

**ITINERARIO "SALERNO – POTENZA – BARI"**

Adeguamento delle sedi esistenti e tratti di nuova realizzazione IV tratta  
da zona industriale Vaglio a svincolo S.P. Oppido S.S. 96

Codice CIG - 70219264A5

**PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA**

**ANAS - DIREZIONE PROGETTAZIONE E REALIZZAZIONE LAVORI**

IL PROGETTISTA E RESPONSABILE DELL'INTEGRAZIONE DELLE PRESTAZIONI  
SPECIALISTICHE. (DPR207/10 ART 15 COMMA 12)

Dott. Ing. **GIORGIO GUIDUCCI**  
ORDINE INGEGNERI  
ROMA  
N° 14035

Dott. Ing. **GIORGIO GUIDUCCI**  
Ordine Ingegneri Provincia di Roma n. 14035



Dott. Geol. **Giuseppe Cerchiaro**

Ordine dei geologi della Calabria n. 528

COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE

Arch. **Silvia Besozzi**

Ordine Architetti Provincia di Roma n. 10846

VISTO: IL RESP. DEL PROCEDIMENTO

Ing. **Massimiliano Fidenzi**

PROGETTAZIONE ATI:

(Mandataria)

**GPI INGEGNERIA**  
GESTIONE PROGETTI INGEGNERIA srl

(Mandante)



(Mandante)



(Mandante)



(Mandante)



**GEOLOGIA GEOTECNICA**

Parte generale

Relazione Sismica

CODICE PROGETTO

LO714APF1801

NOME FILE

T00GE00GEORE03\_C

REVISIONE

SCALA

CODICE  
ELAB.

T00GE00GEORE03

C

-

| REV. | DESCRIZIONE | DATA         | REDATTO | VERIFICATO | APPROVATO |
|------|-------------|--------------|---------|------------|-----------|
| C    | Revisione   | Gennaio '22  | Iannini | Cerchiaro  | Guiducci  |
| B    | Revisione   | Dicembre '19 | Iannini | Cerchiaro  | Guiducci  |
| A    | Emissione   | Sett. '19    | Iannini | Cerchiaro  | Guiducci  |

## INDICE

|   |           |
|---|-----------|
| <b>1. PREMESSA.....</b>   | <b>2</b>  |
| <b>2. RIFERIMENTI NORMATIVI.....</b>                                  | <b>4</b>  |
| <b>3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO.....</b>                                | <b>5</b>  |
| <b>4. INDAGINI.....</b>   | <b>11</b> |
| 4.1. INDAGINI PREGRESSE .....   | 11        |
| 4.2. INDAGINI ESEGUITE PER LA PRESENTA FASE PROGETTUALE .....         | 11        |
| <b>5. QUADRO SISMICO GENERALE.....</b>                                | <b>15</b> |
| 5.1. MACROZONAZIONE SISMICA.....                                      | 15        |
| 5.2. SISMICITÀ STORICA .....  | 18        |
| 5.3. PERICOLOSITÀ SISMICA .....                                       | 22        |
| <b>6. INQUADRAMENTO SISMICO.....</b>                                  | <b>24</b> |
| 6.1. CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEL SITO .....                         | 24        |
| 6.2. TEMPO DI RITORNO.....  | 25        |
| 6.3. CATEGORIA DI SOTTOSUOLO .....                                    | 26        |
| 6.4. CONDIZIONI TOPOGRAFICHE .....                                    | 28        |
| 6.5. DEFINIZIONE DELL'AZIONE SISMICA.....                             | 29        |
| 6.5.1. <i>Spettri di Risposta Elastici per gli Stati Limite</i> ..... | 30        |
| 6.5.2. <i>Stato Limite di Collasso (SLC)</i> .....                    | 32        |
| 6.5.3. <i>Stato Limite di Salvaguardia della Vita (SLV)</i> .....     | 33        |
| 6.5.4. <i>Stato Limite di Danno (SLD)</i> .....                       | 34        |
| 6.6. PROTEZIONE SISMICA DELLE OPERE .....                             | 35        |

## 1. PREMESSA

La presente relazione sismica è redatta nell'ambito del Progetto di Fattibilità Tecnico-Economica dell'intervento denominato "Itinerario "Salerno-Potenza-Bari" – Adeguamento delle sedi esistenti e tratti di nuova realizzazione IV tratta da zona industriale Vaglio a svincolo S.P. Oppido S.S.96".

Il lavoro è stato svolto in ottemperanza alle Norme tecniche per le costruzioni (DM 17/01/2018).

Geologicamente, l'area in esame si suddivide in due principali comparti, nei quali affiorano, rispettivamente, formazioni geologiche marine di età compresa tra il Cretacico inferiore ed il Miocene e tra il Miocene ed il Pleistocene inferiore, alle quali, in entrambi i casi, si aggiungono depositi continentali di età compresa tra il Pleistocene medio-superiore e l'Olocene.

Da un punto di vista sismico, l'areale di progetto si inserisce in un contesto di medio-alta pericolosità.

Il presente studio è basato sugli esiti delle indagini geognostiche dirette e indirette eseguite nel corso della presente fase progettuale; in particolare, in ottemperanza alle NTC 2018, sono state eseguite numerose prospezioni geofisiche quali MASW e prove in foro di sondaggio tipo Down-Hole, finalizzate all'individuazione delle categorie di sottosuolo.

Inoltre, sono stati consultati gli esiti dello studio geologico condotto nel corso della presente fase ed in particolare gli elaborati elencati nella tabella seguente.

| ELABORATI GRAFICI |  |              |
|-------------------|--|--------------|
| Codice            | Titolo   | Scala        |
| T00GE01GEOCO01_C  | Carta Geologica e Strutturale di inquadramento           | 1:25.000     |
| T00GE01GEOCO02_C  | Carta Geomorfologica di inquadramento                    | 1:25.000     |
| T00GE01GEOCO03_C  | Carta Aree PAI   | 1:25.000     |
| T00GE01GEOCG01_C  | Carta geologica Tracciato selezionato - Tav. 1 di 6      | 1:5.000      |
| T00GE01GEOCG02_C  | Carta geologica Tracciato selezionato - Tav. 2 di 6      | 1:5.000      |
| T00GE01GEOCG03_C  | Carta geologica Tracciato selezionato - Tav. 3 di 6      | 1:5.000      |
| T00GE01GEOCG04_C  | Carta geologica Tracciato selezionato - Tav. 4 di 6      | 1:5.000      |
| T00GE01GEOCG05_C  | Carta geologica Tracciato selezionato - Tav. 5 di 6      | 1:5.000      |
| T00GE01GEOCG06_C  | Carta geologica Tracciato selezionato - Tav. 6 di 6      | 1:5.000      |
| T00GE06GEOCG01_C  | Carta geologica Alternative - Tav. 1 di 10               | 1:5.000      |
| T00GE06GEOCG02_C  | Carta geologica Alternative - Tav. 2 di 10               | 1:5.000      |
| T00GE06GEOCG03_C  | Carta geologica Alternative - Tav. 3 di 10               | 1:5.000      |
| T00GE06GEOCG04_C  | Carta geologica Alternative - Tav. 4 di 10               | 1:5.000      |
| T00GE06GEOCG05_C  | Carta geologica Alternative - Tav. 5 di 10               | 1:5.000      |
| T00GE06GEOCG06_C  | Carta geologica Alternative - Tav. 6 di 10               | 1:5.000      |
| T00GE06GEOCG07_C  | Carta geologica Alternative - Tav. 7 di 10               | 1:5.000      |
| T00GE06GEOCG08_C  | Carta geologica Alternative - Tav. 8 di 10               | 1:5.000      |
| T00GE06GEOCG09_C  | Carta geologica Alternative - Tav. 9 di 10               | 1:5.000      |
| T00GE06GEOCG10_C  | Carta geologica Alternative - Tav. 10 di 10              | 1:5.000      |
| T00GE04GEOFG01_C  | Profilo geologico - Tav. 1 di 4                          | 1:5.000/5000 |
| T00GE04GEOFG02_C  | Profilo geologico - Tav. 2 di 4                          | 1:5.000/5000 |
| T00GE04GEOFG03_C  | Profilo geologico - Tav. 3 di 4                          | 1:5.000/5000 |
| T00GE04GEOFG04_C  | Profilo geologico - Tav. 4 di 4                          | 1:5.000/5000 |
| T00GE05GEOSG01_C  | Sezioni geologiche                                       | 1:1.000      |
| T00GE02GEOCG01_C  | Carta geomorfologica Tracciato selezionato - Tav. 1 di 6 | 1:5.000      |
| T00GE02GEOCG02_C  | Carta geomorfologica Tracciato selezionato - Tav. 2 di 6 | 1:5.000      |
| T00GE02GEOCG03_C  | Carta geomorfologica Tracciato selezionato - Tav. 3 di 6 | 1:5.000      |
| T00GE02GEOCG04_C  | Carta geomorfologica Tracciato selezionato - Tav. 4 di 6 | 1:5.000      |
| T00GE02GEOCG05_C  | Carta geomorfologica Tracciato selezionato - Tav. 5 di 6 | 1:5.000      |

PROGETTAZIONE ATI:

| ELABORATI GRAFICI |  |          |
|-------------------|--|----------|
| Codice            | Titolo   | Scala    |
| T00GE02GEOCG06_C  | Carta geomorfologica Tracciato selezionato - Tav. 6 di 6             | 1:5.000  |
| T00GE07GEOCG01_C  | Carta geomorfologica Alternative - Tav. 1 di 10                      | 1:5.000  |
| T00GE07GEOCG02_C  | Carta geomorfologica Alternative - Tav. 2 di 10                      | 1:5.000  |
| T00GE07GEOCG03_C  | Carta geomorfologica Alternative - Tav. 3 di 10                      | 1:5.000  |
| T00GE07GEOCG04_C  | Carta geomorfologica Alternative - Tav. 4 di 10                      | 1:5.000  |
| T00GE07GEOCG05_C  | Carta geomorfologica Alternative - Tav. 5 di 10                      | 1:5.000  |
| T00GE07GEOCG06_C  | Carta geomorfologica Alternative - Tav. 6 di 10                      | 1:5.000  |
| T00GE07GEOCG07_C  | Carta geomorfologica Alternative - Tav. 7 di 10                      | 1:5.000  |
| T00GE07GEOCG08_C  | Carta geomorfologica Alternative - Tav. 8 di 10                      | 1:5.000  |
| T00GE07GEOCG09_C  | Carta geomorfologica Alternative - Tav. 9 di 10                      | 1:5.000  |
| T00GE07GEOCG10_C  | Carta geomorfologica Alternative - Tav. 10 di 10                     | 1:5.000  |
| T00GE08GEOCG01_C  | Carta idrogeologica Tracciato selezionato - Tav. 1 di 6              | 1:5.000  |
| T00GE08GEOCG02_C  | Carta idrogeologica Tracciato selezionato - Tav. 2 di 6              | 1:5.000  |
| T00GE08GEOCG03_C  | Carta idrogeologica Tracciato selezionato - Tav. 3 di 6              | 1:5.000  |
| T00GE08GEOCG04_C  | Carta idrogeologica Tracciato selezionato - Tav. 4 di 6              | 1:5.000  |
| T00GE08GEOCG05_C  | Carta idrogeologica Tracciato selezionato - Tav. 5 di 6              | 1:5.000  |
| T00GE08GEOCG06_C  | Carta idrogeologica Tracciato selezionato - Tav. 6 di 6              | 1:5.000  |
| T00GE03GEOCG01_C  | Carta idrogeologica Alternative - Tav. 1 di 10                       | 1:5.000  |
| T00GE03GEOCG02_C  | Carta idrogeologica Alternative - Tav. 2 di 10                       | 1:5.000  |
| T00GE03GEOCG03_C  | Carta idrogeologica Alternative - Tav. 3 di 10                       | 1:5.000  |
| T00GE03GEOCG04_C  | Carta idrogeologica Alternative - Tav. 4 di 10                       | 1:5.000  |
| T00GE03GEOCG05_C  | Carta idrogeologica Alternative - Tav. 5 di 10                       | 1:5.000  |
| T00GE03GEOCG06_C  | Carta idrogeologica Alternative - Tav. 6 di 10                       | 1:5.000  |
| T00GE03GEOCG07_C  | Carta idrogeologica Alternative - Tav. 7 di 10                       | 1:5.000  |
| T00GE03GEOCG08_C  | Carta idrogeologica Alternative - Tav. 8 di 10                       | 1:5.000  |
| T00GE03GEOCG09_C  | Carta idrogeologica Alternative - Tav. 9 di 10                       | 1:5.000  |
| T00GE03GEOCG10_C  | Carta idrogeologica Alternative - Tav. 10 di 10                      | 1:5.000  |
| T00GE06GETCS01_C  | Planimetria con classificazione sismica del territorio - Tav. 1 di 3 | 1:10.000 |
| T00GE06GETCS02_C  | Planimetria con classificazione sismica del territorio - Tav. 2 di 3 | 1:10.000 |
| T00GE06GETCS03_C  | Planimetria con classificazione sismica del territorio - Tav. 3 di 3 | 1:10.000 |

**Tabella 1-1 - Elaborati consultati e redatti nel corso della presente fase progettuale.**

## **2. RIFERIMENTI NORMATIVI**

- Decreto Ministero dei Lavori Pubblici n. 47 (11 marzo 1988) "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione".
- Circolare Min. LL.PP: 24 settembre 1988 n° 30483: "Istruzioni riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione".
- Eurocodice 8 – Indicazioni progettuali per la resistenza sismica delle strutture. Parte 5: Fondazioni, Strutture di contenimento ed Aspetti geotecnici (1998).
- Circolare Ministero Lavori Pubblici 24 settembre 1988 n.30483 "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione. Istruzioni per l'applicazione". (Pres. Cons. Superiore - Servizio Tecnico Centrale).
- Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri 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 (ordinanza n. 3274 – Allegati 1, 2 e 3);
- Delibera Consiglio Regionale n. 731 del 19 novembre 2003 "Prime disposizioni per l'attuazione della Ordinanza della Presidenza del Consiglio dei Ministri 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 la costruzione in zona sismica".
- Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al DM 14/01/2008 pubblicate sulla G.U. n° 29 del 04.02.2008.
- Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni" di cui al DM 14/01/2008. Circolare 02/02/2009 n° 617 C.S.LL.PP.
- O.P.C.M. 13/11/2010 n. 3907: "Contributi per gli interventi di prevenzione del rischio sismico";
- Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al DM 17/01/2018 pubblicate sul Supplemento ordinario alla "Gazzetta Ufficiale, n. 42 del 20 febbraio 2018.
- Circolare 21/01/2019, n.7 del C.S.LL.PP. - Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche per le costruzioni" di cui al DM 17/01/2018.

### 3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO

Da un punto di vista geologico-strutturale generale, il territorio in esame ricade nell'Appennino meridionale, più precisamente nel comparto noto come "Appennino Lucano", il quale risulta costituito da una pila di falde tettoniche, strutturate prevalentemente secondo una vergenza ENE. Tali falde tettoniche sono costituite da successioni sedimentarie di età compresa tra il Mesozoico ed il Pliocene, poggianti su una successione carbonatica riferibile al settore interno dell'Avampese apulo, non affiorante nell'area di studio; in particolare, si distinguono unità tettoniche di età meso-cenozoica, che si sono strutturate durante le fasi mioceniche della costruzione della catena appenninica ed unità plioceniche, deposte in bacini interni alla catena (bacini intrappenninici), deformati durante le fasi tettonogenetiche tardive nel corso del Pliocene e del Pleistocene.

Al fine raccogliere dettagliate informazioni circa la costituzione geologica dell'area in esame, è stato condotto un approfondito rilevamento di campagna attraverso il susseguirsi di diverse fasi, con lo scopo finale di identificare la natura litologica dei terreni affioranti ed i loro rapporti laterali e verticali, ovvero riconoscendo le diverse unità geologiche, nonché i loro limiti geologici.

In particolare, il lavoro è stato svolto seguendo una successione coordinata di diverse fasi propedeutiche, partendo da una preliminare raccolta del maggior numero di informazioni sull'area in esame, attraverso il reperimento di carte topografiche, carte geologiche e foto aeree. Parallelamente, sono state studiate numerose pubblicazioni scientifiche riferite al territorio di interesse e prima di procedere al rilevamento vero e proprio, si è preceduto con l'analisi fotointerpretativa, al fine di riconoscere i lineamenti principali e di ottenere indicazioni geolitologiche, dedotte dalla conformazione geomorfologica del territorio.

Complessivamente, il rilevamento geologico di campagna, al termine del quale è stata redatta la cartografia geologica, è stato condotto al fine di ricostruire i rapporti tra le formazioni geologiche individuate, nonché i loro limiti stratigrafici e tettonici. Inoltre, si è cercato di raccogliere il maggior numero di informazioni possibili, al fine di acquisire dati quali litologia, tessitura, stratificazione, grado di cementazione e rapporti giaciture.

Tutti i dati raccolti sono stati, poi, confrontati ed integrati con quelli scaturiti dalla campagna indagini eseguita.

Dunque, a seguito del rilevamento geologico di dettaglio e delle indagini geognostiche eseguite nelle diverse fasi, sono state individuate le formazioni geologiche affioranti nell'area in esame, con particolare attenzione a quelle affioranti lungo il tracciato stradale in progetto.

Per la nomenclatura delle formazioni e unità geologiche, si è fatto riferimento alla cartografia ufficiale CARG dell'ISPRA ed in particolare, ai Fogli 470 "Potenza" e 471 "Irsina"; le unità e formazioni geologiche rilevate sono descritte di seguito.

#### DEPOSITI CONTINENTALI QUATERNARI

##### UNITA' UBIQUITARIE

**Depositi di versante:** terreni eterometrici costituiti da clasti grossolani e blocchi a spigoli vivi, a luoghi cementati, immersi in una matrice sabbioso-limosa che localmente assumono un colore rossastro; lo spessore è di pochi metri. OLOCENE

**Depositi di frana:** detriti sciolti con giacitura caotica, da ghiaiosi ad argillosi, in dipendenza del tipo di movimento e della successione originaria coinvolta; il movimento franoso presenta indizi di evoluzione in atto. OLOCENE

**Depositi di frana:** detriti sciolti con giacitura caotica, da ghiaiosi ad argillosi, in dipendenza del tipo di movimento e della successione originaria coinvolta; il movimento franoso presenta indizi di evoluzione in atto. OLOCENE

**Depositi alluvionali attuali:** ghiaie e ghiaie sabbiose con lenti di sabbia e di limo, comprendono depositi di alveo e/o di golena, e depositi di conoide torrentizia attiva. Lo spessore complessivo è fino a qualche decina di metri. OLOCENE

**Depositi alluvionali recenti:** ghiaie e ghiaie sabbiose debolmente cementate, con lenti di sabbie e limi, oppure da sabbie limose con lenti ghiaiose, e da limi, localmente pedogenizzati. Si tratta di alluvioni incise, e/o terrazzate con superfici poste mediamente a + 8-10 m sul letto attuale; comprendono anche depositi di conoidi torrentizie inattive e incise. Gli spessori variano da pochi metri a qualche decina di metri. PLEISTOCENE SUP. (?) - OLOCENE

**Coltre eluvio-colluviale:** terreni bruni o bruno-nerastri sabbiosi e limosi con piccoli ciottoli di natura calcareo-marnoso-arenacea, frammentati a depositi piroclastici rimaneggiati e pedogenizzati. Gli spessori sono generalmente di pochi metri. PLEISTOCENE SUP. (?) - OLOCENE

#### **SUPERSINTEMA DEL FIUME BRADANO**

**Sintema di Pezza Chiarella:** depositi sabbioso-conglomeratici e conglomeratici, spesso ascrivibili a lembi di conoide, affioranti tra 218 e 384 m s.l.m.; lo spessore è dell'ordine di 10m. PLEISTOCENE MEDIO - SUP.

**Sintema di Torre d'Oppido:** si rinviene da quota 265 a quota 443 metri s.l.m. e si riferisce sia a depositi fluviali attribuibili a piane braided, che depositi di conoide alluvionale; questi depositi, significativamente antropizzati per motivi agricoli, presentano spessori massimi residui non superiori a 15m; si riconoscono depositi da conglomeratici e conglomeratico-sabbiosi a sabbioso-conglomeratici e siltoso-sabbiosi. PLEISTOCENE MEDIO - SUP.

**Sintema di Piani la Colonna:** si rinviene da quota 315 a quota 380 metri s.l.m., e ad esso vengono attribuiti sia depositi fluviali riferibili a piane braided che depositi di conoide alluvionale, quasi tutti subaffioranti e frequentemente antropizzati e con spessori massimi osservabili di circa 10 metri. Si tratta prevalentemente di depositi conglomeratici e conglomeratico-sabbiosi nelle aree più elevate, e di depositi sabbioso-conglomeratici e siltoso-sabbiosi nelle aree meno elevate.. PLEISTOCENE MEDIO - SUP.

#### **DEPOSITI MARINI PLIOCENICI E QUATERNARI**

##### **UNITA' DELLA FOSSA BRADANICA**

**Argille subappennine:** argille siltose, silt argillosi e, a luoghi, da silt sabbiosi di colore grigio-azzurro, con intercalazioni sabbiose o, più raramente, conglomeratiche. L'assetto è sostanzialmente monoclinale con immersione prevalente degli strati verso NE e inclinazioni variabili da suborizzontali fino a un massimo di circa 10°-15°. Solo in corrispondenza di alcuni lineamenti tettonici si osserva un andamento differente, con immersioni a NO o verso i quadranti meridionali. EMILIANO

##### **UNITA' DEI BACINI PLIOCENICI INTRAPPENINICI - UNITA' DEL BACINO DI POTENZA TRICARICO - SUPERSINTEMA DI ARIANO IRPINO**

**Sintema di Tolve-Subsintema di Acerenza:** comprende due litofacies caratterizzate da rapporti parzialmente eteropici. Alla base si rinvengono generalmente facies sabbioso-arenacee-conglomeratiche (TLV2a), cui segue una porzione pelitica formata da argille-siltose (TLV2b) parzialmente eteropica. Spessore medio di 500m. PLIOCENE MEDIO - SUP.

**Subsintema di Potenza:** tale subsintema dallo spessore totale di 500m a 800m, nell'area di studio è rappresentato dalla litofacies conglomeratico-sabbiosa (TLV1a), costituita da conglomerati poligenici in strati e banchi. PLIOCENE MEDIO

**Sintema di Tricarico:** è rappresentato da una sequenza deposizionale, nella quale si distinguono depositi arenaceo-conglomeratici (TCRa), per uno spessore totale di circa 50 metri e argille siltoso-sabbiose con intercalazioni arenacee (TCRb), per uno spessore totale di circa 100 metri. PLIOCENE INF.

##### **UNITA' TETTONICHE DELLA CATENA APPENNINICA**

##### **UNITA' TETTONICA MONTE ARIOSO**

**Flysh numidico:** quarzoareniti torbiditiche di colore grigio o giallo arancio a cemento siliceo, in strati e banchi, con granuli di quarzo arrotondato a grana media e grossa, e quarzosiltiti con, a

luoghi, subordinate intercalazioni marnoso-argillose e calcareo-marnose. Spessore inferiore ai 100m. BURDIGALIANO SUP.-LANGHIANO **Flysch Rosso ("interno" Auct.):** alternanza di calcareniti torbiditiche bioclastiche grigie e biancastre, calcilutiti e calcari marnosi bianchi e rosati, spesso bioturbati, con stratificazione sottile e tabulare, argille, argilliti marnose e marne di colore rosso, grigio e verde, talora parzialmente silicizzate e lenti di calciruditi bioclastiche. CRETACICO SUP.-MIOCENE INF.

**Flysch galestrino:** alternanze, in strati sottili, di spessore variabile da qualche centimetro a pochi decimetri, di calcilutiti e calcisiltiti grigie e giallastre, marne calcaree e silicifere con radiolari e spicole di spugne, argilliti silicee fogliettate a frattura prismatica nere, grigie e verdastre e rare calcareniti. Nella porzione inferiore della formazione si rinviene una facies calcareo-pelitica silicizzata (FYGa) costituita da un'alternanza di marne silicee, argilliti con fratturazione aciculare grigio-scure, violacee, verdastre, completamente silicizzate e di calcilutiti grigie e giallastre. Spessore di 300-400m. CRETACICO INF.

#### UNITA' TETTONICA GROPPA D'ANZI

**Flysh numidico:** quarzoareniti e quarzosiltiti torbiditiche in strati e banchi di colore grigio o giallo arancio, con granuli di quarzo arrotondato a grana media e grossa a cemento siliceo, a luoghi con subordinate intercalazioni marnoso-argillose e calcareo-marnose. Spessore di 200-350m. BURDIGALIANO SUP.-LANGHIANO

**Formazione di Paola Doce:** la formazione è costituita da una successione arenaceo-argilloso-calcareo spessa circa 600 m di età Oligocenica, i cui caratteri litostratigrafici sono molto variabili sia verticalmente sia lateralmente; sono presenti prevalenti litofacies arenacee (PDOb). OLIGOCENE SUP.

**Formazione di Corleto-Perticara:** è formata da alternanze di strati e banchi di marne calcaree, calcari marnosi, calcilutiti massive o con laminazione piano-parallela e ondulata di colore grigio chiaro, , rare calcareniti biancastre a grana fine, e marne ed argille marnoso-siltose bruno-grigiastre con rari e sottili livelli siltoso-arenacei; si distingue una litofacies arenaceo-marnosa CPAa, che costituisce generalmente la parte superiore della formazione. Spessore di 250m. EOCENE-MIOCENE INF.

**Gruppo delle Argille Variegata:** argille, argilliti marnose, marne silicifere ed argille marnoso-siltose generalmente grigie e talora policrome con intercalazioni in strati e banchi di marne calcaree, calcilutiti e calcareniti torbiditiche bioclastiche con alveoline, nummuliti, frammenti di lamellibranchi, gasteropodi e alghe, e talora con selce e diaspri; verso l'falto si intercalano rari livelli di quarzareniti e di areniti arcose e tuffitiche. I litotipi calcarei si presentano variamente silicizzati ed alterati. Spessore di 100-400m. CRETACICO SUP.-MIOCENE INF.

**Flysch galestrino:** alternanze in strati sottili di calcilutiti e calcisiltiti grigie e giallastre localmente silicizzate, calcari marnosi silicei, marne calcaree e marne silicifere a frattura concoide con radiolari e spicole di spugne, argilliti silicee a frattura prismatica grigio-verdastre od ocracee se alterate, e rare calcareniti. Spessore di 200-350m. CRETACICO INF.

#### UNITA' TETTONICA VAGLIO BASILICATA

**Flysh numidico:** successione, potente almeno 400 m, composta di quarzareniti a grana grossa e micro-quarzoruditi massive malstratificate con intervalli di quarzareniti gradate intercalate ad argille grigio chiare e gialline. BURDIGALIANO SUP.-LANGHIANO

**Flysch Rosso ("esterno" Auct):** è costituita da alternanza di argille, argilliti marnose e marne di colore rosso, grigio e verde, talora parzialmente silicizzate, con subordinate intercalazioni di calcilutiti e calcari marnosi bianchi e rosati, spesso bioturbati, e calcareniti torbiditiche bioclastiche grigie e biancastre o rosate con stratificazione sottile e tabulare; alla base sono presenti sottili livelli di radiolariti, argille marnose talora silicizzate rosse e brune. Si sono riconosciute due litofacies (FYRa calcareo-clastica e FYRb pelitica), che presentano uno spessore complessivo di 450m, mentre alla base si presenta il membro diasprigno (FYR1) CRETACICO INF.-MIOCENE INF.

**Flysch galestrino:** alternanze in strati sottili di argilliti silicee grigie a frattura prismatica, marne silicifere grigio-azzurre, o se alterate, di colore ocraceo a frattura concoide con radiolari e spicole di

spugne, in strati da centimetrici a decimetrici, calcilutiti grigie o nerastre in strati centimetrici, calcisiltiti e calcari siliciferi, in strati decimetrici. Spessori di 200-350m. CRETACICO INF.

#### **UNITA' TETTONICA SAN CHIRICO**

**Formazione di Serra Palazzo:** successioni torbiditiche, nell'ambito delle quali sono stati distinti due membri. Il membro di Vallone Forluso (PAA2), dallo spessore di 500-800m, è costituito da alternanze di arenarie torbiditiche arcose e quarzoso-feldspatiche, talora poco cementate, con intercalazioni di siltiti, argille siltose, marne, e rari livelli di calcareniti e areniti ibride. Il membro di Pantano dei Gamberi (PAA3), dallo spessore di 400m è costituito da un'alternanza di torbiditi a grana fine, sia a composizione silicoclastica che calciclastica (al 50% circa), a cui si intercalano calcilutiti, marne siltose e marne calcaree. LANGHIANO SUP.-SERRAVALLIANO SUP.

**Flysh numidico:** quarzareniti di colore grigio, o giallo arancio, con granuli di quarzo arrotondato a grana media e grossa e con cemento siliceo, in strati e banchi a luoghi con subordinate intercalazioni marnoso-argillose e/o calcareo-marnose. Spessore di 300-400m. BURDIGALIANO SUP.-LANGHIANO.

PROGETTAZIONE ATI:



**Figura 3-1 - Stralcio cartografia geologica ufficiale CARG dell'ISPRA, ottenuto dall'unione dei fogli 470 "Potenza" e 471 "Irsina", con riportate le alternative di tracciato oggetto di studio.**

Così come si evince dalla figura precedente e dalla cartografia geologica redatta a supporto del presente studio, l'area in esame si suddivide in due principali comparti, nei quali affiorano, rispettivamente, formazioni geologiche marine di età compresa tra il Cretacico inferiore ed il Miocene e tra il Miocene ed il Pleistocene inferiore, alle quali, in entrambi i casi, si aggiungono depositi continentali di età compresa tra il Pleistocene medio-superiore e l'Olocene.

In particolare, il settore meridionale, coincidente con il territorio compreso tra i centri abitati di Brindisi di Montagna e Tolve, in cui si sviluppa la prima parte del tracciato di nuova realizzazione, vede la presenza di tre Unità Tettoniche denominate "Monte Arioso", "Groppa d'Anzi" e "Vaglio Basilicata", costituite da dominanti litotipi flyshoidi, ascrivibili alle formazioni del "Flysch Rosso" e

PROGETTAZIONE ATI:

del "Flysch di Galestrino", cui si aggiungono minori lembi di "Flysch Numidico". Da un punto di vista litologico, si ha a che fare in parte con successioni flyschoidi costituite da abbondanti litotipi argillitici, ascrivibili al "Flysch di Galestrino" ed al "Flysch Rosso esterno", in parte con successioni caratterizzate anche da una importante frazione arenacea e calcareo-marnosa, riferibili al "Flysch Rosso interno" ed al "Flysch Numidico", con quest'ultimo costituito da prevalenti litotipi arenacei. Unicamente nell'estremo comparto più meridionale, l'Unità Tettonica di Groppa d'Anzi vede la presenza dei depositi argillitici del "Gruppo delle Argille Variegata", dei litotipi arenaceo-marnosi e calcareo marnosi della "Formazione di Corleto Porticara" e delle arenarie della "Formazione di Paola Doce".

Nell'area in cui si sviluppa la parte settentrionale del tracciato di nuova realizzazione, nei pressi dell'abitato di Tolve, sono riconoscibili due principali comparti, il più a sud dei quali è caratterizzato sia dall'Unità Tettonica di San Chirico, sia dall'Unità dei Bacini Pliocenici Intrappenninici – Unità del Bacino Potenza Tricarico. Nel primo caso, si ha a che fare con i prevalenti litotipi torbiditici arenacei, con intercalazioni siltoso-argillose, marnose e calcarenitiche della "Formazione di Serra Palazzo", cui si aggiungono le quarzareniti del "Flysch Numidico"; per quanto riguarda i depositi pliocenici, sono presenti prevalentemente le due litofacies del "Sintema di Tolve - Subsintema di Acerenza", rispettivamente, sabbioso-arenaceo-conglomeratica ed argilloso-siltosa. Si aggiungono, inoltre, lembi conglomeratico-sabbiosi del "Subsintema di Potenza" e arenaceo-conglomeratici del "Sintema di Tricarico", con quest'ultimo rappresentato anche da scarsi affioramenti argilloso-siltoso-sabbiosi.

Procedendo ulteriormente verso nord, nel tratto di adeguamento della SP123, l'area si chiude con i depositi marini dell'Unità della Fossa Bradanica, rappresentati dai dominanti litotipi argilloso-siltosi delle "Argille subappennine", diffusamente ricoperte da antichi depositi alluvionali terrazzati del "Supersintema del Fiume Bradano", affioranti da circa 250m fino ad oltre 400m di quota e riuniti nei sintemi di "Torre d'Oppido" e "Piani la Colonna".

Infine, nell'intera area di studio, le formazioni descritte sono ricoperte nelle aree di fondovalle dai "Depositi alluvionali attuali" e dai "Depositi alluvionali recenti", mentre lungo i rilievi da "Depositi di versante", "Depositi di frana", "Depositi di frana antica" e "Coltri eluvio-colluviali".

Per quanto riguarda l'assetto strutturale dell'intera area, quest'ultima comprende il bordo esterno dell'orogene appenninico a cavallo fra il dominio di catena e quello di avanfossa. In particolare, il dominio di catena, il quale presenta un assetto strutturale particolarmente complesso legato a tettonica polifasica miocenico-quadernaria, in linea generale, può essere descritto come un sistema di *thrust* e pieghe adriatico-vergenti di età neogenico-quadernaria, complicato da strutture trascorrenti e distensive plio-pleistoceniche (dirette sia in direzione appenninica che anti-appenninica). Nell'ambito di tale settore di transizione sono state distinte due unità tettoniche geometricamente sovrapposte, delle quali quella interna, in posizione geometrica superiore, è rappresentata dall'Unità Tettonica di Vaglio di Basilicata, mentre l'unità più esterna, geometricamente sottostante, è rappresentata dall'Unità Tettonica di San Chirico. Il limite tra le due unità è rappresentato da un fronte di sovrascorrimento di importanza regionale non più antico del Pliocene superiore. Il settore di catena, inoltre, è dislocato trasversalmente da più faglie dirette e/o transtensive, prevalentemente con componente trascorrente destra, che si sviluppano in direzione SO-NE. Passando al dominio di avanfossa, quest'ultimo comprende parte del settore occidentale della Fossa Bradanica e presenta un generale assetto tabulare, ovvero monoclinale con inclinazioni massime di pochi gradi (in genere verso NE), mentre solo localmente si osservano faglie subverticali.

## 4. INDAGINI

### 4.1. INDAGINI PREGRESSE

L'areale di progetto risulta essere stato indagato dal punto di vista geognostico in progettazioni e studi specialistici pregressi che sono stati ritenuti un valido supporto alla definizione della ricostruzione delle caratteristiche geologiche, geomorfologiche ed idrogeologiche del modello geologico di riferimento associato alle alternative di tracciato e con particolare riferimento a quello selezionato come progettuale.

In tal senso sono stati consultate le risultanze delle indagini disponibili e afferenti alla Progettazione Preliminare ANAS inerente "INFRASTRUTTURA STRATEGICA SALERNO-POTENZA-BARI - TRATTA COMPRESA TRA LA S.S.407 (BIVIO VAGLIO ISCA D'ECCLESIA) E LA VARIANTE DI ALTAMURA (S.S.96-S.S.99), realizzata nel 2007.

Ulteriori indagini ed informazioni sono state attinte da alcuni studi geologici – geomorfologici condotti recentemente e per conto del Comune di Tolve, datati Ottobre 2018 ed inerenti gli "Interventi di ripristino della viabilità comunale nei tratti denominati Tre Ponti - Pozzillo e Tre Ponti - Pazzano, quale collegamento tra la S.P. n.123 e la S.S. n.407 Basentana" redatti dal Dott. Geol. Antonio De Carlo, da cui sono state ritenute valide per l'individuazione e perimetrazione di diversi dissesti gravitativi potenzialmente interferenti con i tracciati considerati.

### 4.2. INDAGINI ESEGUITE PER LA PRESENTA FASE PROGETTUALE

Le indagini eseguite per la presente fase progettuale sono state finalizzate ad ottenere un quadro conoscitivo esaustivo, riguardante il modello geologico, idrogeologico, geotecnico e sismico, ovvero tutte le informazioni necessarie a determinare il comportamento dei terreni su cui si svilupperà il tracciato stradale prescelto, con particolare riguardo alle opere d'arte maggiori.

La campagna di indagini geognostiche è stata definita a valle di specifici sopralluoghi, in modo da ottemperare alle specifiche di Capitolato, verificare il quadro informativo disponibile ed approfondire gli studi relativamente a quelle aree e/o aspetti che nella precedente fase progettuale evidenziavano le maggiori difficoltà o lacune interpretative; infatti, le indagini sono state finalizzate ad ottenere un quadro conoscitivo esaustivo, riguardante il modello geologico, idrogeologico, geotecnico e sismico, ovvero tutte le informazioni necessarie a determinare il comportamento dei terreni su cui si svilupperà il tracciato ferroviario in progetto.

La campagna di indagini è consistita in:

- n. 10 sondaggi geognostici, con esecuzione di prove in foro e prelievo di campioni per l'esecuzione di prove di laboratorio;
- n. 6 installazioni di piezometri;
- n. 2 installazioni di tubi inclinometrici;
- n. 10 tomografie sismiche a rifrazione (n. 9 eseguite sull' alternativa di tracciato selezionata e n. 1 realizzata sull'alternativa di tracciato n."1.2");
- n. 12 prospezioni geofisiche MASW rifrazione (n. 10 eseguite sulla alternativa di tracciato selezionata e n. 2 realizzate sulle alternative di tracciato n."1.2" e n."2");
- n. 6 tomografie geoelettriche (n. 4 eseguite sull' alternativa di tracciato selezionata e n. 2 realizzata sull'alternativa di tracciato n."1");
- n. 2 prospezioni geofisiche in foro di sondaggio di tipo *down-hole*;
- n. 9 prove penetrometriche superpesanti di tipo DPSH;
- n. 7 pozzetti esplorativi.

I risultati ottenuti e le modalità esecutive sono dettagliatamente riportati nell'elaborato "Relazione sulle indagini geologiche e geotecniche" (T00GE00GEORE04\_B); per l'ubicazione dei singoli punti d'indagine si rimanda agli elaborati tematici redatti nell'attuale fase di progettazione'.

PROGETTAZIONE ATI:

La campagna di indagini è consistita innanzitutto nell'esecuzione di n.10 fori di sondaggio a carotaggio continuo, di profondità compresa tra 25m e 94m, per un totale di 384m. Tali sondaggi sono stati finalizzati alla ricostruzione dell'assetto geologico-stratigrafico-strutturale ed alla determinazione delle caratteristiche geotecniche dei terreni. Infatti, nel corso delle perforazioni sono state eseguite prove in foro fra cui: n. 20 prove penetrometriche standard tipo SPT (Standard Penetration Test) e n.2 prova di permeabilità di tipo Lefranc (LF).

Si è, inoltre, provveduto al prelievo di campioni geotecnici tra i quali n.17 indisturbati, n.18 semindisturbati e n.2 rimaneggiati, sottoposti ad analisi di laboratorio finalizzate alla caratterizzazione fisica e meccanica dei terreni e di n.8 campioni sottoposti ad analisi ambientali.

Infine, l'installazione dei piezometri ha consentito già nella presente fase progettuale di avere informazioni inerenti le profondità piezometriche, mentre per avere informazioni significative dagli inclinometri bisognerà attendere almeno la prossima fase progettuale o comunque, una volta in possesso di misurazioni relative ad un intero ciclo annuale.

Le caratteristiche tecniche dei sondaggi, nonché delle indagini in generale realizzate durante la presente campagna sono riassunte nella tabella seguente;

PROGETTAZIONE ATI:

| SCHEDA SINTETICA DELLE INDAGINI             |        |                            |                          |                                |     |     |               |              |                       |              |         |  |     |                 |       |       |      |     |      |               |      |             |     |          |     |                      |    |   |   |
|---|--------|----------------------------|--------------------------|--------------------------------|-----|-----|---------------|--------------|-----------------------|--------------|---------|--|-----|-----------------|-------|-------|------|-----|------|---------------|------|-------------|-----|----------|-----|----------------------|----|---|---|
| Riferimento di progetto                     |        | Sigla<br>Indagine proposta | Ubicazione<br>(Prog. km) | Sondaggi a carotaggio continuo |     |     |               |              |                       |              |         |  |     | Dist.<br>Nucleo | Piez. | Incl. | DPSH |     | DH   | Rifraz onde P |      | Geolettrica |     | MAS<br>W |     | Pozzetti geognostici |    | Prelevo<br>campioni di<br>terreno<br>ambientali | Prelevo<br>campioni di<br>acqua<br>ambientali |
|   |        |                            |                          | n°                             | ml. | SPT | camp.<br>ind. | camp.<br>Csi | camp.<br>rim.<br>lap. | Prove<br>MPM | Lefranc | Rilevo<br>GAS in<br>foro di<br>sondaggio | ml. |                 |       |       | ml.  | ml. |      | n.            | ml   | ml.         | n°  | ml.      | n°  | ml.                  | n° |   |   |
| Viadotto Vallone<br>Tricarico<br>(L=1860 m) | S02dh  | 0+211                      | 1                        | 35                             | 3   | 3   |               |              |                       |              |         |  |     |                 |       |       |      | 35  |      |               |      |             |     |          |     |                      | 2  |   |   |
|   | MW01   | 0+530                      |                          |                                |     |     |               |              |                       |              |         |  |     |                 |       |       |      |     |      |               | 1    |             |     |          |     |                      |    |   |   |
|   | S03pz  | 0+650                      | 1                        | 30                             | 3   | 1   | 3             |              |                       |              |         |  |     |                 |       |       |      |     | 30   |               |      |             |     |          |     |                      | 3  | 1   |   |
|   | SR01   | 1+050                      |                          |                                |     |     |               |              |                       |              |         |  |     |                 |       |       |      |     |      |               | 1    | 170         |     |          |     |                      |    |   |   |
|   | SR02   | 1+750                      |                          |                                |     |     |               |              |                       |              |         |  |     |                 |       |       |      |     |      |               | 1    | 240         |     |          |     |                      |    |   |   |
| Galleria artificiale                        | DPSH01 | 1+940                      |                          |                                |     |     |               |              |                       |              |         |  |     | 1               | 11,8  |       |      |     |      |               |      |             |     |          |     |                      |    |   |   |
| Galleria<br>artificiale/Trincea             | MW02   | 1+964                      |                          |                                |     |     |               |              |                       |              |         |  |     |                 |       |       |      |     |      |               | 1    |             |     |          |     |                      |    |   |   |
| Trincea                                     | S05pz  | 2+076                      | 1                        | 30                             | 2   |     | 4             | 1            |                       |              |         |  |     |                 |       |       |      |     | 30   |               |      |             |     |          |     |                      | 3  |   |   |
| Trincea/Rilevato                            | TE-01  | 2+219                      |                          |                                |     |     |               |              |                       |              |         |  |     |                 |       |       |      |     |      |               |      | 1           | 150 |          |     |                      |    |   |   |
| Trincea/Rilevato                            | DPSH02 | 2+325                      |                          |                                |     |     |               |              |                       |              |         |  |     | 1               | 11,2  |       |      |     |      |               |      |             |     |          |     |                      |    |   |   |
| Rilevato/Frana                              | TE-02  | 2+551                      |                          |                                |     |     |               |              |                       |              |         |  |     |                 |       |       |      |     |      |               |      | 1           | 150 |          |     |                      |    |   |   |
| Rilevato/Frana                              | DPSH03 | 2+552                      |                          |                                |     |     |               |              |                       |              |         |  |     | 1               | 14    |       |      |     |      |               |      |             |     |          |     |                      |    |   |   |
| Trincea                                     | MW03   | 2+873                      |                          |                                |     |     |               |              |                       |              |         |  |     |                 |       |       |      |     |      |               |      | 1           |     |          |     |                      |    |   |   |
| Galleria Naturale<br>Valico Pazzano         | MW014  | 3+360                      |                          |                                |     |     |               |              |                       |              |         |  |     |                 |       |       |      |     |      |               |      | 1           |     |          |     |                      |    |   |   |
|   | SR09   | 3+400                      |                          |                                |     |     |               |              |                       |              |         |  |     |                 |       |       |      |     |      |               |      |             |     |          |     |                      |    |   |   |
|   | S08pz  | 4+711                      | 1                        | 19                             |     | 3   |               |              |                       |              |         |  |     | 75              | 94    |       |      |     |      |               |      |             |     |          |     |                      | 2  |   |   |
|   | S09pz  | 6+062                      | 1                        | 45                             | 1   | 3   |               |              |                       |              |         |  |     |                 | 45    |       |      |     |      |               |      |             |     |          |     |                      | 3  | 1   |   |
| Paratie/Galleria<br>Artificiale             | TE03   | 6+330                      |                          |                                |     |     |               |              |                       |              |         |  |     |                 |       |       |      |     |      |               | 1    | 200         |     |          |     |                      |    |   |   |
|   | SR08   | 6+400                      |                          |                                |     |     |               |              |                       |              |         |  |     |                 |       |       |      |     |      |               |      | 1           | 120 |          |     |                      |    |   |   |
| Trincea                                     | DPSH04 | 6+670                      |                          |                                |     |     |               |              |                       |              |         |  |     | 1               | 8,2   |       |      |     |      |               |      |             |     |          |     |                      |    |   |   |
| Viadotto Vallone<br>Cerro                   | S11pz  | 6+886                      | 1                        | 30                             | 2   | 2   | 2             |              |                       |              |         |  |     |                 | 30    |       |      |     |      |               |      |             |     |          |     |                      | 3  | 1   |   |
|   | S12dh  | 7+099                      | 1                        | 35                             | 2   | 3   |               |              |                       |              |         |  |     |                 |       |       |      |     |      |               |      |             |     |          |     |                      |    |   |   |
| Rilevato                                    | Pz02   | 7+710                      |                          |                                |     |     |               |              |                       |              |         |  |     |                 |       |       |      |     |      |               |      |             | 1   | 2        | 2   | 2                    | 2  | 2   |   |
| Rilevato                                    | Pz03   | 8+291                      |                          |                                |     |     |               |              |                       |              |         |  |     |                 |       |       |      |     |      |               |      |             | 1   | 2        | 2   | 2                    | 2  | 2   |   |
| Viadotto Torrente<br>Castagno               | S14in  | 8+484                      | 1                        | 30                             | 1   | 4   |               |              |                       |              |         |  |     |                 | 30    |       |      |     |      |               |      |             |     |          |     |                      | 2  |   |   |
|   | S15pz  | 8+965                      | 1                        | 25                             | 3   |     | 3             | 1            |                       | 2            |         |  |     |                 | 25    |       |      |     |      |               |      |             |     |          |     |                      |    |   |   |
|   | MW13   | 8+965                      |                          |                                |     |     |               |              |                       |              |         |  |     |                 |       |       |      |     |      |               |      | 1           |     |          |     |                      |    |   |   |
|   | S16in  | 9+101                      | 1                        | 30                             | 3   | 1   | 4             |              |                       |              |         |  |     |                 | 30    |       |      |     |      |               |      |             |     |          |     |                      | 3  |   |   |
|   | MW05   | 9+101                      |                          |                                |     |     |               |              |                       |              |         |  |     |                 |       |       |      |     |      |               |      |             | 1   |          |     |                      |    |   |   |
|   | SR03   | 9+500                      |                          |                                |     |     |               |              |                       |              |         |  |     |                 |       |       |      |     |      |               |      |             |     |          |     |                      |    |   |   |
| Viadotto<br>Mezzanelle                      | SR10   | 9+850                      |                          |                                |     |     |               |              |                       |              |         |  |     |                 |       |       |      |     |      |               |      |             |     |          |     |                      |    |   |   |
|   | MASW   | 9+850                      |                          |                                |     |     |               |              |                       |              |         |  |     |                 |       |       |      |     |      |               |      |             | 1   |          |     |                      |    |   |   |
| Rilevato                                    | Pz04   | 10+369                     |                          |                                |     |     |               |              |                       |              |         |  |     |                 |       |       |      |     |      |               |      |             | 1   | 2        | 1   | 1                    | 1  | 1   |   |
| Rilevato                                    | Pz05   | 10+650                     |                          |                                |     |     |               |              |                       |              |         |  |     |                 |       |       |      |     |      |               |      |             | 1   | 2        | 1   | 1                    | 1  | 1   |   |
| Trincea                                     | DPSH05 | 11+400                     |                          |                                |     |     |               |              |                       |              |         |  |     | 1               | 8     |       |      |     |      |               |      |             |     |          |     |                      |    |   |   |
| Trincea                                     | MW06   | 11+420                     |                          |                                |     |     |               |              |                       |              |         |  |     |                 |       |       |      |     |      |               |      | 1           |     |          |     |                      |    |   |   |
| Rilevato                                    | Pz06   | 12+050                     |                          |                                |     |     |               |              |                       |              |         |  |     |                 |       |       |      |     |      |               |      |             | 1   | 2        | 1   | 1                    | 1  | 1   |   |
| Trincea                                     | DPSH06 | 12+170                     |                          |                                |     |     |               |              |                       |              |         |  |     | 1               | 6,2   |       |      |     |      |               |      |             |     | 1        | 2   | 1                    | 1  | 1   |   |
| Trincea                                     | DPSH07 | 12+413                     |                          |                                |     |     |               |              |                       |              |         |  |     | 1               | 10,4  |       |      |     |      |               |      |             |     |          |     |                      |    |   |   |
| Viadotto Girifuolo<br>(esistente)           | SR04   | 13+310                     |                          |                                |     |     |               |              |                       |              |         |  |     |                 |       |       |      |     |      |               |      |             |     |          |     |                      |    |   |   |
|   | MASW   | 13+310                     |                          |                                |     |     |               |              |                       |              |         |  |     |                 |       |       |      |     |      |               |      |             | 1   |          |     |                      |    |   |   |
|   | SR05   | 13+475                     |                          |                                |     |     |               |              |                       |              |         |  |     |                 |       |       |      |     |      |               |      |             |     |          |     |                      |    |   |   |
| Galleria artificiale<br>esistente           | DPSH08 | 13+800                     |                          |                                |     |     |               |              |                       |              |         |  |     | 1               | 8,2   |       |      |     |      |               |      |             |     |          |     |                      |    |   |   |
|   | MASW12 | 13+820                     |                          |                                |     |     |               |              |                       |              |         |  |     |                 |       |       |      |     |      |               |      |             | 1   |          |     |                      |    |   |   |
| Rilevato                                    | Pz08   | 16+048                     |                          |                                |     |     |               |              |                       |              |         |  |     |                 |       |       |      |     |      |               |      |             | 1   | 2        | 1   | 1                    | 1  | 1   |   |
| Rilevato                                    | Pz10   | 17+950                     |                          |                                |     |     |               |              |                       |              |         |  |     |                 |       |       |      |     |      |               |      |             | 1   | 2        | 2   | 2                    | 2  | 2   |   |
| Galleria Bosco Le<br>Piane                  | TE04   | 2+600                      |                          |                                |     |     |               |              |                       |              |         |  |     |                 |       |       |      |     |      |               |      |             | 1   | 200      |     |                      |    |   |   |
|   | TE05   | 3+800                      |                          |                                |     |     |               |              |                       |              |         |  |     |                 |       |       |      |     |      |               |      |             | 1   | 200      |     |                      |    |   |   |
| Viadotto Fiumara di<br>Tolve                | TE09   | 11+350                     |                          |                                |     |     |               |              |                       |              |         |  |     |                 |       |       |      |     |      |               |      |             | 1   | 200      |     |                      |    |   |   |
|   | MW-R09 | 11+400                     |                          |                                |     |     |               |              |                       |              |         |  |     |                 |       |       |      |     |      |               |      |             |     | 1        |     |                      |    |   |   |
| Viadotto Ferrovia                           | TE11   | 1+255                      |                          |                                |     |     |               |              |                       |              |         |  |     |                 |       |       |      |     |      |               |      |             |     | 1        | 200 |                      |    |   |   |
|   | MW11   | 1+116                      |                          |                                |     |     |               |              |                       |              |         |  |     |                 |       |       |      |     |      |               |      |             |     |          | 1   |                      |    |   |   |
| <b>TOTALE</b>                               |        | 46                         |                          |                                |     |     |               |              |                       |              |         |  |     |                 |       |       |      |     |      |               |      |             |     |          |     |                      |    |   |   |
|   |        |                            | 10                       | 309                            | 20  | 20  | 16            | 2            | 0                     | 4            | 0       | 75                                       | 254 | 60              | 9     | 91    | 70   | 9   | 1196 | 7             | 1300 | 12          | 7   | 14       | 10  | 10                   | 31 | 3   |   |
|   |        |                            |                          |                                |     |     |               |              |                       | 3            | 0       | 1  | 6   | 2               | 9     | 9     | 2    | 9   | 9    | 7             | 7    | 12          | 7   | 7        | 7   | 7                    | 15 | 3   |   |

PROGETTAZIONE ATI:

Le informazioni litostratigrafiche ricavate dai sondaggi sono state integrate attraverso l'esecuzione di:

- ✓ n.9 prove penetrometriche dinamiche continue superpesanti (DPSH), finalizzate alla ricostruzione del profilo litostratigrafico ed alla determinazione delle caratteristiche geotecniche dei terreni ed al reperimento di eventuali accumuli idrici superficiali.
- ✓ n.10 pozzetti esplorativi, i quali hanno consentito di verificare in dettaglio la stratigrafia degli orizzonti più superficiali di terreno, nonché lo spessore del terreno vegetale e l'eventuale presenza di falda freatica superficiale.

Inoltre, in corrispondenza di ciascun pozzetto:

- sono state eseguite prove di carico su piastra, attraverso le quali è stato possibile risalire al "modulo di compressibilità" dei terreni e ricostruire i cedimenti corrispondenti all'intervallo di carico prescelto, al fine di ottenere importanti informazioni utili per la progettazione dei rilevati; in particolare, le prove di carico su piastra sono state eseguite in conformità alla norma CNR "Determinazione dei moduli di deformazione Md e M'd mediante prova di carico a doppio ciclo con piastra circolare"(pubblicata sul Bollettino Ufficiale del CNR - Norme Tecniche Anno XXVI - N. 146).
- sono stati prelevati campioni rimaneggiati sottoposti ad analisi di laboratorio ai fini della classificazione CNR UNI 10006.

Passando alle indagini geofisiche, sono state eseguite:

- n. 10 tomografie sismiche a rifrazione;
- n. 12 prospezioni geofisiche MASW;
- n. 6 tomografie geoelettriche;
- n. 2 prospezioni geofisiche *down-hole*;

Complessivamente, le tomografie sismiche a rifrazione e le tomografie geoelettriche sono state finalizzate:

- alla ricostruzione dei rapporti latero-verticali tra le unità geologiche, ovvero del profilo litostratigrafico;
- alla ricostruzione dell'andamento del substrato sepolto dai depositi alluvionali, detritico-colluviali e di frana;
- al reperimento di informazioni sulle caratteristiche elasto-meccaniche dei litotipi indagati (tomografie sismiche);
- al reperimento di informazioni sulle caratteristiche idrogeologiche dei litotipi indagati, al riconoscimento di accumuli idrici sotterranei ed all'approfondimento dello studio dei fenomeni franosi (tomografie geoelettriche).

Passando alle prospezioni MASW ed alle *down-hole*, queste ultime sono state finalizzate alla misurazione profilo di velocità delle onde di taglio (Vs) e conseguente alla stima del parametro "Vsequivalente", mediante il quale:

- assegnare la corrispondente categoria di suolo di fondazione in ottemperanza alle NTC 2018.

Complessivamente, le indagini svolte hanno interessato tutti i comparti dell'areale di progetto, per ognuno dei quali sono stati definiti i rapporti stratigrafici e/o tettonici tra le diverse unità geologiche. In particolare, i rapporti laterali e verticali tra le unità geologiche sono stati determinati attraverso l'interpretazione sia delle indagini dirette che geofisiche; tale approccio ha consentito di riconoscere l'organizzazione stratigrafica delle singole formazioni geologiche, nell'ambito delle quali sono state riconosciute le diverse litofacies ed i reciproci rapporti latero-verticali; inoltre, è stato possibile caratterizzare i litotipi da un punto di vista idrogeologico. Infine, la caratterizzazione geotecnica dei litotipi intercettati dal tracciato stradale è stata definita in base ai risultati delle indagini dirette, ovvero alla luce dei risultati delle prove geotecniche in foro di sondaggio, delle prove penetrometriche dinamiche continue e delle prove di laboratorio.

## 5. QUADRO SISMICO GENERALE

### 5.1. MACROZONAZIONE SISMICA

Negli ultimi anni, e fino al 2002, la zonazione sismogenetica ZS4 (Scandone et alii, 1996) ha rappresentato il punto di riferimento per la maggior parte delle valutazioni di pericolosità sismica nell'area italiana. Gli sviluppi più recenti delle conoscenze in materia di sismogenesi hanno evidenziato alcune inconsistenze di tale modello di zonazione. Per superare questo stato di cose si è convenuto di disegnare una nuova zonazione denominata ZS9. Rispetto alle zonazioni precedenti le zone sorgente sono state disegnate più vincolate rispetto alle sorgenti sismogenetiche e alla sismicità storica e strumentale, e le aree circostanti sono state cautelate attraverso i normali effetti di propagazione della pericolosità sismica al di fuori delle zone sorgente. L'area in esame, così come si vede dalle figure seguenti si pone esternamente alle cosiddette zone-sorgente individuate dalla zonazione ZS9. In particolare, si trova nel comparto occupato dalle zone dell'"Appennino meridionale e avampae apulo", denominate 925, 926 e 927, ricadendo all'interno della zona 926 per buona parte della sua estensione.

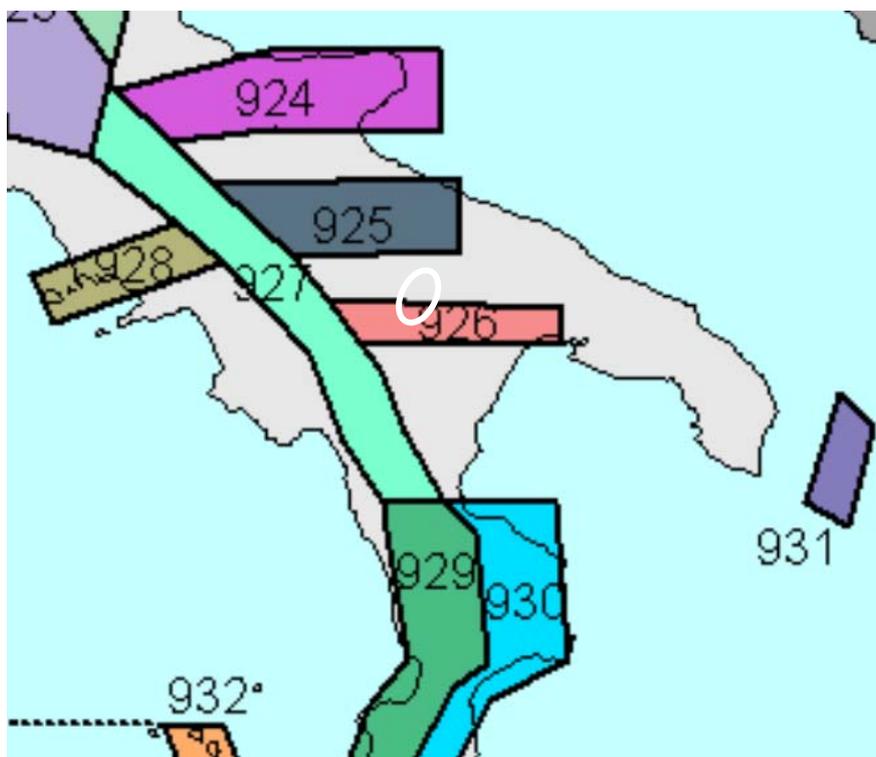


Figura 5-1 - Zonazione sismogenetica ZS9, con indicazione dell'area in esame

PROGETTAZIONE ATI:



**Figura 5-2 - Rappresentazione su Google Earth del tracciato prescelto (Alt. 3.1) sovrapposto alla zonazione sismogenetica ZS9 e ricadente nella zona 926**

La geometria delle zone-sorgente dell'Appennino meridionale (zone da 56 a 64 in ZS4; zone da 924 a 928 in ZS9), inteso come il settore appenninico tra la Majella e il Pollino, è stata sensibilmente modificata nella sua configurazione generale rispetto alla ZS4.

In particolare, la zona 927 include l'area caratterizzata dal massimo rilascio di energia legata alla distensione generalizzata che, a partire da ca. 0.7 Ma, ha interessato l'Appennino meridionale (es. Patacca et al., 1990). Tale zona comprende tutte le precedenti zone di ZS4 coincidenti con il settore assiale della catena, fino al confine calabro-lucano (massiccio del Pollino). Quest'ultimo settore (zona 64 in ZS4) non è caratterizzato dalla forte sismicità propria di altre aree incluse nella zona-sorgente 927. Dalle analisi paleosismologiche emerge tuttavia un potenziale sismogenetico confrontabile con quello dell'Irpinia e della Val d'Agri (Michetti et al., 1997; Cinti et al., 1997).

La zona 57 di ZS4, corrispondente alla fascia costiera tirrenica, è stata in gran parte cancellata. La parte rimanente è rappresentata nella zona 928. Infatti si ritiene che, in caso di zonazione della fascia tirrenica, la sismicità non sarebbe tale da consentire una definizione affidabile dei tassi di sismicità. Peraltro, il contributo che verrebbe alla PGA sarebbe del tutto trascurabile rispetto agli effetti che su questa stessa zona verrebbero dall'attivazione di sorgenti nella zona 927. Per valutare in maniera cautelativa la pericolosità sismica dell'area napoletana si è invece deciso di estendere verso l'Appennino la zona 56 di ZS4, modificata in 928 nella presente proposta. Tale zona include così parte dei terremoti che prima ricadevano nella zona 57.

Sull'area al confine tra la catena e la Puglia, vale a dire l'area dell'avanfossa e dell'avampaese apulo, sono state operate scelte che cambiano decisamente la percezione del potenziale sismogenetico dell'area. Su queste scelte hanno pesato le nuove chiavi di lettura della sismicità del settore (Di Bucci e Mazzoli, 2003; Valensise et al., 2004) suggerite dalle caratteristiche della sequenza sismica del Molise (ottobre-novembre 2002), originata da sorgenti con direzione circa E-W e dotate di cinematica trascorrente destra. Questi dati consentono di individuare una zona (924) orientata circa E-W nella quale collocare tutta la sismicità dell'area (es. terremoto del 1627), e che include la faglia di Mattinata, generalmente ritenuta attiva con una cinematica simile a quella del terremoto del 2002 (es. Piccardi, 1998; Piccardi et al., 2002).

Le caratteristiche sismogenetiche della piattaforma apula fanno ipotizzare che zone di rottura ad andamento E-W non siano limitate all'area garganica. La zona 925, la cui geometria in parte trae

PROGETTAZIONE ATI:

spunto dalla zona 62 di ZS4, include la sorgente del terremoto del 1930, ad andamento WNW-ESE in Valensise e Pantosti (2001) e per la quale anche Galli et al. (2002) ipotizzano una orientazione circa E-W. Un'ulteriore fascia E-W è stata definita come zona 926 in base all'allineamento di terremoti di magnitudo medio-bassa tra cui gli eventi di Potenza del 1990 e 1991 (Fracassi et al., 2003).

La zona 80 di ZS4, cui corrisponde con limitate modifiche la zona 931 della nuova proposta, risultava dal più ampio quadro cinematico dell'interazione tra la microplacca adriatica e la placca eurasiatica lungo i fronti compressivi delle strutture dinaridi e ellenidi (come mostrato in Slejko et al., 1999). Questa zona è stata definita per rendere ragione della pericolosità della penisola salentina, area che storicamente ha risentito del forte terremoto del 1743, localizzato in catalogo proprio nel canale d'Otranto. La zona-sorgente è comunque mal definita dal punto di vista della sismicità (solo 7 eventi nel suo sottocatalogo, che si riducono a 4 per l'applicazione dei criteri di completezza del catalogo).

Vi è infine da ricordare che tutte le zone E-W sono caratterizzate da sismicità relativamente profonda (10-20 km), come mostrato chiaramente dai dati strumentali disponibili per i terremoti di Potenza del 1990-91 e del Molise del 2002 e come suggerito dai piani quotati dei principali terremoti storici (es. terremoto del Foggiano del 1731).

Nella tabella seguente sono riportati i dettagli delle misurazioni strumentali effettuate con riferimento alla zona 926, nella quale ricade il comparto strettamente di interesse.

| ZONA | Numero di eventi Md>2.0 | Numero di eventi Md>2.5 | Numero di eventi Md>3.0 | Magnitudo massima (Md) | Classe di profondità (Km) | Profondità efficace (Km) |
|------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|------------------------|---------------------------|--------------------------|
| 926  | 85                      | 55                      | 15                      | 5.0                    | 12-20                     | 13                       |

**Tabella 5-1 - Dati emersi dal monitoraggio strumentale della zona 926, nella quale ricade il comparto strettamente di interesse.**

Nella sottostante tabella si riporta la magnitudo momento massima "Mwmax" attesa.

| Numero zona sismica | Mwmax       |
|---------------------|-------------|
| <b>926</b>          | <b>5.91</b> |

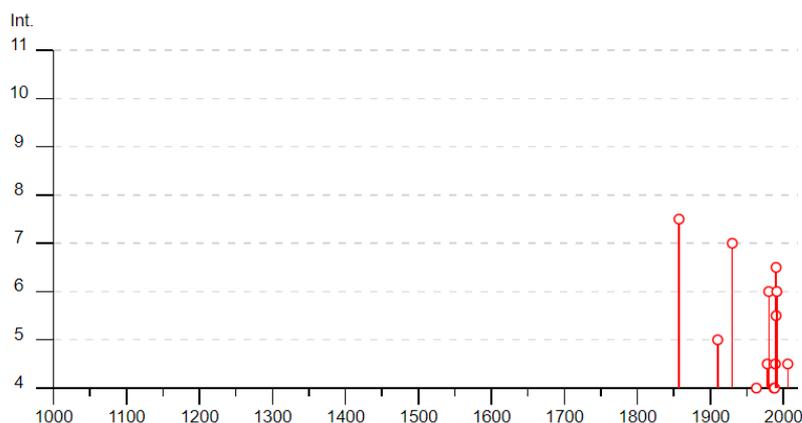
**Tabella 5-2 - Valore della Magnitudo momento massima "Mwmax" per la Zona Sismogenetica ZS9 926 (estratto da "Gruppo di Lavoro per la Redazione della Mappa di Pericolosità Sismica"-2004).**

## 5.2. SISMICITÀ STORICA

Nelle tabelle e figure seguenti sono riepilogati i dati sulla sismicità storica desunti dalla banca dati dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (Catalogo parametrico dei terremoti italiani 2015); considerata l'ubicazione dell'area in esame, ed in particolare il tracciato slezionato (Alt.3.1) sono stati presi in esame i dati relativi ai comuni di Tolve, Vaglio della Basilicata e Oppido Lucano. Gli eventi sono attribuiti al giorno in cui si è prodotta la scossa più violenta. In particolare, sono indicati: il tempo origine del terremoto (anno, mese, giorno e ora) espresso come tempo medio di Greenwich, l'intensità epicentrale ( $I_0$ ), l'intensità al sito ( $I$ ) espressa in gradi della Scala Mercalli-Cancani-Sieberg, la magnitudo ( $M_w$ ) e l'epicentro inteso come definizione geografica della zona in cui ricade.

| STORIA SISMICA DI TOLVE |   |                         |       |       |
|-------------------------|---|-------------------------|-------|-------|
| I (MCS)                 | DATA<br>(anno, mese, giorno, ora, minuti,<br>secondi) | AREA EPICENTRALE        | $I_0$ | $M_w$ |
| F                       | 1845 08 10  | Materano                | 5     | 4.51  |
| 7-8                     | 1857 12 16 21 15                                      | Basilicata              | 11    | 7.12  |
| 3                       | 1899 10 02 14 17                                      | Polla                   | 5-6   | 4.64  |
| 3                       | 1905 09 08 01 43                                      | Calabria centrale       | 10-11 | 6.95  |
| NF                      | 1905 11 26  | Irpinia                 | 7-8   | 5.18  |
| 5                       | 1910 06 07 02 04                                      | Irpinia-Basilicata      | 8     | 5.76  |
| NF                      | 1913 06 28 08 53 02.00                                | Calabria settentrionale | 8     | 5.64  |
| NF                      | 1915 01 13 06 52 43.00                                | Marsica                 | 11    | 7.08  |
| 7                       | 1930 07 23 00 08                                      | Irpinia                 | 10    | 6.67  |
| NF                      | 1951 01 16 01 11                                      | Gargano                 | 7     | 5.22  |
| 3                       | 1957 05 03 03 29 34.00                                | Potentino               | 5     | 4.09  |
| NF                      | 1957 10 19 06 14                                      | Potentino               | 4     | 3.7   |
| 4                       | 1963 02 13 12 45                                      | Potentino               | 7     | 5.19  |
| 4-5                     | 1978 09 24 08 07 44.00                                | Materano                | 6     | 4.75  |
| 6                       | 1980 11 23 18 34 52.00                                | Irpinia-Basilicata      | 10    | 6.81  |
| NF                      | 1983 02 02 08 14 16.00                                | Potentino               | 5     | 4.35  |
| 4                       | 1987 01 28 05 33 21.76                                | Potentino               | 5     | 4.54  |
| 4                       | 1988 01 08 13 05 46.75                                | Pollino                 | 7     | 4.7   |
| 4-5                     | 1989 05 29 11 19 10.75                                | Appennino lucano        | 5     | 4.34  |
| 6-7                     | 1990 05 05 07 21 29.61                                | Potentino               |       | 5.77  |
| 5-6                     | 1990 08 28 19 02 52.35                                | Potentino               |       | 4.21  |
| 6                       | 1991 05 26 12 25 59.42                                | Potentino               | 7     | 5.08  |
| NF                      | 1994 01 05 13 24 11.37                                | Tirreno meridionale     |       | 5.82  |
| 3-4                     | 1996 04 03 13 04 34.98                                | Irpinia                 | 6     | 4.9   |
| NF                      | 1998 04 26 05 38 05.59                                | Potentino               | 4-5   | 3.76  |
| 3-4                     | 2002 04 18 20 56 48.67                                | Appennino lucano        | 5     | 4.34  |
| 3                       | 2004 02 24 05 21 26.53                                | Appennino lucano        | 5     | 4.21  |
| 3-4                     | 2004 09 03 00 04 12.75                                | Potentino               | 5     | 4.41  |
| 4-5                     | 2006 05 29 02 20 06.26                                | Gargano                 |       | 4.64  |

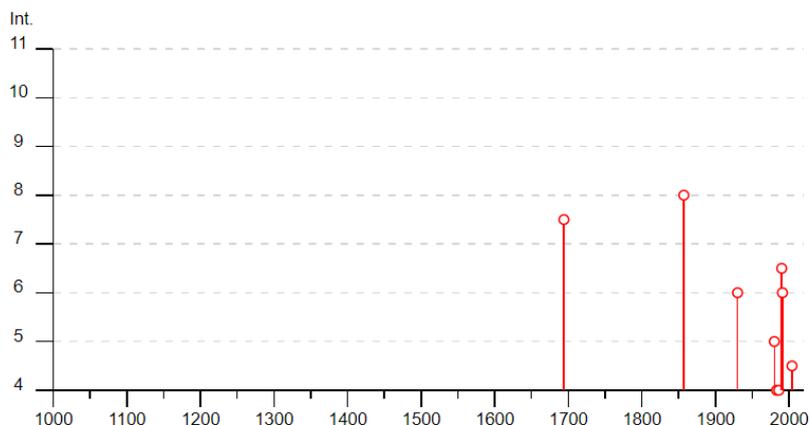
**Tabella 5-3 - Sismicità storica di Tolve.**



**Figura 5-3 - Storia sismica di Tolve; in ordinata: Intensità al sito (Is); in ascissa: anni.**

| STORIA SISMICA DI VAGLIO BASILICATA |  |                         |       |      |
|-------------------------------------|--|-------------------------|-------|------|
| I (MCS)                             | DATA<br>(anno, mese, giorno, ora, minuti, secondi) | AREA EPICENTRALE        | Io    | Mw   |
| 7-8                                 | 1694 09 08 11 40                                   | Irpinia-Basilicata      | 10    | 6.73 |
| 8                                   | 1857 12 16 21 15                                   | Basilicata              | 11    | 7.12 |
| NF                                  | 1887 12 03 03 45                                   | Calabria settentrionale | 8     | 5.55 |
| NF                                  | 1899 10 02 14 17                                   | Polla                   | 5-6   | 4.64 |
| 3                                   | 1905 09 08 01 43                                   | Calabria centrale       | 10-11 | 6.95 |
| 6                                   | 1930 07 23 00 08                                   | Irpinia                 | 10    | 6.67 |
| 3                                   | 1956 01 09 00 44                                   | Materano                | 6     | 4.72 |
| 5                                   | 1980 11 23 18 34 52.00                             | Irpinia-Basilicata      | 10    | 6.81 |
| 4                                   | 1983 02 02 08 14 16.00                             | Potentino               | 5     | 4.35 |
| 4                                   | 1986 07 23 08 19 50.87                             | Potentino               | 6     | 4.61 |
| 3                                   | 1987 01 28 05 33 21.76                             | Potentino               | 5     | 4.54 |
| 6-7                                 | 1990 05 05 07 21 29.61                             | Potentino               |       | 5.77 |
| NF                                  | 1990 08 26 13 41 24.38                             | Potentino               | 6     | 4.03 |
| 3-4                                 | 1990 08 28 19 02 52.35                             | Potentino               |       | 4.21 |
| 6                                   | 1991 05 26 12 25 59.42                             | Potentino               | 7     | 5.08 |
| 3-4                                 | 1991 06 06 06 34 38.02                             | Potentino               | 5     | 3.37 |
| 3                                   | 1996 04 03 13 04 34.98                             | Irpinia                 | 6     | 4.9  |
| 3-4                                 | 1998 04 26 05 38 05.59                             | Potentino               | 4-5   | 3.76 |
| 3                                   | 2002 04 18 20 56 48.67                             | Appennino lucano        | 5     | 4.34 |
| NF                                  | 2004 02 23 19 48 45.19                             | Appennino lucano        | 4-5   | 3.82 |
| NF                                  | 2004 02 24 05 21 26.53                             | Appennino lucano        | 5     | 4.21 |
| 4-5                                 | 2004 09 03 00 04 12.75                             | Potentino               | 5     | 4.41 |
| NF                                  | 2006 05 29 02 20 06.26                             | Gargano                 |       | 4.64 |

**Tabella 5-4 - Sismicità storica di Vaglio Basilicata.**



**Figura 5-4 - Storia sismica di Vaglio Basilicata; in ordinata: Intensità al sito (Is); in ascissa: anni.**

| OPPIDO LUCANO |  |                  |     |      |
|---------------|--|------------------|-----|------|
| I (MCS)       | DATA<br>(anno, mese, giorno, ora, minuti, secondi) | AREA EPICENTRALE | Io  | Mw   |
| 6             | 1851 08 14 13 20                                   | Vulture          | 10  | 6.52 |
| 7             | 1857 12 16 21 15                                   | Basilicata       | 11  | 7.12 |
| 6             | 1930 07 23 00 08                                   | Irpinia          | 10  | 6.67 |
| 3             | 1953 02 25 00 07 46.00                             | Vibonese         | 5-6 | 4.88 |
| 2             | 1956 01 09 00 44                                   | Materano         | 6   | 4.72 |
| 3             | 1957 05 03 03 29 34.00                             | Potentino        | 5   | 4.09 |
| 3             | 1978 09 24 08 07 44.00                             | Materano         | 6   | 4.75 |
| NF            | 1983 02 02 08 14 16.00                             | Potentino        | 5   | 4.35 |
| NF            | 1984 05 07 17 50                                   | Monti della Meta | 8   | 5.86 |
| NF            | 1984 05 11 10 41 49.27                             | Monti della Meta | 7   | 5.47 |
| 3             | 1987 01 28 05 33 21.76                             | Potentino        | 5   | 4.54 |
| 3             | 1989 05 29 11 19 10.75                             | Appennino lucano | 5   | 4.34 |
| 6             | 1990 05 05 07 21 29.61                             | Potentino        |     | 5.77 |
| 5-6           | 1990 08 28 19 02 52.35                             | Potentino        |     | 4.21 |
| 5-6           | 1991 05 26 12 25 59.42                             | Potentino        | 7   | 5.08 |
| 3-4           | 1996 04 03 13 04 34.98                             | Irpinia          | 6   | 4.9  |
| 3             | 1998 04 26 05 38 05.59                             | Potentino        | 4-5 | 3.76 |
| NF            | 2002 04 18 20 56 48.67                             | Appennino lucano | 5   | 4.34 |
| 3             | 2004 02 24 05 21 26.53                             | Appennino lucano | 5   | 4.21 |
| 3-4           | 2006 05 29 02 20 06.26                             | Gargano          |     | 4.64 |

**Tabella 5-5 - Sismicità storica di Oppido Lucano.**

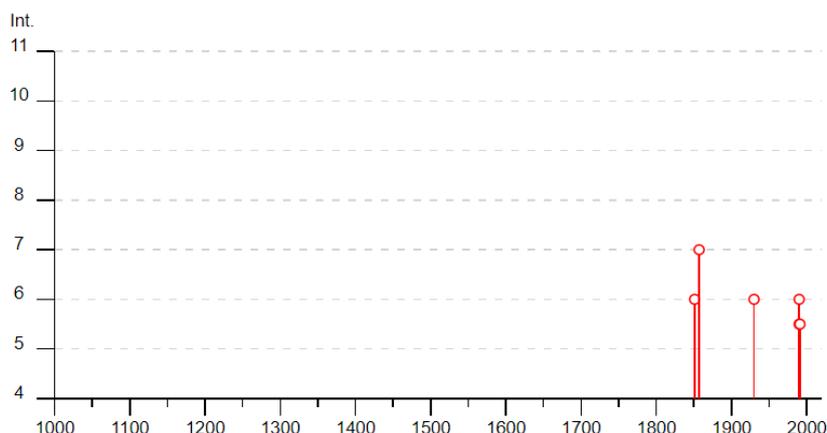


Figura 5-5 - Storia sismica di Oppido Lucano; in ordinata: Intensità al sito (I<sub>s</sub>); in ascissa: anni.

In conclusione l'area in studio si inserisce in un contesto di medio-alta pericolosità sismica, così come si evince anche dalla figura seguente tratta dalla carta delle massime intensità macrosismiche osservate nei comuni italiani, la quale indica che l'area in esame ricade in un territorio che ha subito storicamente risentimenti pari all' VIII grado della scala MCS.

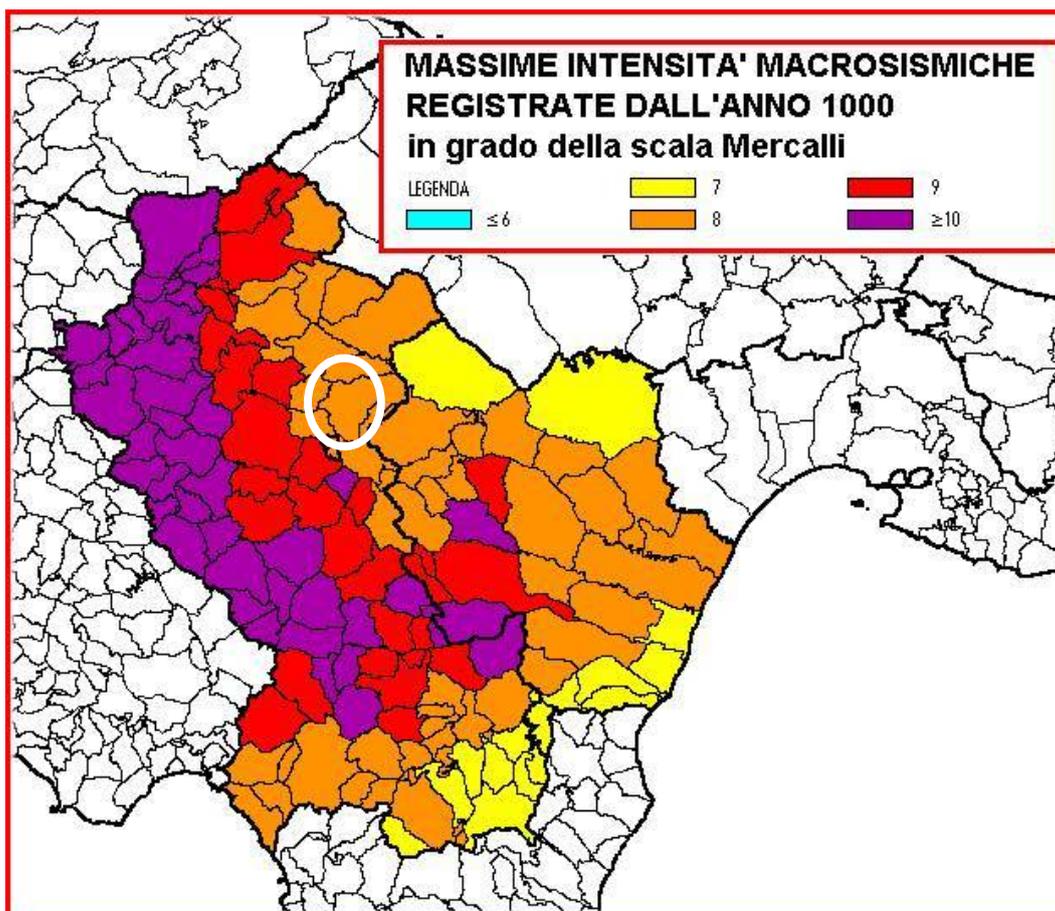


Figura 5-6 - Carta delle massime intensità macrosismiche osservate nei comuni italiani (Molin, Stucchi, Valsenise, [ingvhttp://emidius.mi.ingv.it/GNDT/IMAX/imax.html](http://emidius.mi.ingv.it/GNDT/IMAX/imax.html) , con indicazione dell'area di studio.

PROGETTAZIONE ATI:

### 5.3. PERICOLOSITÀ SISMICA

In data 24 ottobre 2005 entra in vigore il D.M. 14/09/2005 "Norme Tecniche per le Costruzioni". La norma suddivide il territorio in zone sismiche, ciascuna contrassegnata da un diverso valore di parametro  $a_g$ , che rappresenta l'accelerazione orizzontale massima convenzionale su suolo di categoria A. L'area in esame, con riferimento progettuale al tracciato selezionato (Alt. 3.1) ricade nei Comuni di Tolve, Vaglio Basilicata e Oppido Lucano dichiarati a rischio sismico II, è caratterizzata da un valore di  $0.15 \leq a_g < 0.25g$ . La norma afferma che le zone 1,2 e 3 possono essere suddivise in sottozone caratterizzate da valori di  $a_g$  intermedi rispetto ai massimi di ciascuna zona e intervallati da valori non minori di 0,025. In tal caso i vari territori saranno assegnati alle sottozone in base ai valori di  $a_g$  con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni".

Con l'OPCM 3519 del 28/04/2006 viene proposta una nuova zonizzazione con suddivisione degli intervalli di accelerazione più dettagliati, pari a 0,025. La figura successiva è tratta dalla mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale, espressa in termini di accelerazione massima del suolo ( $a_{max}$ ) con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni, riferita a suoli rigidi ( $V_{s30} > 800$  m/sec; cat. A). Come si può notare, l'area in esame ricade in un settore caratterizzato da valori di accelerazione massima del suolo compresi tra 0,125g fino a 0,200g.

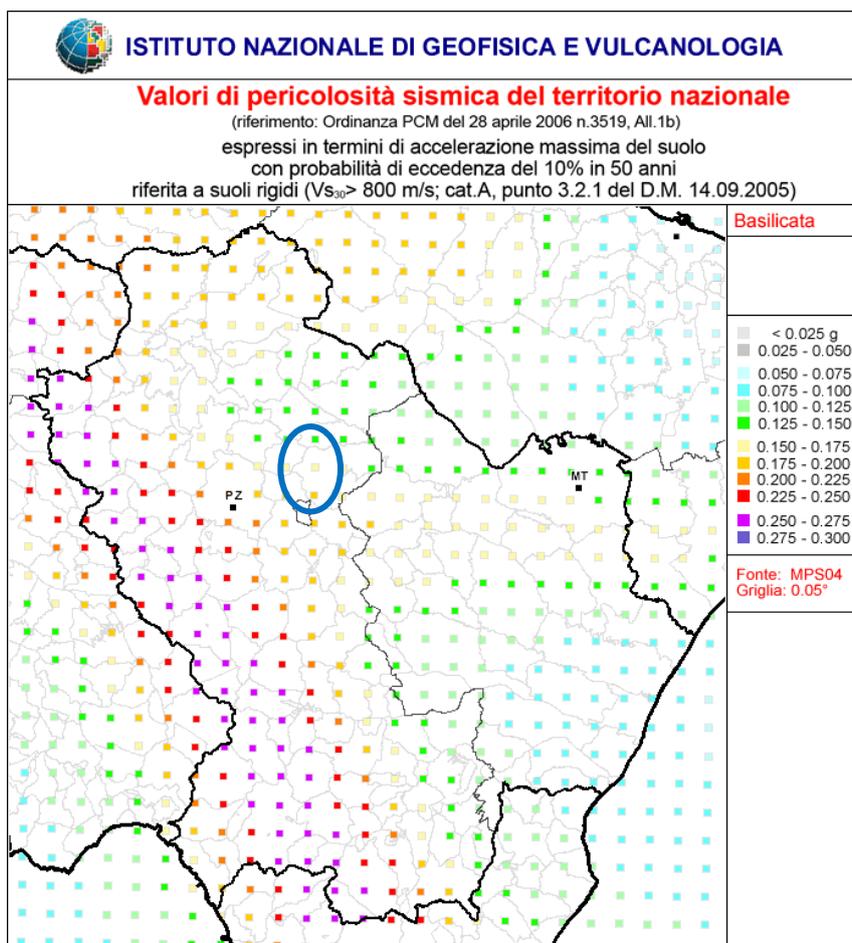


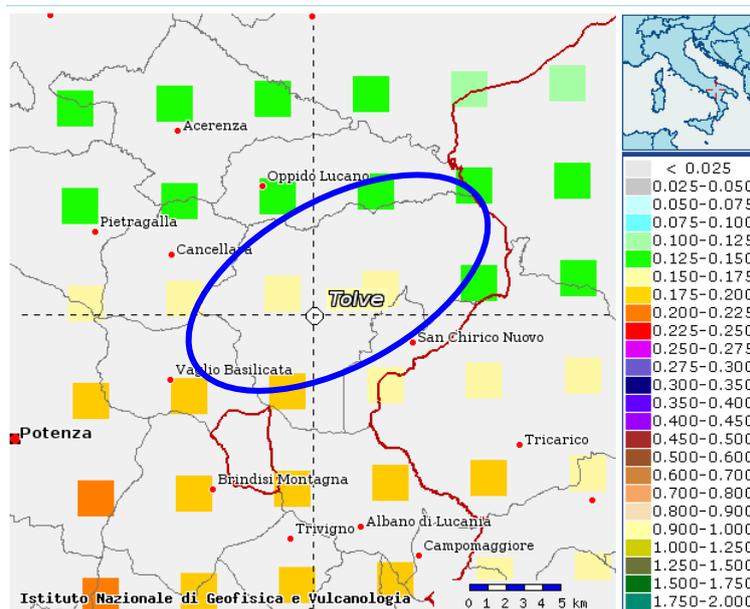
Figura 5-7 - Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale (OPCM n.3519/2016), con indicazione dell'area di studio.

Secondo la mappa di classificazione sismica del territorio nazionale (Ordinanza n. 3274 del 20/03/2003 e Norme Tecniche per le Costruzioni del 14/09/2005) aggiornata al Gennaio 2019, l'areale di progetto è classificato in Zona 2, caratterizzata congruentemente da valori di  $0.15 \leq a_g < 0.25g$ .

| Zona sismica | Fenomeni riscontrati  | Accelerazione con probabilità di superamento del 10% in 50 anni |
|--------------|---|---|
| 1            | Zona con pericolosità sismica <b>alta</b> . Indica la zona più pericolosa, dove possono verificarsi forti terremoti.            | $a_g \geq 0,25g$  |
| 2            | Zona con pericolosità sismica <b>media</b> , dove possono verificarsi terremoti abbastanza forti.                               | $0,15 \leq a_g < 0,25g$   |
| 3            | Zona con pericolosità sismica <b>bassa</b> , che può essere soggetta a scuotimenti modesti.                                     | $0,05 \leq a_g < 0,15g$   |
| 4            | Zona con pericolosità sismica <b>molto bassa</b> . E' la zona meno pericolosa, dove le possibilità di danni sismici sono basse. | $a_g < 0,05g$   |

**Tabella 5-6 - Livello di pericolosità delle zone sismiche, suddivise in relazione all'accelerazione di picco su terreno rigido (OPCM 3519/06).**

Più in dettaglio, dalla mappa di pericolosità sismica della figura seguente si evince come i valori medi (con deviazione standard) corrispondenti ad una probabilità di superamento del 10% in 50 anni (periodo di ritorno di 475 anni) della PGA (*Peak Ground Acceleration*, ovvero accelerazione massima al suolo) nel settore di interesse siano compresi nel range 0.125 – 0.200, con valori decrescenti procedendo da SO verso NE.



**Figura 5-8 - Mappa di pericolosità sismica di base tratta dal sito dell'INGV, con indicazione del settore di interesse.**

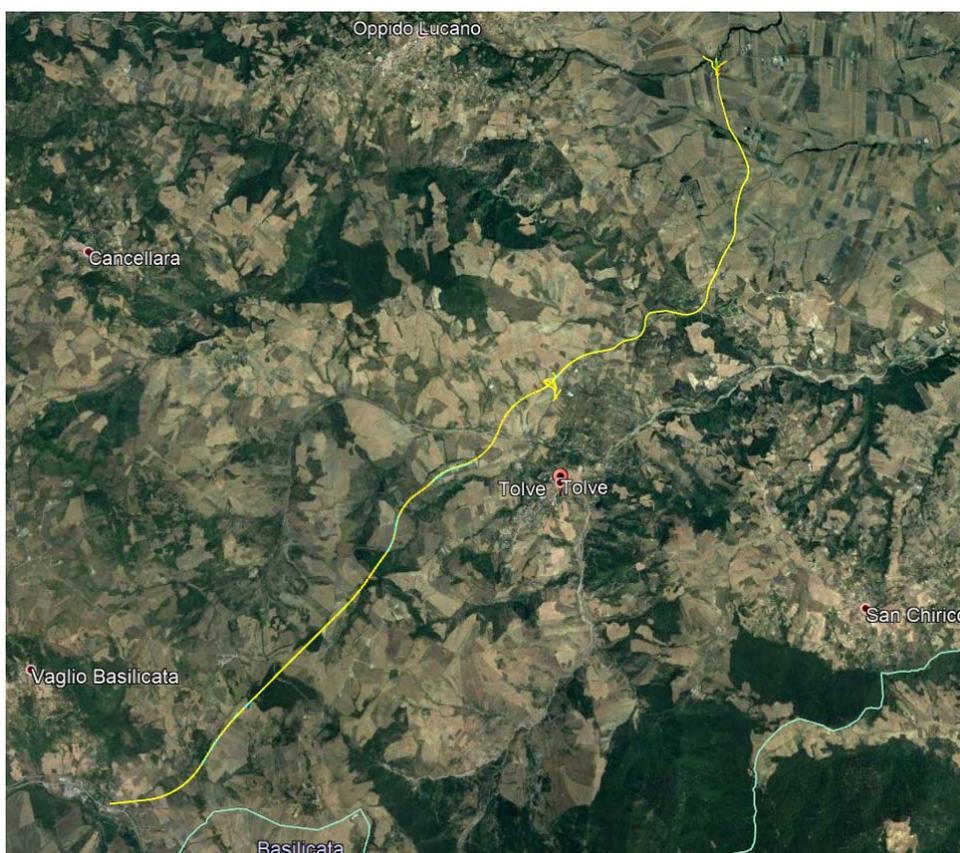
In conclusione, in accordo con la normativa vigente, l'area d'interesse progettuale si inserisce in un contesto di medio-alta pericolosità sismica.

## 6. INQUADRAMENTO SISMICO

### 6.1. CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEL SITO

Come prescritto dal D.M. 14 gennaio 2008, le azioni sismiche di progetto si definiscono a partire dalla pericolosità sismica di base del sito di costruzione; essa, per il caso in oggetto, è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa  $a_g$  in condizioni di campo libero, su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale e in considerazione di prefissate probabilità di eccedenza  $P_{VR}$  nel periodo di riferimento  $V_R$ .

Le coordinate geografiche del sito in oggetto espresse in gradi sessa decimali e riferite al sistema di riferimento ED50 sono riportate di seguito e sono riferite, per questa relazione, allo svincolo di Tolve, punto approssimativamente baricentrico all'area dove saranno realizzate le opere del tracciato stradale.



Latitudine: 40.71124  
Longitudine: 16.01717

PROGETTAZIONE ATI:

## 6.2. TEMPO DI RITORNO

Il valore di progetto dell'accelerazione  $a_g$  viene definito in funzione della "probabilità di superamento" in un dato "tempo di ritorno". Queste due grandezze sono correlate tra loro:

$$T_R = -V_R / \ln(1 - P_{VR})$$

Dove:

$T_R$  è il tempo di ritorno,

$V_R$  il periodo di riferimento dell'opera,

$P_{VR}$  è la probabilità di superamento nel periodo di riferimento.

Le probabilità di superamento nel periodo di riferimento  $P_{VR}$ , per ciascuno degli stati limite considerati, sono riportate nella tabella seguente:

Tabella 6-1: probabilità di superamento  $P_{VR}$  al variare dello stato limite considerato

| Stati limite             |     | $P_{VR}$ |
|--------------------------|-----|----------|
| Stati limite di servizio | SLO | 81%      |
|                          | SLD | 63%      |
| Stati limite ultimi      | SLV | 10%      |
|                          | SLC | 5%       |

Per le strutture in oggetto le verifiche in condizioni simiche saranno condotte principalmente facendo riferimento allo stato limite di salvaguardia della vita (SLV).

Nella tabella seguente si riportano i valori della probabilità di superamento e del rispettivo tempo di ritorno relativo alla vita utile dell'opera.

Tabella 6-2: probabilità di superamento  $P_{VR}$  al variare dello stato limite considerato

| Classe d'uso | $V_N$ [anni] | $C_u$ | $V_R$ | $P_{VR}$ | $T_R$ |
|--------------|--------------|-------|-------|----------|-------|
| IV           | 50           | 2     | 100   | 10%      | 949   |

### 6.3. CATEGORIA DI SOTTOSUOLO

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, si rende necessario valutare l'effetto della risposta sismica locale mediante specifiche analisi, come indicato nel § 7.11.5 delle NTC-18. In assenza di tali analisi, per la definizione dell'azione sismica, si può fare riferimento ad un approccio semplificato, che si basa sull'individuazione di categorie di sottosuolo di riferimento indicate nella Tab.3.2 II del § 3.2.2 delle NTC-18 di seguito riportata.

Tab. 3.2.II – Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato.

| Categoria | Caratteristiche della superficie topografica  |
|-----------|---|
| A         | <i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.</i>   |
| B         | <i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.</i>  |
| C         | <i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.</i>   |
| D         | <i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.</i> |
| E         | <i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.</i>  |

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

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

con:

$h_i$ : spessore dell'i-esimo strato;

$V_{S,i}$ : velocità delle onde di taglio nell'i-esimo strato;

N: numero di strati;

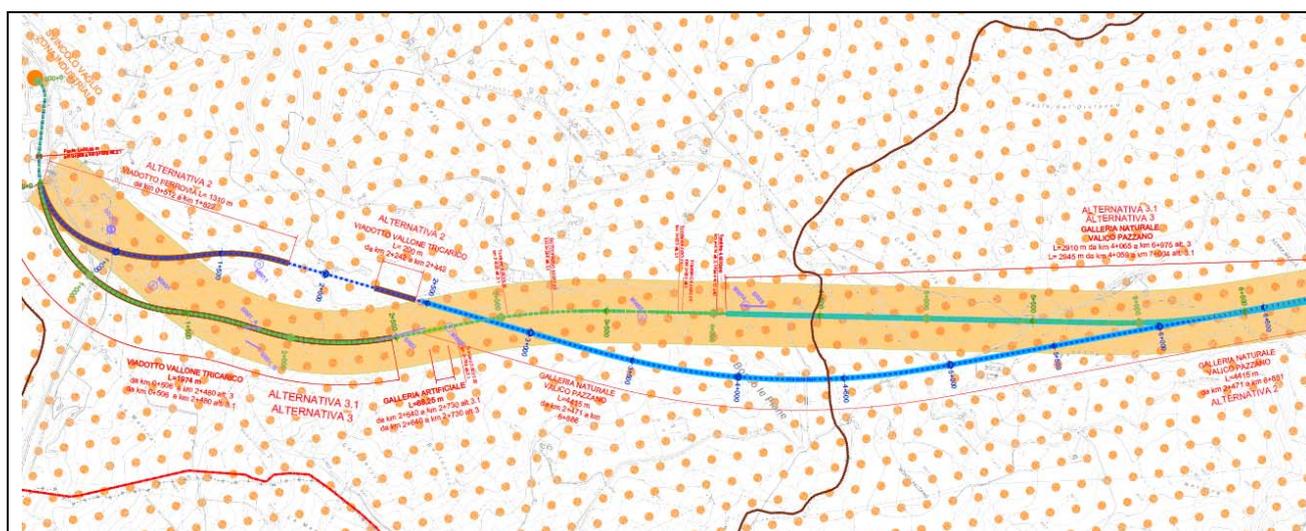
H: profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da  $V_S$  non inferiore a 800 m/s.

Alla luce delle indagini geofisiche eseguite, l'areale di progetto riferito all'alternativa selezionata, risulta caratterizzato dalle categorie di sottosuolo B "Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s" e C "Depositati di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s", così come si evince dalla tabella seguente, nella quale sono indicati i valori di Vs equivalente ottenuti dalle prospezioni MASW e down-hole.

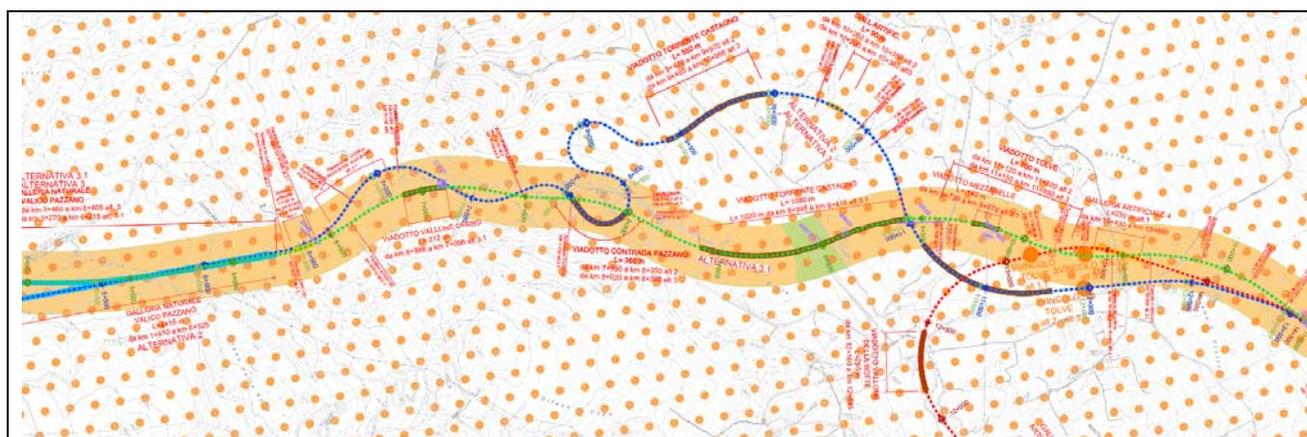
| Opera di riferimento/progressiva                          | Tipo d'indagine | Tipo d'indagine | Vs,eq m/s | Categ. Sott. |
|---|-----------------|-----------------|-----------|--------------|
| Viadotto V.ne Tricarico                                   | MASW            | MW01            | 432       | B            |
| V.ne Tricarico – Trincea e Galleria artif.                |                 | MW02            | 445       | B            |
| Trincea e Paratia   |                 | MW03            | 373       | B            |
| Viadotto Torrente Castagno                                |                 | MW05            | 387       | B            |
| Pk 11+450,00  |                 | MW06            | 376       | B            |
| Viadotto Girifuolo (esistente)                            |                 | SR04+MW         | 471       | B            |
| Viadotto Mezzanelle                                       |                 | SR10+MW         | 373       | B            |
| Galleria Artificiale (esistente)                          |                 | MW12            | 284       | C            |
| Viadotto Torrente Castagno                                |                 | MW13            | 359       | C            |
| V.ne Tricarico - Imbocco Galleria Naturale Valico Pazzano |                 | MW14            | 450       | B            |
| Viadotto V.ne Tricarico                                   | DOWN - HOLE     | S02DH           | 389       | B            |
| Viadotto V.ne Cerro                                       |                 | S12DH           | 363       | B            |

Tabella 6.8: Risultati prospezioni MASW e down-hole.

Per la distribuzione planimetrica delle due categorie di sottosuolo identificate lungo il tracciato stradale in progetto, si veda la "Carta di classificazione sismica del territorio", un cui stralcio è riportato nella figura seguente.



PROGETTAZIONE ATI:



**Figure 6-1 – Stralcio della Planimetria di classificazione sismica del territorio redatta per l’attuale fase progettuale, con specifico riferimento al tracciato selezionato.**

Nelle successive fasi di progettazione dovranno essere effettuate ulteriori indagini in particolare in corrispondenza delle opere da progettare e, se necessario, verranno effettuate delle analisi di Risposta Sismica Locale (RSL).

#### 6.4. CONDIZIONI TOPOGRAFICHE

Per condizioni topografiche complesse è necessario predisporre specifiche analisi di risposta sismica locale. Per configurazioni superficiali semplici si può adottare la seguente classificazione (Tab. 3.2.III delle NTC-18):

| Categoria | Caratteristiche della superficie topografica  |
|-----------|---|
| T1        | Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$                      |
| T2        | Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$  |
| T3        | Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$ |
| T4        | Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$                  |

**Tab. 3.2.III – Categorie topografiche**

Le suddette categorie topografiche si riferiscono a configurazioni geometriche prevalentemente bidimensionali, creste o dorsali allungate, e devono essere considerate nella definizione dell’azione sismica se di altezza maggiore di 30 m.

### 6.5. DEFINIZIONE DELL'AZIONE SISMICA

A seguire si riportano i parametri principali per la definizione dell'azione sismica:

Ricerca per coordinate      LONGITUDINE: 16.01717      LATTITUDINE: 40.71124

Ricerca per comune      REGIONE: Basilicata      PROVINCIA: Potenza      COMUNE: Tolve

**Elaborazioni grafiche**  
Grafici spettri di risposta  
Variabilità dei parametri

**Elaborazioni numeriche**  
Tabella parametri

**Nodi del reticolo intorno al sito**

**Reticolo di riferimento**

Controllo sul reticolo:  
 Sito esterno al reticolo  
 Interpolazione su 3 nodi  
 Interpolazione corretta

Interpolazione: superficie rigata

La "Ricerca per comune" utilizza le coordinate ISTAT del comune per identificare il sito. Si sottolinea che all'interno del territorio comunale le azioni sismiche possono essere significativamente diverse da quelle così individuate e si consiglia, quindi, la "Ricerca per coordinate".

Vita nominale della costruzione (in anni) -  $V_N$       50      info

Coefficiente d'uso della costruzione -  $c_U$       2      info

**Valori di progetto**

Periodo di riferimento per la costruzione (in anni) -  $V_R$       100      info

Periodi di ritorno per la definizione dell'azione sismica (in anni) -  $T_R$       info

|                                 |                       |      |
|---------------------------------|-----------------------|------|
| Stati limite di esercizio - SLE | SLO - $P_{VR} = 81\%$ | 60   |
|                                 | SLD - $P_{VR} = 63\%$ | 101  |
| Stati limite ultimi - SLU       | SLV - $P_{VR} = 10\%$ | 949  |
|                                 | SLC - $P_{VR} = 5\%$  | 1950 |

**Elaborazioni**  
Grafici parametri azione  
Grafici spettri di risposta  
Tabella parametri azione

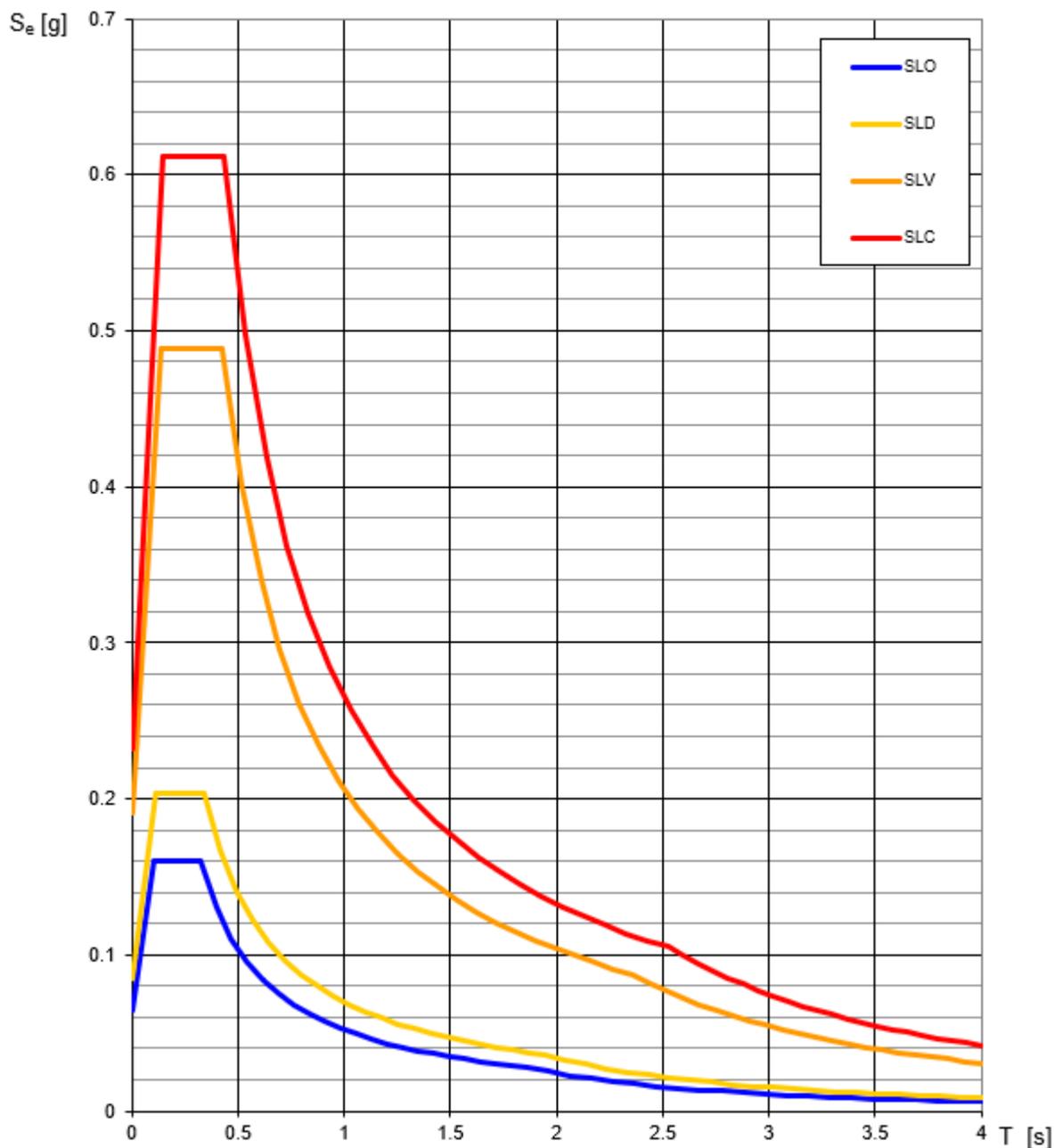
**Strategia di progettazione**

**LEGENDA GRAFICO**  
 ---□--- Strategia per costruzioni ordinarie  
 .....□..... Strategia scelta

PROGETTAZIONE ATI:

### 6.5.1. SPETTRI DI RISPOSTA ELASTICI PER GLI STATI LIMITE

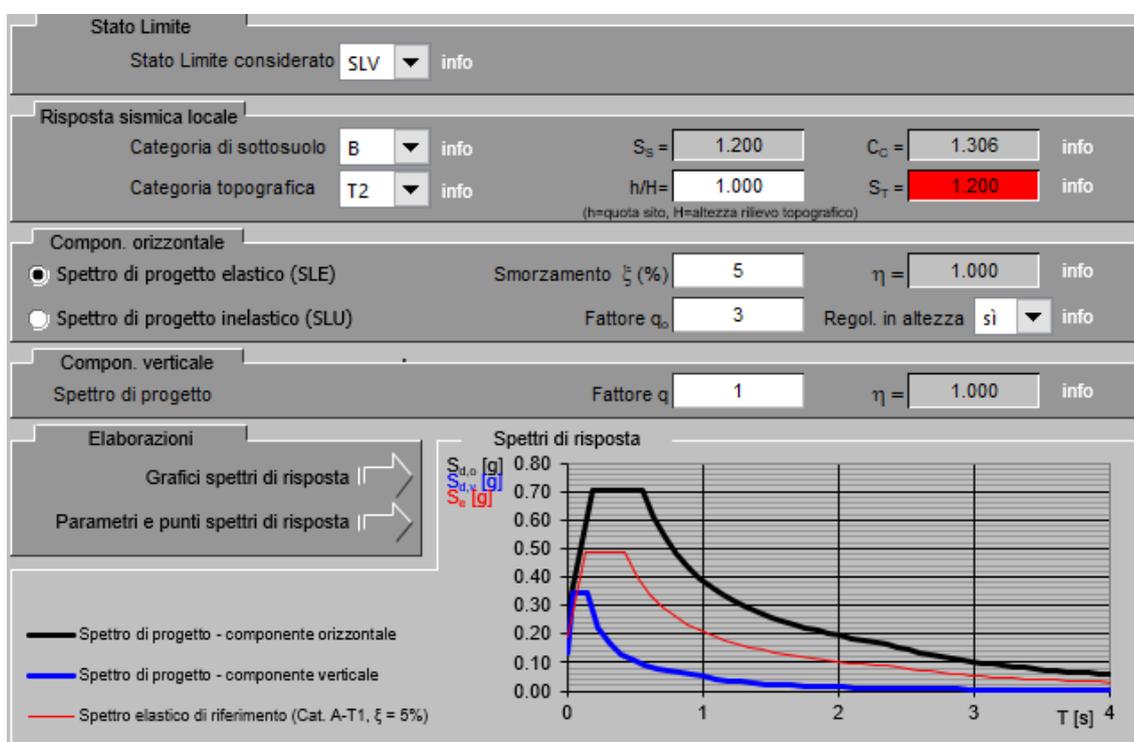
#### Spettri di risposta elastici per i diversi Stati Limite



PROGETTAZIONE ATI:

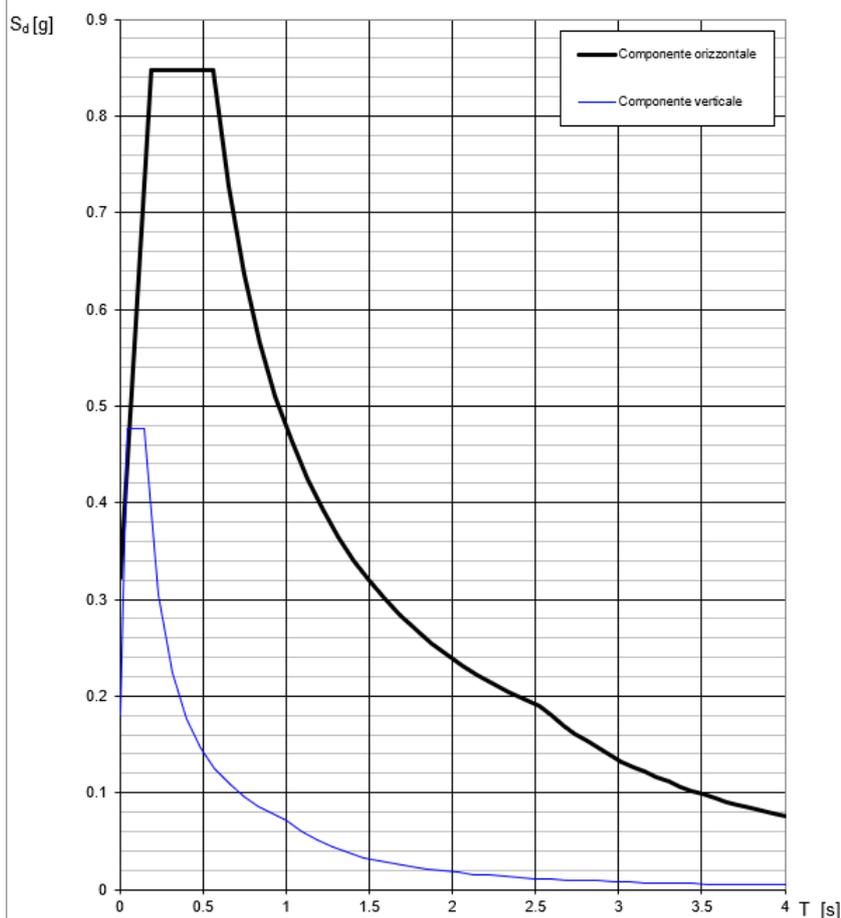
## Valori dei parametri $a_g$ , $F_o$ , $T_c^*$ per i periodi di ritorno $T_R$

| SLATO LIMITE | $T_R$<br>[anni] | $a_g$<br>[g] | $F_o$<br>[-] | $T_c^*$<br>[s] |
|--------------|-----------------|--------------|--------------|----------------|
| SLO          | 60              | 0.065        | 2.467        | 0.325          |
| SLD          | 101             | 0.086        | 2.383        | 0.344          |
| SLV          | 949             | 0.191        | 2.564        | 0.423          |
| SLC          | 1950            | 0.232        | 2.635        | 0.434          |



### 6.5.2. STATO LIMITE DI COLLASSO (SLC)

Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato limite: SLC



#### Parametri indipendenti

| STATO LIMITE | SLC     |
|--------------|---------|
| $a_g$        | 0.232 g |
| $F_{o-}$     | 2.635   |
| $T_C$        | 0.434 s |
| $S_S$        | 1.156   |
| $C_C$        | 1.300   |
| $S_T$        | 1.200   |
| $q$          | 1.000   |

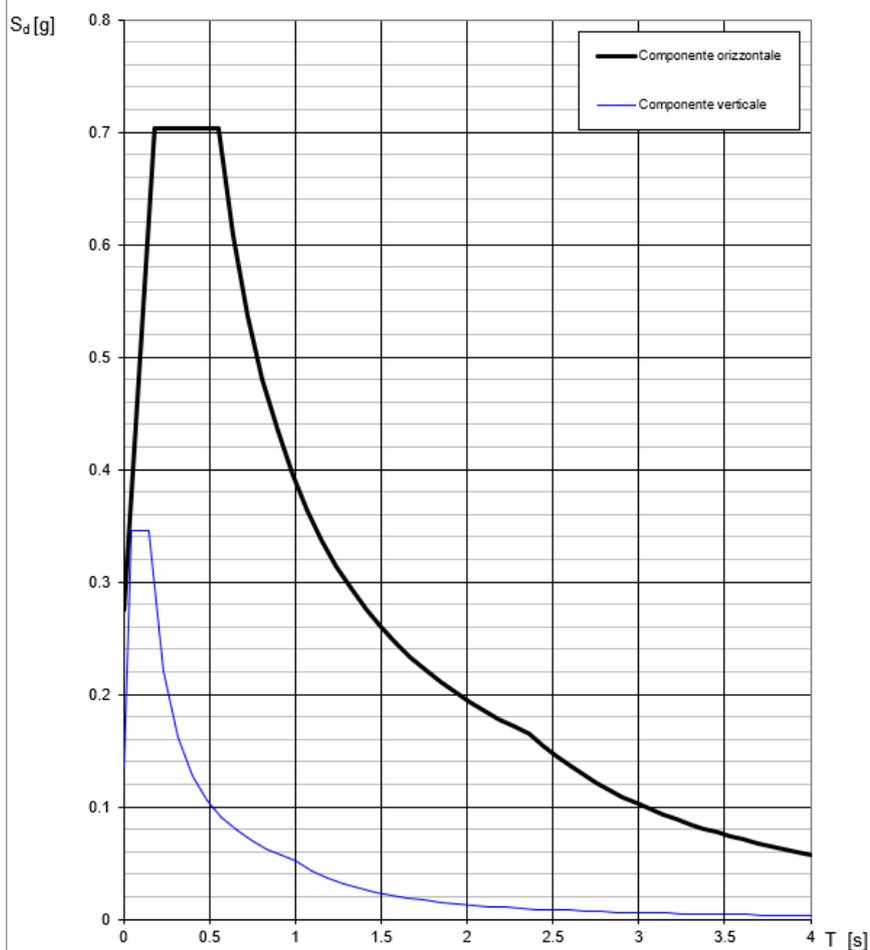
#### Parametri dipendenti

|        |         |
|--------|---------|
| $S$    | 1.387   |
| $\eta$ | 1.000   |
| $T_B$  | 0.188 s |
| $T_C$  | 0.564 s |
| $T_D$  | 2.528 s |

PROGETTAZIONE ATI:

### 6.5.3. STATO LIMITE DI SALVAGUARDIA DELLA VITA (SLV)

Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato limite: SLV



#### Parametri indipendenti

| STATO LIMITE | SLV     |
|--------------|---------|
| $a_d$        | 0.191 g |
| $F_o$        | 2.564   |
| $T_C$        | 0.423 s |
| $S_S$        | 1.200   |
| $C_C$        | 1.306   |
| $S_T$        | 1.200   |
| $q$          | 1.000   |

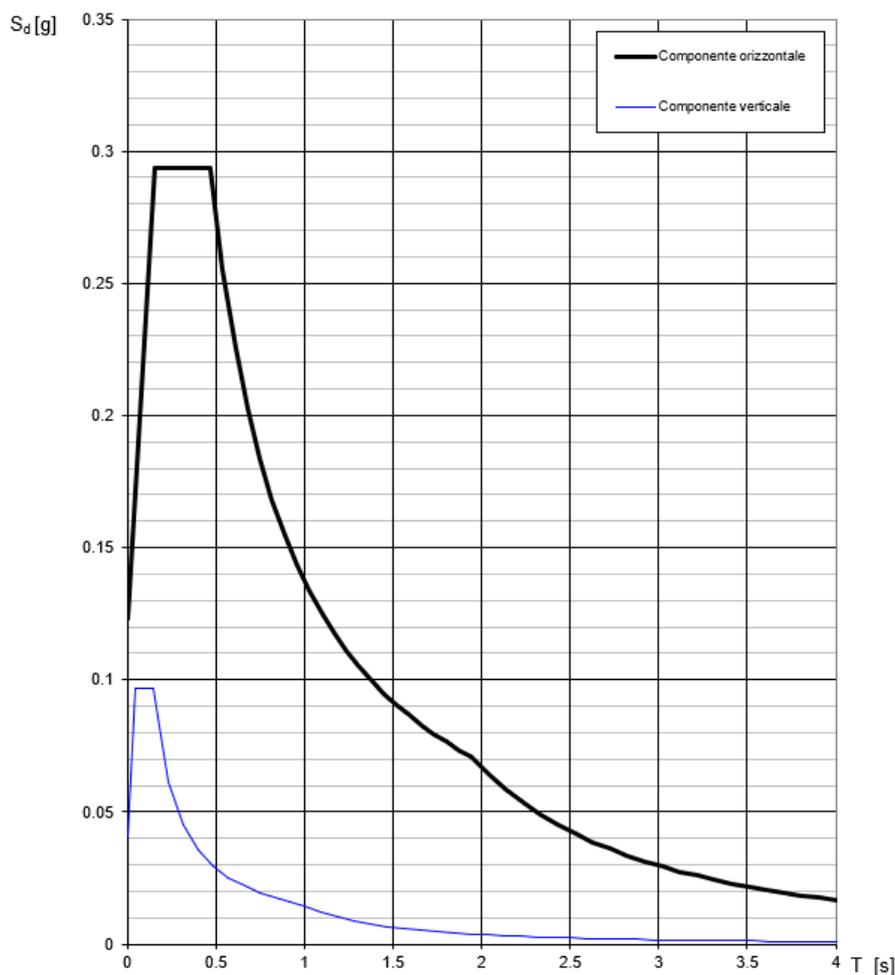
#### Parametri dipendenti

|        |         |
|--------|---------|
| $S$    | 1.440   |
| $\eta$ | 1.000   |
| $T_B$  | 0.184 s |
| $T_C$  | 0.553 s |
| $T_D$  | 2.362 s |

PROGETTAZIONE ATI:

### 6.5.4. STATO LIMITE DI DANNO (SLD)

Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato limite: SLD



#### Parametri indipendenti

| STATO LIMITE | SLD     |
|--------------|---------|
| $a_g$        | 0.086 g |
| $F_o$        | 2.383   |
| $T_C$        | 0.344 s |
| $S_S$        | 1.200   |
| $C_C$        | 1.362   |
| $S_T$        | 1.200   |
| $q$          | 1.000   |

#### Parametri dipendenti

|        |         |
|--------|---------|
| $S$    | 1.440   |
| $\eta$ | 1.000   |
| $T_B$  | 0.156 s |
| $T_C$  | 0.469 s |
| $T_D$  | 1.942 s |

PROGETTAZIONE ATI:

## 6.6. PROTEZIONE SISMICA DELLE OPERE

La protezione sismica delle opere è ottenuta con l'adozione di isolatori elastomerici, caratterizzati da una bassa rigidezza nel piano orizzontale, che contribuiscono a modificare la risposta sismica del viadotto incrementandone il periodo fondamentale e di conseguenza limitando la forza trasmessa alle sottostrutture.

Gli isolatori in materiale elastomerico ed acciaio sono individuati attraverso le loro curve caratteristiche forza-spostamento, generalmente non lineari, tramite i due parametri sintetici:

la rigidezza equivalente  $K_e$ ,

il coefficiente di smorzamento viscoso equivalente  $\xi_e$ .

Si riportano a seguire le principali caratteristiche prestazionali degli isolatori elastomerici adottati per i viadotti di linea.

| <b>Viadotto</b>   |   |                    | Isolatori di Pila |                  | Isolatori di Spalla |                  |
|-------------------|---|--------------------|-------------------|------------------|---------------------|------------------|
|                   | $S_{SLC}$<br>[mm]                               | $G_{din}$<br>[MPa] | $\xi_e$<br>[%]    | $K_e$<br>[kN/mm] | $\xi_e$<br>[%]      | $K_e$<br>[kN/mm] |
| Vallone Tricarico | 250   | 0.8                | 15                | 1.55             | 15                  | 1.01             |
| Vallone Cerro     | 250   | 0.8                | 15                | 1.09             | 15                  | 0.62             |
| Castagno          | 250   | 0.8                | 15                | 6.04             | 15                  | 6.04             |
| Mezzanelle        | 250   | 0.8                | 15                | 1.09             | 15                  | 0.62             |
| <b>Legenda</b>    |   |                    |                   |                  |                     |                  |
| $S_{SLC}$         | Spostamento agli SLC richiesto                  |                    |                   |                  |                     |                  |
| $G_{din}$         | Modulo di Elasticità tangenziale ( $\gamma=1$ ) |                    |                   |                  |                     |                  |
| $\xi_e$           | Smorzamento viscoso equivalente ( $\gamma=1$ )  |                    |                   |                  |                     |                  |
| $K_e$             | Rigidezza orizzontale                           |                    |                   |                  |                     |                  |

I giunti di dilatazione presenti sono dimensionati per poter raggiungere uno spostamento pari a:  $S = \pm 250$  mm.