

S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLÌ
LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA
 DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389

PROGETTO DEFINITIVO

COD. CA22

PROGETTAZIONE: ANAS – DIREZIONE PROGETTAZIONE E REALIZZAZIONE LAVORI

PROGETTISTA E RESPONSABILE INTEGRATORE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE

Ing. M. RASIMELLI
 Ordine Ingegneri Provincia di Perugia n. A632

GRUPPO DI PROGETTAZIONE

Ing. D. BONADIES	Ing. M. PROCACCI
Ing. P. LOSPENNATO	Ing. R. CERQUIGLINI
Ing. S. PELLEGRINI	Ing. M. CARAFFINI
Ing. A. POLLI	Geom. M. BINAGLIA
Ing. M. MARELLI	
Ing. A. LUCIA	

IL RESPONSABILE DEL S.I.A.

Arch. E. RASIMELLI

IL GEOLOGO

Dott. S. PIAZZOLI

COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE

Ing. L. IOVINE

VISTO: IL RESP. DEL PROCEDIMENTO

Ing. F. RUGGIERI

PROTOCOLLO

DATA:

IL GRUPPO DI PROGETTAZIONE:



MANDATARIA



PINI SWISS ENGINEERS SA
SWISS

Via Besso 7 - 6900 Lugano - Svizzera

MANDANTE



PINI SWISS ENGINEERS Srl
ITALIA

Via Covour 2 - 22074 Lomazzo (CO) - Italia

MANDANTE

RELAZIONE SISMICA

CODICE PROGETTO		NOME FILE T00_GE01_GEO_RE04_A			REVISIONE	PAG.																									
PROGETTO: <table border="1"><tr><td>D</td><td>P</td><td>C</td><td>A</td><td>2</td><td>2</td></tr></table> LIV. PROG.: <table border="1"><tr><td>D</td></tr></table> N. PROG.: <table border="1"><tr><td>2</td><td>0</td><td>0</td><td>2</td></tr></table>		D	P	C	A	2	2	D	2	0	0	2	CODICE ELAB.: <table border="1"><tr><td>T</td><td>0</td><td>0</td></tr></table> <table border="1"><tr><td>G</td><td>E</td><td>0</td><td>1</td></tr></table> <table border="1"><tr><td>G</td><td>E</td><td>O</td></tr></table> <table border="1"><tr><td>R</td><td>E</td><td>0</td><td>4</td></tr></table>			T	0	0	G	E	0	1	G	E	O	R	E	0	4	A	1 di 19
D	P	C	A	2	2																										
D																															
2	0	0	2																												
T	0	0																													
G	E	0	1																												
G	E	O																													
R	E	0	4																												
D																															
C																															
B																															
A	PRIMA EMISSIONE	AGOSTO 2020	GHIRLANDA	PIAZZOLI-	RASIMELLI																										
REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO																										

<p>ANAS S.p.A. S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLI LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389 Relazione Sismica</p>	<p>File: T00_GE_01_GEO_RE04_A Data: Agosto 2020 Pag. 2 di 19</p>
--	--

SOMMARIO

1. PREMESSA	3
2. RIFERIMENTI NORMATIVI	4
2.1 Normativa sui vincoli	4
3. DESCRIZIONE SINTETICA DEL PROGETTO	5
4. LOCALIZZAZIONE GEOGRAFICA	6
5. SISMICITÀ DELL'AREA	8
5.1 Sismicità storica	10
5.2 Sismicità attuale	12
5.3 Pericolosità sismica	15
5.4 Categoria di sottosuolo	17
6. RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI	19

<p>ANAS S.p.A. S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLI LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389</p> <p>Relazione Sismica</p>	<p>File: T00_GE_01_GEO_RE04_A Data: Agosto 2020 Pag. 3 di 19</p>
---	--

1. PREMESSA

Nell'ambito dell'esecuzione del progetto definitivo "S.S.389 tronco Villanova – Lanusei – Tortoli – lotto bivio Villagrande-svincolo di Arzana", sono stati effettuati i rilievi e gli approfondimenti propedeutici alla redazione degli elaborati di sintesi previsti dal progetto stesso. In particolare il lavoro si è svolto attraverso le seguenti fasi operative:

- acquisizione ed analisi degli studi geologici esistenti riguardanti l'area di interesse;
- approfondimenti conoscitivi mediante studi fotointerpretativi condotti su ortofoto;
- rilievi diretti sul terreno mirati alla definizione delle caratteristiche geologiche, geomorfologiche ed idrogeologiche dell'area, in conformità con gli standard metodologici di maggior rilievo a livello nazionale, come quelli dell'ISPRA;
- rilievi diretti mirati all'analisi ed alla definizione delle caratteristiche geomeccaniche degli ammassi rocciosi interessati dalle opere in progetto, in conformità con gli standard metodologici più importanti a livello internazionale, come quelli dell'ISRM;
- acquisizione ed analisi delle indagini geognostiche disponibili ed appositamente realizzate nell'area di interesse progettuale;
- analisi dei dati e redazione delle presenti note di sintesi e degli elaborati cartografici a corredo.

<p>ANAS S.p.A. S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLI LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389</p> <p>Relazione Sismica</p>	<p>File: T00_GE_01_GEO_RE04_A Data: Agosto 2020 Pag. 4 di 19</p>
---	--

2. RIFERIMENTI NORMATIVI

Di seguito si riporta una sintesi della normativa nazionale e regionale di riferimento per il presente studio:

- D.M. LL.PP. del 16/01/1996 "Norme Tecniche per le Costruzioni in zone sismiche";
- UNI EN del 1997 "Eurocodice 7 - Progettazione geotecnica";
- UNI EN del 1998 "Eurocodice 8 - Progettazione delle strutture per la resistenza sismica";
- D.P.R. 380 del 06/06/2001 "Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia";
- D.M. Infrastrutture del 17/01/2018 "Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni".
- Circolare 7 del 21 gennaio 2019 C.S.LL.PP. - Istruzioni per l'applicazione dell' "Aggiornamento delle "Norme Tecniche per le Costruzioni" " di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018

2.1 Normativa sui vincoli

Nel seguito vengono elencati i riferimenti normativi relativi a tutti i vincoli territoriali consultati per il presente lavoro:

- R.D.L. 3267 del 30/12/1923 "Riordinamento e riforma della legislazione in materia di boschi e di territori montani";
- R.D. 1126 del 16/05/1926 "Approvazione del regolamento per l'applicazione del regio decreto 30 dicembre 1923, n. 3267, concernente il riordinamento e la riforma della legislazione in materia di boschi e di terreni montani";
- L. 267 del 03/08/1998 "Conversione in legge, con modificazioni, del decreto-legge 11 giugno 1998, n. 180, recante misure urgenti per la prevenzione del rischio idrogeologico ed a favore delle zone colpite da disastri franosi nella regione Campania"
- D.Lgs. 152 del 03/04/2006 "Norme in materia ambientale".

<p style="text-align: center;">ANAS S.p.A. S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLI LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389 Relazione Sismica</p>	<p>File: T00_GE_01_GEO_RE04_A Data: Agosto 2020 Pag. 5 di 19</p>
--	--

3. DESCRIZIONE SINTETICA DEL PROGETTO

Il progetto in oggetto rientra nei lavori della nuova SS389, della quale sono stati già realizzati i tratti a nord dello svincolo di Villagrande Strisaili.

L'intervento prevede una variante della SS389 nel tratto tra Villagrande Strisaili e Arzana, a due corsie (categoria C ex DM 05.11.2001) per una estesa di circa 6 km. La variante si sviluppa nell'ambito del corridoio già interessato dalla statale esistente, e prevede la realizzazione di diversi viadotti ed opere di sostegno, oltre a svincoli di allaccio alla statale esistente.

L'opera migliora le caratteristiche geometriche della strada statale, che presenta attualmente elevata tortuosità, incrementando il livello di sicurezza in esercizio.

4. LOCALIZZAZIONE GEOGRAFICA

L'area di studio si colloca nella porzione centro-occidentale della Sardegna, lungo la S.S.389 tronco Villanova – Lanusei – Tortoli – lotto bivio Villagrande-svincolo di Arzana. La tratta di studio interessa i territori dei comuni di Arzana e Villagrande Trisaili, in provincia di Nuoro (NU). Il tracciato in esame si sviluppa tra località Fiera del Bestiame, a nord, e località Coa e Cea, a sud, in prossimità del Lago alto di Flumendosa.

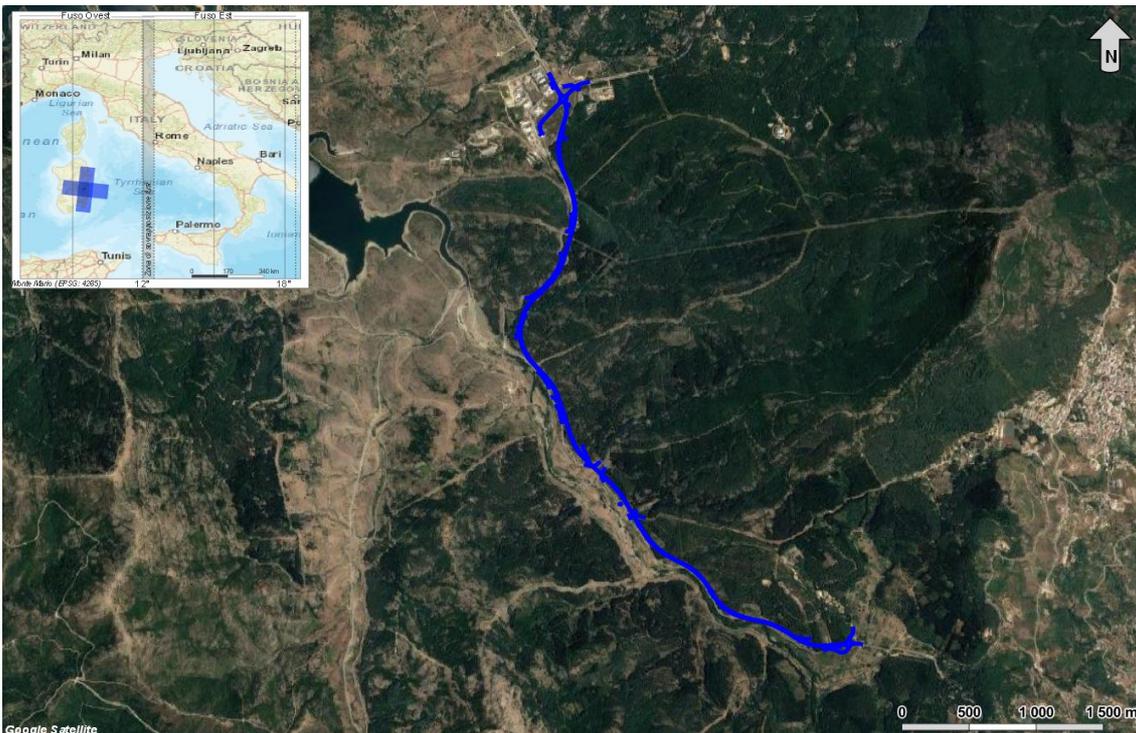


Figura 1 – Corografia in scala 1:50000 dell'area di studio geologico con individuazione della tratta di studio della s.s. 389 (in blu).

Con riferimento alla Carta Topografica d'Italia edita dall'Istituto Geografico Militare Italiano (I.G.M.I.), l'area di studio è individuabile all'interno del Foglio 219 (Lanusei) in scala 1:100000, nelle Tavole 219-IV-NO (Villagrande Strisaili) e 219-IV-SO (Lanusei), in scala 1:25000 e, con riferimento alla Carta Tecnica Regionale della Regione Sardegna, nelle sezioni 531060 e 531070, in scala 1:10000.

Dal punto di vista orografico il tracciato in esame impegna settori di territorio posti a quote comprese tra 804 m s.l.m. e 885 m s.l.m. circa. Dal punto di vista morfologico, invece, si sviluppa lungo le pendici del massiccio dei Monti del Gennargentu, in particolare lungo la parte bassa dei versanti di Monte Idolo, immergenti a sud-ovest.

Il principale corso d'acqua dell'area è rappresentato dal Fiume Flumendosa, posto subito ad ovest del tracciato in esame. Tale corso d'acqua nasce dai Monti del Gennargentu, attraversa il Lago alto del Flumendosa e il Lago basso del Flumendosa e sfocia nel mar

<p style="text-align: center;">ANAS S.p.A. S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLI LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389</p> <p style="text-align: center;">Relazione Sismica</p>	<p>File: T00_GE_01_GEO_RE04_A Data: Agosto 2020 Pag. 7 di 19</p>
---	--

Tirreno a Villaputzu. Gli elementi idrografici che interessano direttamente la tratta in esame sono invece rappresentati, da nord a sud, dal Bacu Gerdilis e da Bacu Idolo. Ad essi si aggiungono una serie di corsi d'acqua secondari, a carattere stagionale e/o torrentizio, e numerosi solchi da ruscellamento concentrato attivi solo in concomitanza con eventi meteorici particolarmente intensi.

5. SISMICITÀ DELL'AREA

Le caratteristiche di sismicità del Blocco Sardo-Corso sono da porre in relazione, sostanzialmente, con l'evoluzione geodinamica del Mediterraneo occidentale e delle catene montuose che lo circondano (Cherchi & Schroeder 1976; Barca & Costamagna 1997, 2000; Carmignani et al. 2001). Infatti, il basamento della Sardegna rappresenta un segmento della Catena Ercinica Sud-Europea, formatosi a partire dal Paleozoico e separatosi dalla stessa durante il Miocene inferiore (Cherchi & Montadert 1982; Cocco 2013; Pertusati et al. 2002).

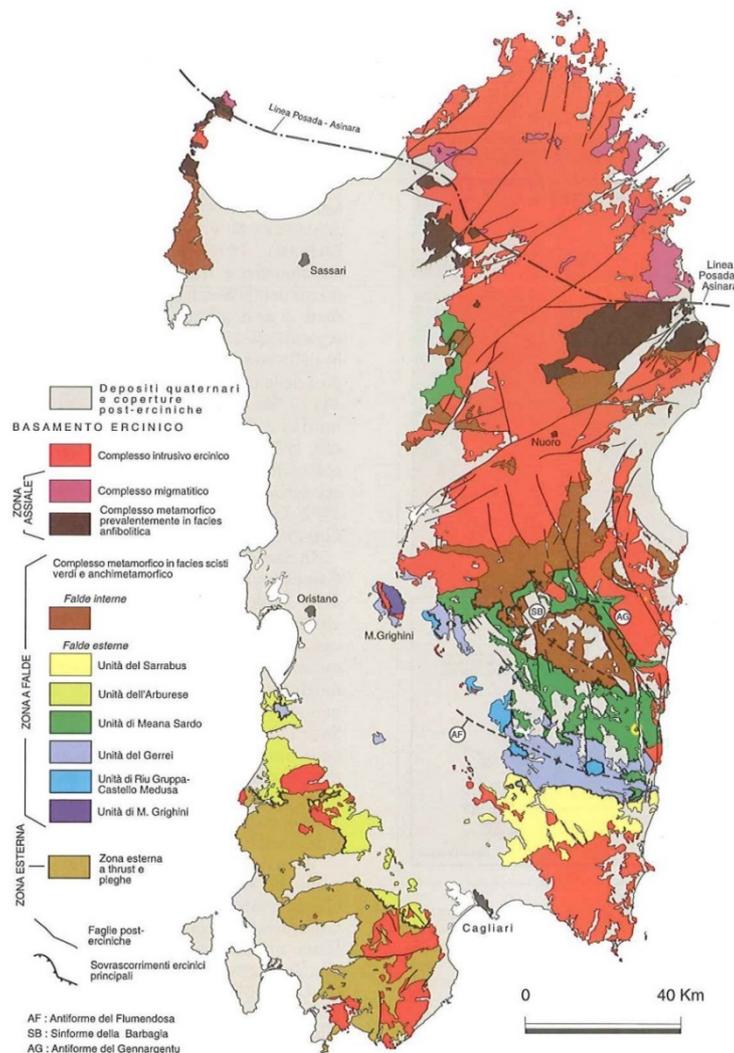


Figura 2 – Schema dei principali elementi strutturali del basamento ercinico sardo (da Carmignani et al. 2001).

Durante il Miocene superiore, il principale evento geodinamico dell'area è rappresentato dalla strutturazione dell'attuale margine orientale dell'isola, che si protrae fino a parte del

Quaternario (Masce & Rehault 1990). In questo periodo, i principali eventi geodinamici che hanno condizionato la tettonica distensiva della Sardegna sono rappresentati quindi dalla migrazione dell'Arco Appenninico settentrionale sull'avanzata del margine adriatico e, soprattutto l'apertura del Bacino Tirrenico meridionale (Carmignani et al. 2001; Pertusati et al. 2002).

Detto ciò, la convinzione che la Sardegna sia una regione "non sismica" è diffusa e radicata profondamente nell'opinione popolare. Tuttavia, nonostante il Blocco Sardo-Corso sia una tra le zone più antiche e stabili dell'intera area mediterranea, negli ultimi decenni non pochi sono stati i terremoti di energia non trascurabile localizzati in Sardegna o nelle sue immediate vicinanze (<https://ingvterremoti.wordpress.com/2016/06/04/i-terremoti-nella-storia-cagliari-adi-4-juny-terremotus-factus-est-1616/>).

La consultazione del database DISS (vers. 3.2.1., 2018), relativo alle potenziali sorgenti sismogenetiche con magnitudo maggiore di 5.5, mostra che il tracciato di progetto non è interessato dalla presenza di potenziali faglie sismogenetiche.

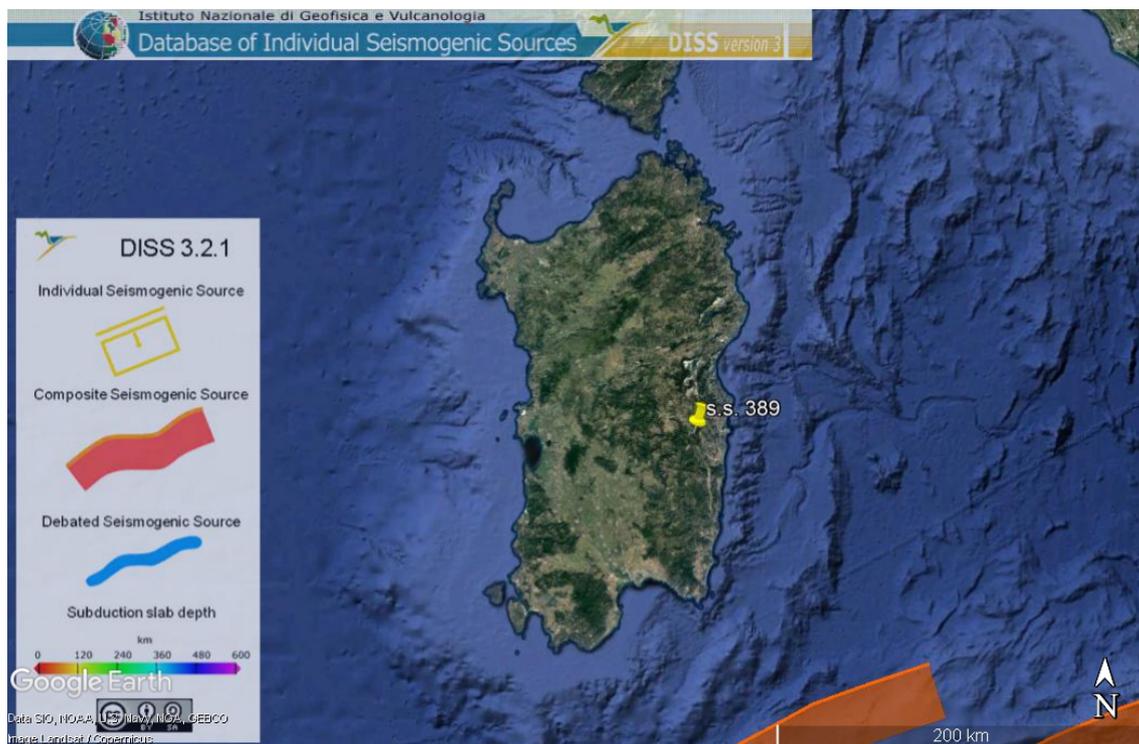


Figura 3 - Localizzazione delle potenziali sorgenti di terremoti con $M > 5.5$ nell'area di studio (da DISS Working group 2018, Database of Individual Seismogenic Sources (DISS), versione 3.2.1., <http://diss.rm.ingv.it/dissmap/dissmap.phtml>).

<p>ANAS S.p.A. S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLI LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389</p> <p>Relazione Sismica</p>	<p>File: T00_GE_01_GEO_RE04_A Data: Agosto 2020 Pag. 10 di 19</p>
--	--

5.1 Sismicità storica

Nonostante il catalogo sismico (CPTI15) copra un intervallo tempo di oltre 2000 anni, molti degli eventi registrati nell'area in esame si sono concentrati nell'arco di quattro secoli, tra il 1616 e il 2017, anche per via della maggiore accuratezza e della completezza dei documenti storici rinvenuti. L'ultimo terremoto di una certa intensità, infatti, è stato quello del 2006, con una Magnitudo momento pari a 4.03 localizzato a Capo Teulada. In Tabella 1 sono riportati, in ordine temporale, i parametri sismici relativi ai principali terremoti registrati nell'area della Sardegna.

A prova del fatto che la Sardegna non è esente da una certa sismicità si riportano le seguenti notizie storiche: un sisma si verificò alle tre del pomeriggio del 4 giugno 1616, come riportato dalla testimonianza del priore di Selargius, dove il terremoto fu avvertito molto sensibilmente: “[...] 1616, vuy alls 4 de juni 1616 di sa presente, après dinar a les 3 hores ha vingut un terramotu que batas, les cases parexian que ne caian y la terra tremulava de tal manera 10uel es persones y totes les cases tremulavan [...]”; lo stesso priore riferisce che un ulteriore terremoto fu avvertito a Selargius un anno dopo, alle cinque pomeridiane del 24 giugno 1617: “[...] 1617. Vuy als 24 de juny die de Saint Juan y di sa presente del any 1617 a la cinch horas après dinar ha vingut altre terramotu de la matexa manera que està notat lo de damunt si be dura mes poch [...]” (Cabizzosu et al. 2003).

Data	Ora	Area epicentrale	I (Mcs)	I _o	M _w
04/06/1616	-	Sardegna meridionale	D	6-7	4.91
17/08/1771	18:00	Sardegna meridionale	HF	5	4.43
13/11/1948	09:52	Mar di Sardegna	D	6	4.72
26/04/2000	13:37	Tirreno centrale	5	-	4.77
24/10/2006	10:47	Capo Teulada	-	-	4.03

Tabella 1 – Parametri sismici relativi ai principali terremoti storici dell'area sarda (<http://emi-dius.mi.ingv.it/DBMI15>). Legenda: I= intensità massima, I_o= intensità epicentrale, M_w= Magnitudo momento.

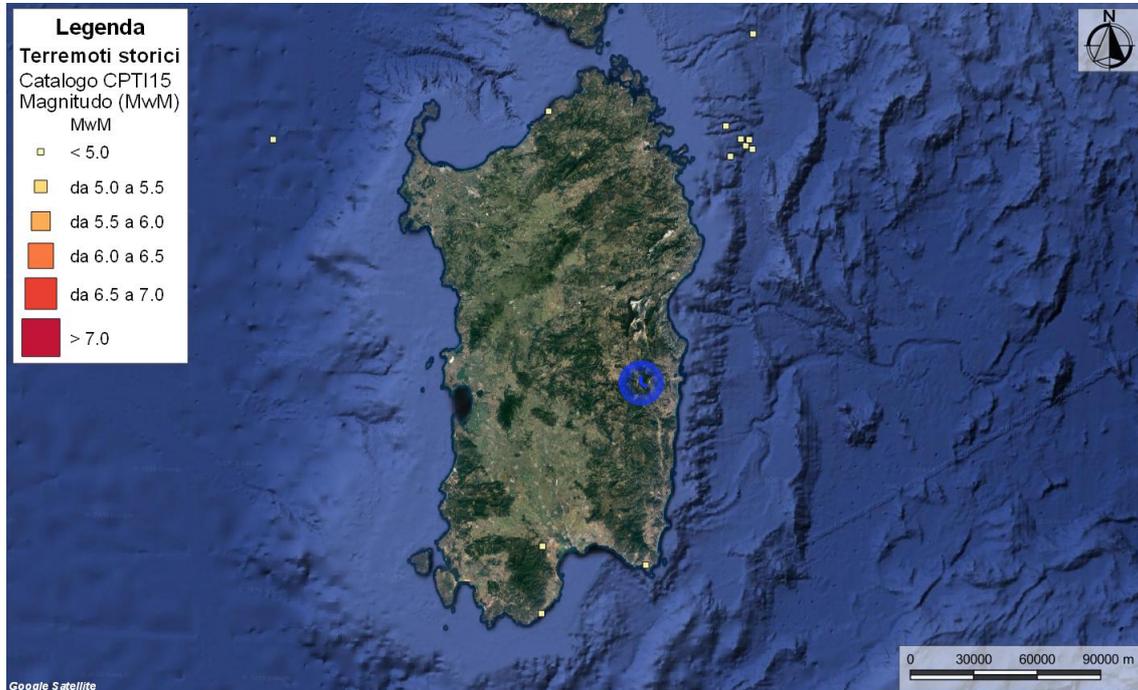


Figura 4 – Epicentri e magnitudo dei principali terremoti storici che hanno interessato l'area di studio (da catalogo CPTI15) con indicazione del tracciato di progetto (blu).

Il 18 giugno 1970 un terremoto di magnitudo Mw 4.8 (CPTI15) localizzato nel Mare di Sardegna, alcune decine di chilometri a nord-ovest di Porto Torres, viene avvertito distintamente anche lungo le coste liguri e in Costa Azzurra. Sette anni più tardi, il 28 agosto 1977, è la volta di un terremoto di magnitudo Mw 5.4 localizzato in mare, un centinaio di km a sud-ovest di Carloforte, che viene avvertito in tutta la Sardegna meridionale. Il 26 aprile 2000, due forti scosse (la maggiore di magnitudo Mw 4.8) localizzate nel Tirreno centrale, poche decine di km a est di Olbia, sono avvertite in gran parte dell'isola suscitando spavento lungo la costa nord-orientale, in particolare a Olbia e Posada (tratto da <https://ingvterremoti.wordpress.com/2016/06/04/i-terremoti-nella-storia-cagliari-adi-4-juny-terremotus-factus-est-1616/>).

Quindi, come si può notare anche dai dati contenuti nel Catalogo Parametrico dei Terremoti italiani (CPTI15), l'area in questione è stata interessata da alcuni eventi sismici di una certa intensità, come ad esempio quello del 1616 di magnitudo 4.91 (Sardegna meridionale) o del 1948 di magnitudo 4.83 (Mar di Sardegna).

Di seguito sono elencati gli eventi sismici riportati nel Database Macrosismico Italiano pubblicato dall'INGV (versione DBMI15 v2.0, Rovida et al. 2019) al fine di documentare la storia sismica dei centri abitati di Villagrande Strisaili e Arzana (<http://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15/>).

<p>ANAS S.p.A. S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLI LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389</p> <p>Relazione Sismica</p>	<p>File: T00_GE_01_GEO_RE04_A Data: Agosto 2020 Pag. 12 di 19</p>
--	--

Storia sismica di Villagrande Strisaili

[39.961, 9.507]

Numero eventi: 2

Effetti	In occasione del terremoto del:				
I [MCS]	Data	Ax	NMDP	Io	Mw
NF	2000 04 26 13 37 46.78	Tirreno centrale	265		4.77
NF	2004 12 12 11 52 33.18	Tirreno centrale	40		4.06

Tabella 2 - Sintesi dei principali terremoti storici che hanno interessato il centro abitato di Villagrande Strisaili (da Database Macrosismico Italiano, DBMI15). Legenda: I intensità al sito (MCS); Ax area epicentrale; NMDP numero di osservazioni macrosismiche del terremoto; Io intensità massima (MCS); Mw magnitudo momento.

Storia sismica di Arzana

[39.918, 9.528]

Numero eventi: 2

Effetti	In occasione del terremoto del:				
I [MCS]	Data	Ax	NMDP	Io	Mw
3-4	2000 04 26 13 37 46.78	Tirreno centrale	265		4.77
NF	2004 12 12 11 52 33.18	Tirreno centrale	40		4.06

Tabella 3 - Sintesi dei principali terremoti storici che hanno interessato il centro abitato di Arzana (da Database Macrosismico Italiano, DBMI15). Legenda: I intensità al sito (MCS); Ax area epicentrale; NMDP numero di osservazioni macrosismiche del terremoto; Io intensità massima (MCS); Mw magnitudo momento.

5.2 Sismicità attuale

L'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n° 3274 del 20/03/2003 (e successive modifiche ed integrazioni) – “Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di Normative tecniche per le costruzioni in zona sismica” disciplinava la classificazione sismica dei comuni d'Italia. Secondo tale normativa i territori dei comuni Villagrande Strisaili e Arzana ricadevano in **Zona sismica 4** con livello di pericolosità medio, ovvero aree che potrebbero essere interessate da eventi sismici abbastanza deboli ($ag \leq 0.05$).

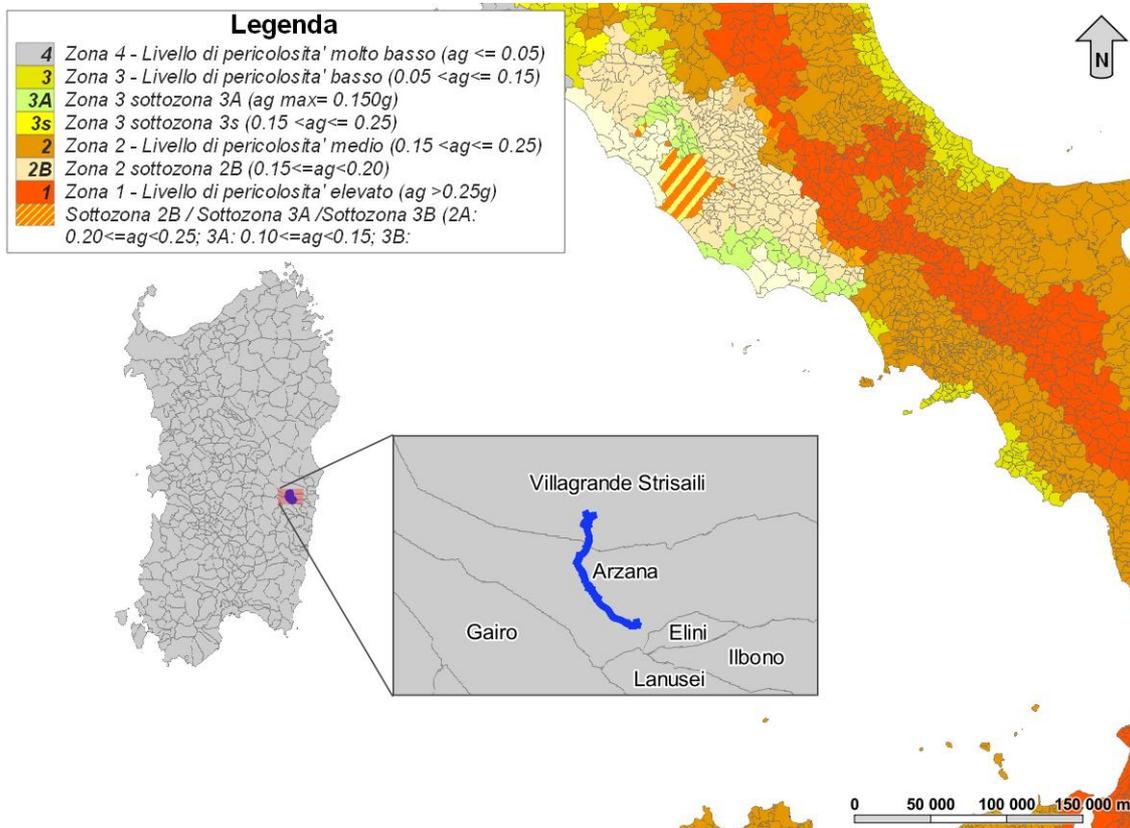


Figura 5 – Stralcio della carta Classificazione sismica dei comuni italiani 2012.

In seguito a tale classificazione, effettuata per ognuno dei comuni d'Italia, è stato emanato un nuovo provvedimento che prevede l'adozione delle stime di pericolosità sismica contenute nel Progetto S1 dell'INGV-DPC. Detto studio è stato condotto dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV) che ha prodotto, per l'intera comunità nazionale, uno strumento scientificamente valido ed avanzato, nonché utilizzabile nell'immediato in provvedimenti normativi.

In particolare, con tale provvedimento è stato superato il concetto di una classificazione sismica legata al singolo territorio comunale e si è posta nuova attenzione sul concetto di una pericolosità sismica uniforme a livello nazionale, stimata sulla base di quattro fondamentali zone sismiche. La vecchia classificazione sismica produceva, sovente, situazioni in cui un comune classificato sismico era fisicamente confinante con un comune non classificato e, pertanto, si assisteva ad un brusco cambiamento nei parametri sismici che avveniva in un breve arco di territorio.

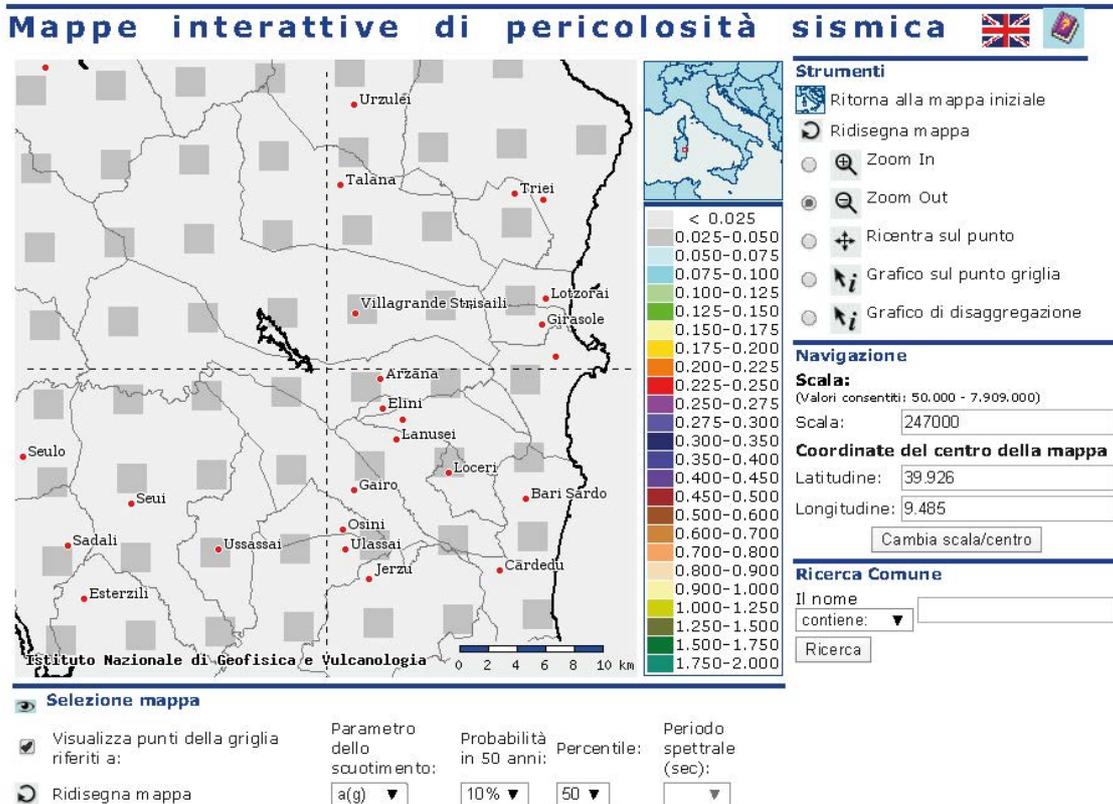


Figura 6 – Mappa di pericolosità sismica per l'area di interesse; i colori della legenda indicano le diverse accelerazioni del suolo (<http://esse1-gis.mi.ingv.it>).

Oggi giorno la pericolosità sismica è stimata con una precisione maggiore e, di fatto, le variazioni tra le caratteristiche sismiche di aree adiacenti sono continue e graduali. Successivamente verrà mantenuta, infatti, la classificazione secondo la quale il territorio nazionale è suddivisibile in quattro differenti classi sismiche, ma a scopo esclusivamente amministrativo. All'attuale stato delle conoscenze e del progresso scientifico è possibile, attraverso l'applicazione *WebGIS*, consultare in maniera interattiva le mappe di pericolosità sismica (cfr. Figura 6). In particolare, per la zona interessata dalla tratta stradale progettuale, i valori di accelerazione al suolo (con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni) sono compresi all'incirca nell'intervallo 0.025-0.050 a_g (accelerazione massima del suolo).

Infine, la consultazione del *database* del progetto *ITHACA (ITaly HAZard from CAPable faults)* ha permesso di definire l'eventuale presenza di faglie capaci, definite come lineamenti tettonici attivi che possono potenzialmente creare deformazioni in superficie e produrre fenomeni dagli effetti distruttivi per le opere antropiche. Tali studi evidenziano l'assenza di faglie capaci nell'area di stretto interesse progettuale e in corrispondenza delle opere in progetto.

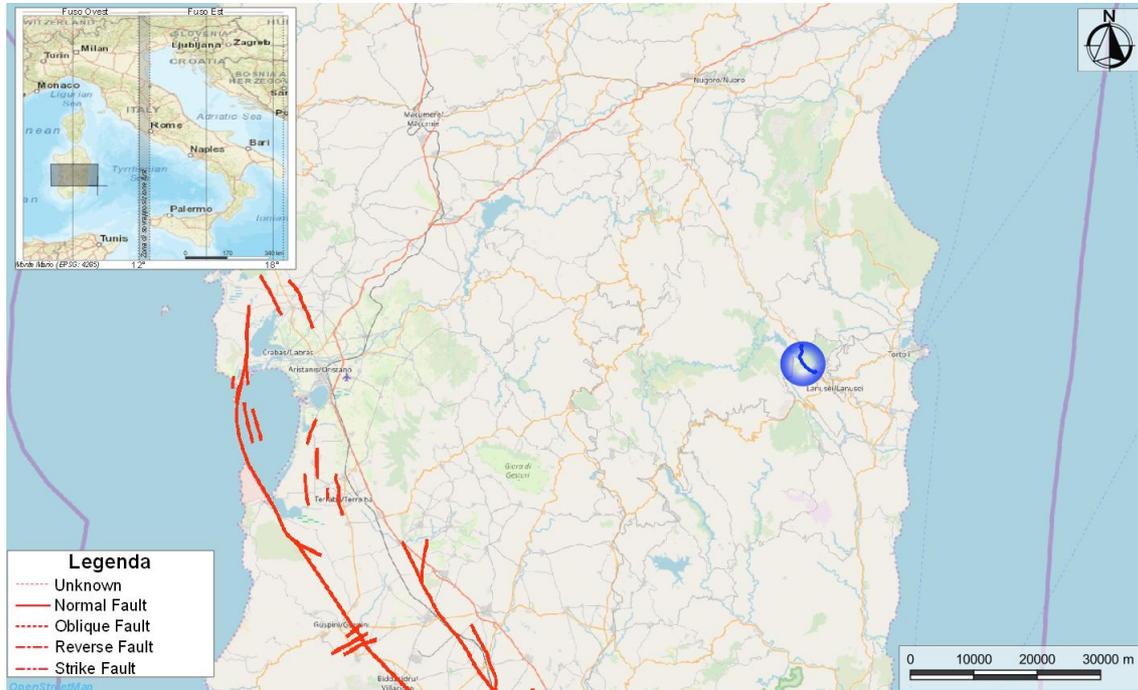


Figura 7 – Stralcio cartografico dell'area di interesse con individuazione della tratta stradale (blu), delle viabilità di progetto (magenta) e delle faglie capaci (Ithaca 2019).

5.3 Pericolosità sismica

La pericolosità sismica di un territorio è funzione di un complesso insieme di parametri naturali e rappresenta la probabilità che un evento sismico di data intensità si manifesti in una certa area in un determinato intervallo di tempo. Diverso è, invece, il concetto di rischio sismico che è il risultato catastrofico dell'evento naturale sul sistema antropico. Affinché si abbia rischio è necessario, pertanto, che uno o più degli elementi antropici esposti (vite umane, attività, beni) possieda un carattere di vulnerabilità tale da determinarne la perdita parziale o totale. La vulnerabilità, in tale accezione, è l'entità della perdita attesa derivante dal manifestarsi di un evento di data intensità nell'area in esame. Non potendo intervenire sulla pericolosità, che dipende esclusivamente da dinamiche naturali, si può intervenire sulla vulnerabilità degli elementi esposti al rischio e, quindi, sul rischio totale.

Oltre alla conoscenza della probabilità di accadimento di un evento sismico, delle caratteristiche della sorgente sismogenetica e delle modalità di propagazione della perturbazione, è necessario analizzare le caratteristiche locali del sito di studio. Queste, infatti, condizionano la reazione del terreno all'*input* sismico in termini di variazione del contenuto in frequenza del segnale, amplificazione/smorzamento dell'onda e perdita o modificazione delle sue caratteristiche di resistenza e deformabilità.

Con riferimento al D.M. Infrastrutture 17 gennaio 2018, sono stati determinati i parametri sismici di progetto per la realizzazione delle opere previste. In particolare, sulla base

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLI</p> <p>LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA</p> <p>DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389</p> <p>Relazione Sismica</p>	<p>File: T00_GE_01_GEO_RE04_A</p> <p>Data: Agosto 2020</p> <p>Pag. 16 di 19</p>
--	---

delle Norme Tecniche per le Costruzioni 2018 e dei dati relativi al progetto S1 dell'INGV-DPC, per tutto il territorio della Sardegna si assumono i parametri spettrali contenuti nella tabella 2 dell'allegato Isole. Per i valori di a_g , F_0 e T_c^* , necessari per la determinazione delle azioni sismiche, si fa riferimento agli Allegati A e B al Decreto del Ministro delle Infrastrutture 14 gennaio 2008 (come previsto dalle NTC 2018 cfr. paragr. 3.2). I parametri forniti possono essere direttamente utilizzati per la ricostruzione degli spettri di risposta del sito e, quindi, per la progettazione di tutte le opere previste in conformità con le vigenti normative a livello nazionale.

T_R anni	a_g g	F_0 -	T_c^* s
30	0.186	2.61	0.273
50	0.235	2.67	0.296
72	0.274	2.70	0.303
101	0.314	2.73	0.307
140	0.351	2.78	0.313
201	0.393	2.82	0.322
475	0.500	2.88	0.340
975	0.603	2.98	0.372
2475	0.747	3.09	0.401

Tabella 4 - Parametri di riferimento del moto sismico in superficie per i differenti periodi di ritorno (T_R) considerati validi per tutto il territorio della Sardegna (da NTC2008, come previsto dalle NTC2018).

5.4 Definizione dell'azione sismica di riferimento

Sulla base delle indicazioni delle NTC2018 si assumono i seguenti valori per determinare l'azione sismica di riferimento nei comuni di Arzana e Villagrande Strisali interessati dall'opera:

- vita nominale: $V_N = 50$ anni (costruzioni con livelli di prestazione ordinari)
- coefficiente d'uso: $C_U = 2$
- periodo di riferimento: $V_R = V_N \times C_U = 100$ anni:
- stato limite ultimo di salvaguardia della vita, SLV
- probabilità di superamento associata allo stato limite SLV: PVR = 10% periodo di ritorno: $TR = -VR / \ln(1 - PVR) = 949$ anni
- categoria di sottosuolo: B
- categoria topografica: T1

I parametri sismici principali sono riassunti nella seguente Tabella 5 (le accelerazioni di riferimento sono riportate all'allegato 2 del DM2008 cui il DM2018 rimanda).

<p>ANAS S.p.A. S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLI LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389</p> <p>Relazione Sismica</p>	<p>File: T00_GE_01_GEO_RE04_A Data: Agosto 2020 Pag. 17 di 19</p>
--	--

	P _{VR} [%]	T _R [anni]	a _g [g]	F ₀ [-]	T _C * [s]
SLO	81%	60	0,0254	2,685	0,300
SLD	63%	101	0,0313	2,730	0,307
SLV	10%	949	0,0599	2,976	0,371
SLC	5%	1950	0,0707	3,061	0,393

Tabella 5 – Valori dei parametri per la definizione del sisma di progetto

5.5 Categoria di sottosuolo

I parametri forniti, in funzione di quanto previsto dalle Norme Tecniche per le Costruzioni del 2018, possono essere direttamente utilizzati per la ricostruzione degli spettri di risposta del sito e, quindi, per la progettazione di tutte le opere previste in conformità con le vigenti normative a livello nazionale. La normativa citata prevede, relativamente alla caratterizzazione sismica di un sito (D.M. 17/01/2018 – G.U. Serie Generale n. 42 del 20-2-2018), la determinazione dei valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio, $V_{S,eq}$ (in m/s) per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m è definita dal parametro $V_{S,30}$, ottenuto ponendo H=30 m e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

I valori di V_S possono essere ottenuti mediante specifiche prove oppure, con giustificata motivazione e limitatamente all'approccio semplificato, possono essere valutati tramite relazioni empiriche di comprovata affidabilità con i risultati di altre prove in sito, quali ad esempio le prove penetrometriche dinamiche per i terreni a grana grossa e le prove penetrometriche statiche.

Sulla scorta dei dati a disposizione, tale determinazione è stata effettuata attraverso indagini di tipo geofisico, quali prove *down-hole* e prospezioni sismiche in onda S, che forniscono indicazioni dirette relativamente al valore di $V_{S,eq}$. Si riportano nel seguito le categorie di sottosuolo previste dalla normativa vigente:

- **A:** *ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi* caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m;
- **B:** *rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti*, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s;
- **C:** *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;
- **D:** *depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana*

<p>ANAS S.p.A. S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLI LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389</p> <p>Relazione Sismica</p>	<p>File: T00_GE_01_GEO_RE04_A Data: Agosto 2020 Pag. 18 di 19</p>
--	--

finamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s;

- **E: terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D**, con profondità del substrato non superiore a 30 m.

Nell'ambito del presente studio, le categorie di sottosuolo per l'area di intervento sono state definite in funzione di n. 5 prove Down-Hole e n. 13 prospezioni sismiche in onda S (cfr. T00GE00GEORE02A). In Tabella 6 si riporta una sintesi delle prove effettuate, contenente i valori di $V_{s,eq}$ determinati, la categoria di sottosuolo corrispondente e una sintesi dell'assetto litostratigrafico in corrispondenza della prova.

sigla	tipologia	$V_{s,eq}$ m/s	H m	categoria di sottosuolo	unità geologiche
S2	Down-Hole	715	6	B	VGD1e
S6	Down-Hole	660	5	B	SVI
S9	Down-Hole	640	8	B	SVI
S15	Down-Hole	834	3	A	SVI
S18	Down-Hole	609	9	B	LNU1d

Tabella 6 - Sintesi dei risultati delle prove sismiche realizzate nell'ambito della campagna indagini 2017.

In relazione a quanto emerso dalle analisi geofisiche precedentemente riportate, per i settori di studio presentano una **Categoria di sottosuolo B** (*Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa mediamente molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti*) o **A** (*Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi*).

Si suggerisce l'adozione di una categoria B in quanto la sola prova S15DH presenta un assetto sismostratigrafico probabilmente riconducibile ad una categoria A ma è stata realizzata in contesto morfostratigrafico non perfettamente coerente con quello dell'opera di riferimento (VI04); inoltre le prospezioni sismiche di superficie disponibili LSR09, realizzate in asse al viadotto, dunque maggiormente coerenti con il contesto di riferimento, evidenziano profili sismostratigrafici mediamente riconducibili alla categoria B (T00GE01GEOCS01-2A).

<p>ANAS S.p.A. S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLI LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389</p> <p>Relazione Sismica</p>	<p>File: T00_GE_01_GEO_RE04_A Data: Agosto 2020 Pag. 19 di 19</p>
--	--

6. RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

Boschi E., Guidoboni E., Ferrari G., Mariotti D., Valensise L., Gasperini P., 2000. Catalogue of strong Italian Earthquakes from 461 B.C. to 1997. *Annali di Geofisica* 43: 609-868.

CNR-PFG, 1985. Catalogo dei terremoti italiani dall'anno 1000 al 1980. In: Postpischl D. (ed), CNR-PFG V. 2B, Bologna.

DISS Working Group, 2018. Database of Individual Seismogenic Sources (DISS), Version 3.2.1.: A compilation of potential sources for earthquakes larger than M 5.5 in Italy and surrounding areas. <http://diss.rm.ingv.it/diss/>. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia.

ITHACA Working Group, 2019. ITHACA (ITaly HAZard from CAPable faulting), A database of active capable faults of the Italian territory. Version December 2019. Web Portal <http://sgi2.isprambiente.it/ithacaweb/Mappatura.aspx>. ISPRA Geological Survey of Italy.

Locati M., Camassi R., Rovida A., Ercolani E., Bernardini F., Castelli V., Caracciolo C.H., Tertulliani A., Rossi A., Azzaro R., D'Amico, Antonucci A., 2019. Database Macrosismico Italiano (DBMI15), versione 2.0. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV).

Meletti C., Montaldo V., 2007. Stime di pericolosità sismica per diverse probabilità di superamento in 50 anni: valori di ag. Progetto DPC-INGV S1.

Meletti C., Valensise G., 2004. Zonazione sismogenetica ZS9 - App.2 al Rapporto Conclusivo. Gruppo di Lavoro per la redazione della mappa di pericolosità sismica, Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia.

Rovida A., Locati M., Camassi R., Lolli B., Gasperini P., 2019. Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani (CPTI15), versione 2.0. <https://doi.org/10.13127/CPTI/CPTI15.2>. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV).