stabilità dei terreni. In particolare, deve essere preliminarmente valutata la stabilità dei fronti di scavo o di riporto a breve termine, in assenza di opere di contenimento, determinando le modalità di scavo e le eventuali opere provvisorie, necessarie a garantire la stabilità dei terreni durante l'esecuzione dei lavori;
- nei terreni posti su pendio o in prossimità di pendii, oltre alla stabilità localizzata dei fronti di scavo, deve essere verificata la stabilità del pendio nelle condizioni attuali, durante le fasi di cantiere e di realizzazione del progetto, considerando a tal fine le sezioni e le ipotesi più sfavorevoli, nonché i sovraccarichi determinati dalle opere da realizzare o da quelle già realizzate;
- le indagini geologiche devono, inoltre, prendere in esame la circolazione idrica superficiale, ipodermica e profonda, verificando eventuali interferenze degli scavi e delle opere in progetto;
- le indagini, le valutazioni e le verifiche di cui al presente articolo devono estendersi ad un intorno significativo all'area oggetto dei lavori, evidenziando le eventuali azioni degli scavi, dei riporti e delle opere in progetto su manufatti, quali costruzioni,

strade ed altre infrastrutture, su sorgenti e su altre emergenze significative ai fini idrogeologici, quali aree di frana o di erosione, alvei o impluvi;

- le indagini, le valutazioni e le verifiche di cui ai commi 1, 2, 3 e 4 devono formare oggetto di una relazione geologica e geotecnica, che costituisce parte integrante della progettazione delle opere, nella quale devono essere esposti i risultati delle indagini compiute, i parametri adottati, i metodi, i calcoli ed i coefficienti determinati, relativamente alla stabilità dei pendii;
- solo per opere di modesto rilievo ed entità (movimentazione di terra e roccia non superiore a 3 metri cubi o per aree già caratterizzate e di sicura ed accertata stabilità, ovvero lievi interventi di livellamento, può essere ritenuta sufficiente una relazione geologica semplificata;
- tali indagini, valutazioni e verifiche, ove non espressamente richieste, possono essere omesse anche per le opere ed i movimenti di terreno rientranti nelle tipologie di opere liberamente consentite o soggette a dichiarazione, nonché per le opere connesse ai tagli dei boschi non ricomprese nelle opere soggette ad autorizzazione, di cui all'articolo 165, salvo diversi riscontri da parte dell'Ente delegato territorialmente competente, sia in sede di accettazione che d'istruttoria dell'istanza;
- i sondaggi e le altre prove necessarie alle indagini geologiche di cui ai commi precedenti sono eseguibili senza autorizzazione o dichiarazione, purché comportino limitati movimenti di terreno senza la realizzazione di nuova viabilità di accesso o l'estirpazione di piante o ceppaie forestali e, comunque, accompagnate dal ripristino dello stato originale dei luoghi.

Vengono inoltre, considerate tutte le condizioni di stabilità del sito e definite le caratteristiche stratigrafiche, geologiche e morfologiche dello stesso, per verificare se esso sia adatto ad ospitare l'intervento in progetto.

Al fine di identificare la migliore azione progettuale utile a prevenire i danni da avversità abiotiche, sono stati effettuati numerosi sopralluoghi lungo tutto il tracciato di progetto, di cui si è tenuto conto in fase di elaborazione sia della migliore soluzione progettuale, sia in relazione agli interventi a farsi.

In particolare, tra le finalità del progetto, si è tenuto conto della necessità di ridurre il rischio idrogeologico attraverso opere di consolidamento e sistemazione del reticolo idraulico minore, opere di regimazione idraulico-forestale, sistemazione di versanti a rischio indicato dai PSAI e di sistemazione delle scarpate ai tratturi di penetrazione ai boschi, preferibilmente con l'uso di tecniche di ingegneria naturalistica.

16.1. VALUTAZIONI GEOLOGICO TECNICHE AI FINI DEL VINCOLO IDROGEOLOGICO

Lo studio, di natura prettamente interdisciplinare, ha interessato differenti aspetti del territorio come la geologia, la geomorfologia, l'idrogeologia, l'erosione superficiale e l'uso del suolo.

Le indagini effettuate hanno consentito di individuare la presenza dei fattori destabilizzanti, a carattere sia naturale sia antropico, i quali presentano gradi diversi di influenza sui fenomeni franosi.

Le complesse vicende tettoniche e strutturali, la presenza di faglie di tipo distensivo, la posizione a franapoggio dei piani di stratificazione in alcune zone, la permeabilità delle formazioni, il crioclastismo, l'abbandono delle terre e le attività pascolive rappresentano le principali cause concomitanti che hanno contribuito a creare alcune situazioni di instabilità diffusa.

E' stato previsto, quindi, di intervenire su singole situazioni, localizzate nello spazio, il cui grado di criticità impone urgenza nei rimedi, rendendoli inderogabili, lungo il tracciato di progetto.

Per effettuare interventi di risanamento mirati ed efficaci è fondamentale in primo luogo avere una visione chiara della situazione ambientale nella quale si deve operare.

La necessità di articolare un ordine di priorità degli interventi è espressione delle caratteristiche delle zone dissestate, dell'efficacia delle soluzioni proponibili e del loro impatto ambientale.

Le opere in oggetto sono compitamente definite nelle tavole progettuali, a cui si rimanda per una completa descrizione dell'intervento.

Secondo le disposizioni delle vigenti “Norme Tecniche per le Costruzioni”, lo studio geologico-tecnico ha fornito le indicazioni di seguito riassunte:

- **Litologia:** le opere di fondazione superficiali e profonde lungo il tratto stradale sono ampiamente descritte negli elaborati progettuali e vanno a interessare in primo luogo i depositi di copertura superficiali sia di tipo gravitativo che detritico colluviale e, quindi, i terreni delle diverse formazioni che costituiscono il bedrock, dettagliatamente descritte nei paragrafi precedenti;
- **Morfologia:** nell'area sono presenti forme di dissesto idrogeologico di tipo roto-traslativo e colamenti lenti allo stato attivo e/o quiescente oltre ad aree con fenomeni di soliflusso;
- **Idrogeologia:** la falda ipotizzata nei complessi terrigeni argilloso-marnosi è presente all'interno della porzione alterata; diversamente è possibile ipotizzare delle piccole falde sospese all'interno delle formazioni torbiditiche arenaceo-pelitiche;
- **Componente sismica:**
 - zona sismica di appartenenza: zona 3 (sismicità bassa);
 - liquefazione: da escludere in considerazione delle caratteristiche e delle litologie dei terreni presenti.
- **Fattibilità geologica:** alla luce di quanto su esposto in relazione alle attuali condizioni di pericolosità dell'area in esame e delle risultanze degli studi eseguiti può ritenersi conseguita la fattibilità geologica dell'intervento; la realizzazione delle opere come quelle in progetto, non danno luogo a condizioni che possano aumentare il livello di pericolosità presente e, di conseguenza sono da escludere anche condizioni che potrebbero dar luogo a di situazioni o criticità geologiche, geomorfologiche ed idrogeologiche tali da impedire la loro realizzazione dell'opera in progetto.

Lo studio è stato redatto secondo quanto prescritto dall'articolo 143 della L. R. n. 72 del 2 Ottobre 2017 e ss. mm. ii..

- il rischio idrogeologico a seguito degli interventi risulterà mitigato;
- sono state condotte indagini sul versante ed in corrispondenza delle opere così come previsto dal *D. M. 11 marzo 1988 e ss. mm. ii.*;

- lo studio geologico è stato condotto nel rispetto delle Norme di Attuazione del Piano Stralcio del Distretto Idrografico dell’Appennino Meridionale;
- con il rispetto delle prescrizioni di legge e delle indicazioni progettuali, le analisi fin qui condotte portano a concludere che è verificata la compatibilità geologica e geotecnica dell’intervento proposto;
- in considerazione delle opere in progetto e degli interventi di mitigazione del rischio idrogeologico ed idraulico messi in campo lungo il tracciato a farsi, il rischio idrogeologico non viene in nessun caso incrementato.

I contenuti della relazione geologica descritte nell’*articolo 149 L. R. n. 72, del 2 Ottobre 2017 e ss. mm. ii.* sono state condotte tenendo conto dei seguenti punti:

- punto 1: sono state condotte indagini geologiche atte a verificare la compatibilità degli stessi con la stabilità dei terreni e riportate in allegato;
- punto 2: gli scavi previsti durante la fase di cantiere saranno successivamente mitigati da interventi di tipo strutturale a difesa della viabilità e della mitigazione dei rischi connessi;
- punto 3: sono state condotti studi ed indagini in sito ed in laboratorio le cui risultanze conducono a valutare inique le interferenze degli scavi con circolazione idrica superficiale, ipodermica e profonda;
- punto 4: le indagini condotte sono state estese a tutta l’area oggetto dei lavori e sono state condotte verifiche di stabilità a ridosso delle strade, anche tenendo conto dei sovraccarichi determinati dalle opere da realizzare;
- punto 5: lo studio geologico e geotecnico è stato redatto tenendo conto dei commi 1, 3 e 4 dell’articolo 149 L. R. n. 72, del 2 Ottobre 2017 e ss. mm. ii.;
- punto 6: la movimentazione di terra e roccia è da considerarsi superiore ai 3 metri cubi;
- punto 7: non rientra tra le finalità progettuali;
- punto 8: Viene rispettato nell’esecuzione delle indagini.

In conclusione, è possibile affermare che gli interventi in progetto sono compatibili con le condizioni geolitologiche, geomorfologiche e sismiche e con i vincoli presenti nell’area, compreso quelli imposti dalle Norme di Salvaguarda del PAI del Distretto Idrografico dell’Appennino Meridionale.

17. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Su incarico del Consorzio di Bonifica Velia - Prignano Cilento (SA) (contratto Rep. n° 492, codice CIG 8140904680 - CUP E21B04000330006), il RTP Geovit s. r. l. – Geoven di Andrea Venosini – Geolab di Giuseppe Rossi (giusto Atto per Notaio Fabrizio Fortini di Viterbo Rep. N. 62310 racc. n. 39.444 in data 18/02/2020) ha redatto il presente studio geologico per la definizione degli aspetti geologici propedeutici alla realizzazione dell'opera (CUP: E21B04000330006 nell'ambito dell'intervento denominato Id. 261_1) "Ripristino viabilità e collegamenti del bacino della diga di Piano della Rocca. Intervento di completamento". FSC 2014-2020 (CUP: E21B04000330006).

Per l'espletamento dell'incarico, si è proceduto per fasi successive, secondo quanto di seguito riportato:

- consultazione della bibliografia, delle risultanze di precedenti campagne di indagine geognostica, geotecnica e geofisica e della cartografia di settore ufficiale per l'area in esame e le aree limitrofe;
- rilevamento geologico e geomorfologico, con particolare riferimento alle forme ed agli indizi di eventuali dissesti superficiali e profondi, in atto o potenziali;
- studio aerofotogrammetrico utilizzando foto aeree di diversa età e levata;
- identificazione delle problematiche di tipo geologico presenti lungo il tratto stradale di progetto;
- pianificazione di una campagna integrativa di indagini in sito e in laboratorio;
- interpretazione dei dati della campagna di indagini;
- caratterizzazione meccanica e sismica dei terreni;
- valutazioni sulla stabilità dell'area in riferimento alla tipologia degli interventi a farsi.

In particolare, relativamente alla necessità di caratterizzare dal punto di vista geotecnico e sismico l'area di studio, come precedentemente elencato, si è fatto riferimento alle risultanze di 2 importanti campagne di indagini, di cui una condotta nell'anno 2000 e la seconda nel corso del 2014, eseguite entrambe nell'ambito del progetto di "Ripristino della viabilità e collegamenti di servizio del bacino della diga di Piano della Rocca".

Gli esiti delle suddette campagne sono riepilogati negli elaborati tecnici che costituiscono parte integrante delle precedenti fasi progettuali, alle quali sono allegate.

Una importante fase di studio ha previsto, pertanto, l'interpretazione delle risultanze di tutte le indagini, sia geognostiche che geofisiche, eseguite nel corso degli anni nell'area di interesse progettuale.

A seguito delle prime verifiche e valutazioni tecniche, nonché dei colloqui intercorsi tra i componenti del RTP Geovit – Geoven – Geolab ed i tecnici del Consorzio Velia e della società Velia Servizi durante la riunione del giorno 21 gennaio scorso, è emersa la necessità di implementare il grado di conoscenza in alcune porzioni lungo il tracciato in progetto, al fine da permettere una più attenta e puntuale definizione dei modelli geologici, geotecnici e sismici delle aree oggetto di interesse.

In particolare è risultato indispensabile integrare gli studi condotti con una campagna di indagini integrative, al fine di verificare localmente (nelle sole zone che risultavano "scoperte" da indagini) le caratteristiche geotecniche e sismiche e gli spessori di acuni litotipi riconosciuti nell'area di studio, nel seguito elencati:

- cumuli di frana attiva e quiescente;
- coperture eluviali e colluviali;
- substrato arenaceo - pelitico ed arenaceo - pelitico - conglomeratico alterato;
- substrato arenaceo - pelitico ed arenaceo - pelitico - conglomeratico integro.

La campagna integrativa programmata dagli scriventi, è stata eseguita nel periodo febbraio-marzo 2020 ed ha previsto l'esecuzione delle seguenti attività:

- n. 4 sondaggi geognostici a carotaggio continuo, spinti a profondità variabili comprese tra i 12,0 m ed i 30,0 m dall'attuale p. c., con esecuzione di prove SPT in foro e prelievo di campioni indisturbati di terreno;
- analisi geotecniche di laboratorio sui campioni di terreno prelevati nel corso delle perforazioni;
- indagini geofisiche di tomografia sismica a rifrazione, MASW e ReMi.

Le successive fasi di studio hanno previsto una verifica del rilevamento geologico rispetto alla nuova cartografia geologica ufficiale dell'area, Foglio n. 503 - Vallo della Lucania, quale documento scientifico successivo agli elaborati già redatti in seno a precedenti studi eseguiti nell'area di interesse.

In particolare lo studio geologico, prendendo le mosse da precedenti studi eseguiti, è stato adeguato alle NTC 2018 e, nella fattispecie, è stato necessario aggiornare gli studi di compatibilità geologica secondo quanto previsto dalle NdA relative al PSAI della exAutorità di Bacino Regionale Campania Sud ed Interregionale per il Bacino Idrografico del Fiume Sele, allora territorialmente competente (ora di pertinenza del Distretto Idrografico dell'Appennino meridionale).

Inoltre, si è provveduto, a partire dalla verifica dei modelli geologico-tecnici già redatti e ricorrendo ai profili topografici esistenti, integrare questi ultimi e la parametrizzazione geotecnica già utilizzata, mediante l'elaborazione - secondo le NTC 2018 e relativa Circolare Min. II. TT. n. 7 del 21.0.12019 - delle verifiche di stabilità ante operam, sulle aree censite in frana.

La sintesi dei dati ottenuti dalle indagini e rilievi ha permesso di ricostruire i modelli geologici e geotecnici del sedime interessato dagli interventi in progetto.

In particolare lo studio geologico-tecnico ha fornito le indicazioni di seguito riassunte:

- litologia: le opere di fondazione superficiali e profonde lungo il tratto stradale sono ampiamente descritte negli elaborati progettuali e vanno a interessare in primo luogo i depositi di copertura superficiali sia di tipo gravitativo che detritico colluviale e, quindi, i terreni delle diverse formazioni che costituiscono il bedrock, dettagliatamente descritte nei paragrafi precedenti;
- morfologia: nell'area sono presenti forme di dissesto idrogeologico di tipo roto-traslativo e colamenti lenti allo stato attivo e/o quiescente oltre ad aree con fenomeni di soliflusso;

- idrogeologia: la falda ipotizzata nei complessi terrigeni argilloso-marnosi è presente all'interno della porzione alterata; diversamente è possibile ipotizzare delle piccole falde sospese all'interno delle formazioni torbiditiche arenaceo-pelitiche;
- componente sismica:
 - zona sismica di appartenenza: zona 3 (sismicità bassa);
 - liquefazione: da escludere in considerazione delle caratteristiche e delle litologie dei terreni presenti.

Alla luce di quanto su esposto, in relazione alle attuali condizioni di pericolosità dell'area in esame e delle risultanze dello studio eseguito, può ritenersi conseguita la fattibilità geologica dell'intervento; la realizzazione delle opere come quelle in progetto, non danno luogo a condizioni che possano aumentare il livello di pericolosità presente e, di conseguenza sono da escludere anche condizioni che potrebbero dar luogo a situazioni di criticità geologiche, geomorfologiche ed idrogeologiche tali da impedire la loro realizzazione dell'opera in progetto.

I risultati rimandano la valutazione della compatibilità geotecnica del sedime ad un'analisi delle tensioni indotte dalla struttura in progetto in funzione della tipologia di fondazione.

Di conseguenza ogni eventuale e successiva valutazione di carattere geotecnico, relativa alla stabilità dell'insieme opera/terreno dovrà derivare da un'analisi dei carichi di progetto; per tale eventualità il sottoscritto resta a disposizione per ogni chiarimento ed approfondimento.

Viterbo, novembre 2020.

RTP

GEOVIT – Geoven – Geolab

Dott. Geol. Roberto Troncarelli

Dott. Geol. Andrea Venosini

Dott. Geol. Giuseppe Rossi

