

**S.S. 78 "SARNANO - AMANDOLA"**

**LAVORI DI ADEGUAMENTO E/O MIGLIORAMENTO TECNICO FUNZIONALE DELLA SEZIONE STRADALE IN T.S. E POTENZIAMENTO DELLE INTERSEZIONI - 2° STRALCIO**

**PROGETTO DEFINITIVO**

IMPRESA ESECUTRICE		GRUPPO DI LAVORO ANAS:	
			
GRUPPO DI PROGETTAZIONE		RESPONSABILE DEI LAVORI:	
(Mandatario)	 <p><b>S.A.G.I. s.r.l.</b>        Società per l'Ambiente, la Geologia e l'Ingegneria        Via Pasubio,20        63074 San Benedetto del Tronto (AP)        Tel. e Fax 0735.757580        e-mail: info@sagistudio.it PEC: info@pec.sagistudio.it</p>	VISTO: RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO: Ing. Marco Mancina (ANAS S.p.A.)	
(Mandanti)	    		
		PROTOCOLLO:	DATA:

N. ELABORATO:  B201	CAPITOLO B – GEOLOGIA, GEOTECNICA E SISMICA CAPITOLO B2 – SISMICA Relazione sismica
---------------------------	---

CODICE PROGETTO			NOME FILE	REVISIONE	SCALA
PROGETTO	LIV.PROG.	ANNO	TO0GEO0GETRE02A_rel-sism.dwg		
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	CODICE ELAB. TO0GEO0GETRE02	A	-
D					
C					
B					
A	EMISSIONE		OTTOBRE 2023	SGAI	----
REV.	DESCRIZIONE		DATA	REDATTO	VERIFICATO APPROVATO

## INDICE

### INDICE 1

<b>1. <u>PREMESSA</u></b> .....	<b>2</b>
1.1. SCOPO.....	2
1.2. DESCRIZIONE DEL PROGETTO.....	2
<b>2. <u>RIFERIMENTI NORMATIVI</u></b> .....	<b>4</b>
2.1. NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....	4
2.2. ELABORATI DI RIFERIMENTO.....	4
<b>3. <u>LOCALIZZAZIONE GEOGRAFICA</u></b> .....	<b>5</b>
<b>4. <u>INDAGINI SISMICHE ESEGUITE</u></b> .....	<b>6</b>
4.1. CAMPAGNA DI INDAGINI DEL 2022.....	7
4.1.1. Prove sismiche in foro (down-hole).....	7
4.1.2. Misure di rumore sismico ambientale (metodo HVSR).....	9
4.1.3. Indagini sismiche a rifrazione in onda P e in onda S.....	10
<b>5. <u>SISMICITÀ</u></b> .....	<b>14</b>
5.1. SISMICITÀ ATTUALE.....	14
5.2. SISMICITÀ STORICA.....	19
5.3. SORGENTI SISMOGENETICHE.....	25
5.1. FAGLIE CAPACI.....	28
5.2. MICROZONAZIONE SISMICA.....	29
5.3. MAGNITUDO DI RIFERIMENTO.....	31
5.4. AZIONE SISMICA DI RIFERIMENTO.....	33
5.4.1. Categoria di sottosuolo.....	33
5.4.2. Condizioni topografiche.....	34

## 1. PREMESSA

### 1.1. SCOPO

La presente relazione sismica, redatta in ottemperanza alle Leggi vigenti in materia (in particolare DM 14.01.2018 – Aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni”), si pone l’obbiettivo di definire la condizione sismica del sito interessato dal progetto definitivo del 2° stralcio dei lavori di adeguamento e/o miglioramento tecnico funzionale della sezione stradale in T.S. e potenziamento delle intersezioni lungo la S.S. n. 78 “Picena” Sarnano – Amandola (Lotto 2).

Nella presente relazione vengono esaminati e sviluppati i seguenti aspetti:

- descrizione delle indagini sismiche eseguite;
- definizione della sismicità attuale e storica;
- individuazione delle eventuali sorgenti sismogenetiche e faglie capaci;
- definizione della magnitudo di riferimento e dell’azione sismica di riferimento.

### 1.2. DESCRIZIONE DEL PROGETTO

L’intervento in esame riguarda il Progetto Definitivo del 2° Stralcio dei lavori di adeguamento e/o miglioramento tecnico funzionale della sezione stradale in T.S. e potenziamento delle intersezioni lungo la S.S. n. 502 “Cingoli” – S.S.n. 78 “Picena” – nel tratto Sarnano-Amandola (Lotto 2).

L’intervento rientra tra le iniziative del PNC – PNRR: Piano Nazionale Complementare al Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza nei territori colpiti dal sisma 2009-2016, Sub-misura A4, “Investimenti sulla rete stradale statale”.

Il percorso prevede opere d’arte maggiori, costituite da due viadotti ed due galleria, ed opere d’arte minori quali muri di sostegno, terre armate, tombini e attraversamenti.

Per i tratti di adeguamento l’obiettivo del progetto è stato quello, pur limitando quanto più possibile le escursioni fuori sede, di rispettare i parametri della normativa, sia in termini geometrici che di velocità.

Di seguito si riporta l’inquadramento planimetrico dell’opera in oggetto su CTR.



## 2. RIFERIMENTI NORMATIVI

### 2.1. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

- Decreto Ministeriale 17.01.2018 - Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni
- Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici - Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 14 gennaio 2008. Circolare 2 febbraio 2009
- Eurocodice 7.1 (1997) - Progettazione geotecnica – Parte I: Regole Generali. UNI
- Eurocodice 7.2 (2002) - Progettazione geotecnica – Parte II: Progettazione assistita da prove di laboratorio (2002). UNI
- Eurocodice 7.3 (2002) - Progettazione geotecnica – Parte II: Progettazione assistita con prove in sito (2002). UNI
- AGI (1977) Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche.
- AGI – Associazione Geotecnica Italiana (2005) "Aspetti geotecnici della progettazione in zona sismica"

### 2.2. ELABORATI DI RIFERIMENTO

#### CAPITOLO B0 - INQUADRAMENTO GEOLOGICO E IDROGEOLOGICO

- T00GE00GEORE01A Relazione geologica
- T00GE00GEOCG01A Carta Geologica-geomorfologica di dettaglio
- T00GE00GEOFG01A Profilo geologico
- T00GE00GEOSG01A Sezioni geologiche

#### CAPITOLO B1 – GEOTECNICA

- T00GE00GETRE01A Relazione geotecnica
- T00GE00GETFG01A Profilo geotecnico
- T00GE00GETSZ01A Sezioni litotecniche

#### CAPITOLO B2 – SISMICA

- T00GE00GETRE02A Relazione sismica

#### CAPITOLO B3 – INDAGINI

- T00GE00GEOPU01A Planimetria ubicazione indagini e sezioni geologiche

### 3. LOCALIZZAZIONE GEOGRAFICA

Il percorso attuale della SS78 Picena (provinciale 237) attraversa il centro abitato di Sarnano nella zona di separazione fra il borgo storico (ad est) e quello moderno (ad ovest) per poi dirigersi verso Amandola attraverso un territorio morfologicamente complesso, arrivando fino a quote di montagna (650m.s.l.m.).

Superato Cardagnano la strada attuale si abbassa dapprima in una valletta secondaria per poi iniziare una salita piuttosto ripida e tortuosa nella cosiddetta “ansa di Montane” (tornanti e curve di raggio anche inferiore a 40m, in rapida successione e con pendenza media longitudinale prossima al 12%).

Dopo questo primo passaggio ripido e tortuoso la strada continua a salire verso il valico vero e proprio posto a quota 650 m.s.l.m. circa, dapprima con andamento tutto sommato abbastanza lineare e allungato e poi realizzando una seconda ansa planimetrica molto pronunciata, che attraversa l’abitato di Rustici (cosiddetta “ansa di Rustici”), per cominciare a ridiscendere verso Amandola.

Di seguito si riporta il tratto in progetto su ortofoto satellitare.

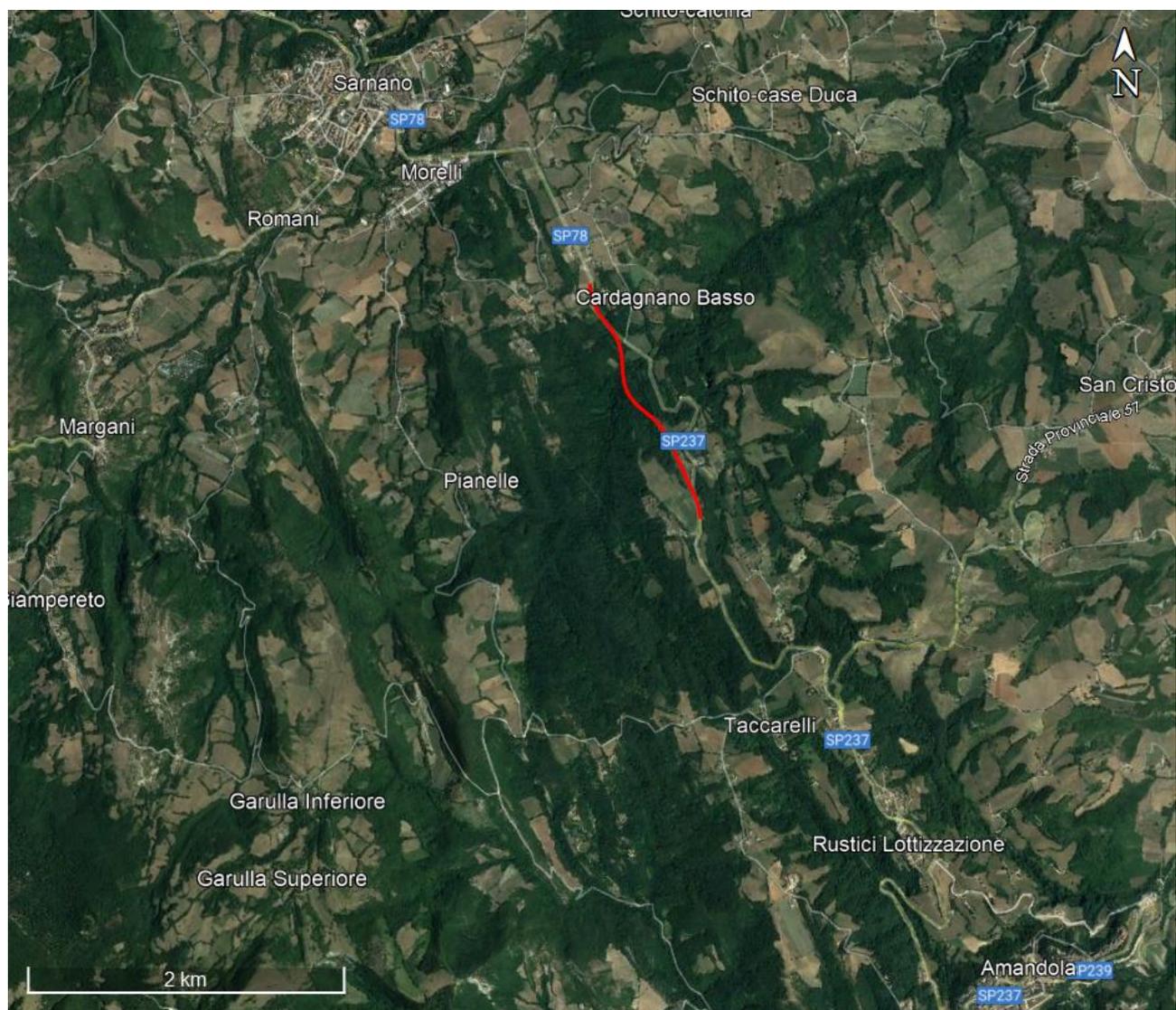


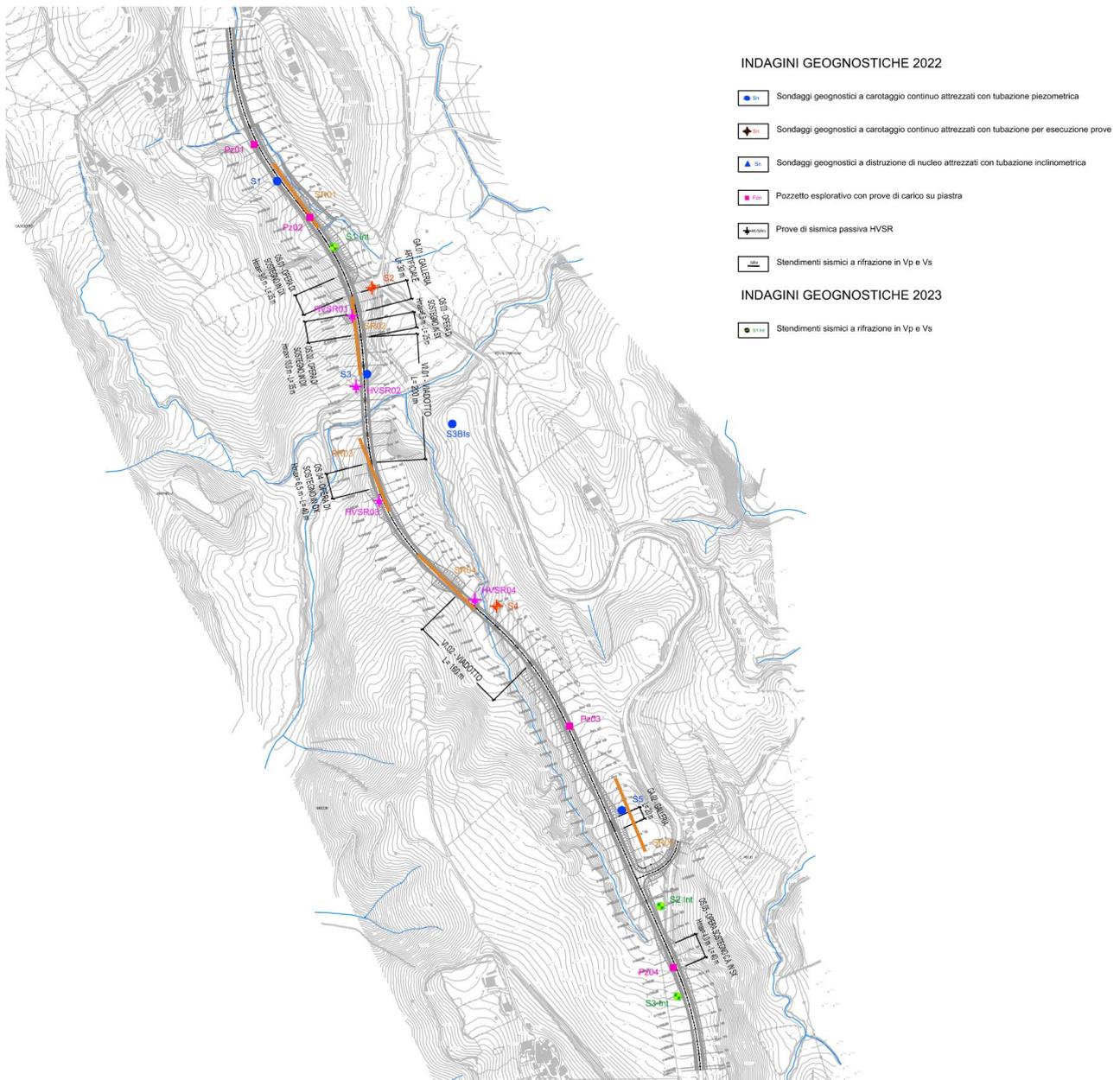
Figura 3-1: inquadramento geografico con ubicazione del tratto in progetto (in rosso).

#### 4. INDAGINI SISMICHE ESEGUITE

Nell'area in esame sono state condotte 2 campagne di indagini geognostiche in sito e in laboratorio: la prima nel 2022, nell'ambito della progettazione preliminare, la seconda nel 2023, per la fase di progettazione definitiva.

Le indagini sismiche sono state eseguite nella prima campagna del 2022.

In si riporta l'ubicazione planimetrica delle indagini in sito relative ad entrambe le campagne effettuate; per i dettagli si rimanda ai relativi elaborati indicati al par. 2.2.



**Figura 4-1 – Planimetria indagini eseguite.**

In seguito, si riportano in sintesi le indagini sismiche eseguite nell'areale di progetto.

#### 4.1. CAMPAGNA DI INDAGINI DEL 2022

È una campagna geognostica eseguita dalla Opere speciali S.r.l., in sede di Progetto di Fattibilità Tecnico Economica; essa ha previsto le seguenti indagini geofisiche:

- n. 2 indagini sismiche in foro di tipo Down Hole;
- n. 5 stendimenti sismici a rifrazione con elaborazione tomografica;
- n. 4 indagini sismiche passive HVSR;

##### 4.1.1. PROVE SISMICHE IN FORO (DOWN-HOLE)

Per la ricostruzione dei profili di velocità in onde  $V_p$  e  $V_s$ , la determinazione dei moduli dinamici dei materiali carotati, la determinazione del parametro  $V_{seq}$  o  $V_{s30}$  ai sensi delle NTC 2018 e la definizione categoria sismica del suolo di fondazione, in corrispondenza dei sondaggi S02 ed S04 opportunamente attrezzati, sono state effettuate n. 2 specifiche prove sismiche in foro di tipo Down-Hole.

**Tabella 4-1: Dettaglio delle misure sismiche in foro tipo down-hole**

Sondaggio (codice)	Profondità (m)	Esecuzione down hole (m)	Impresa esecutrice (-)	Anno (-)
S02	40	40	Albanese Perforazioni srl	Novembre 2022
S04	40	40	Albanese Perforazioni srl	Novembre 2022

#### Down-Hole S02

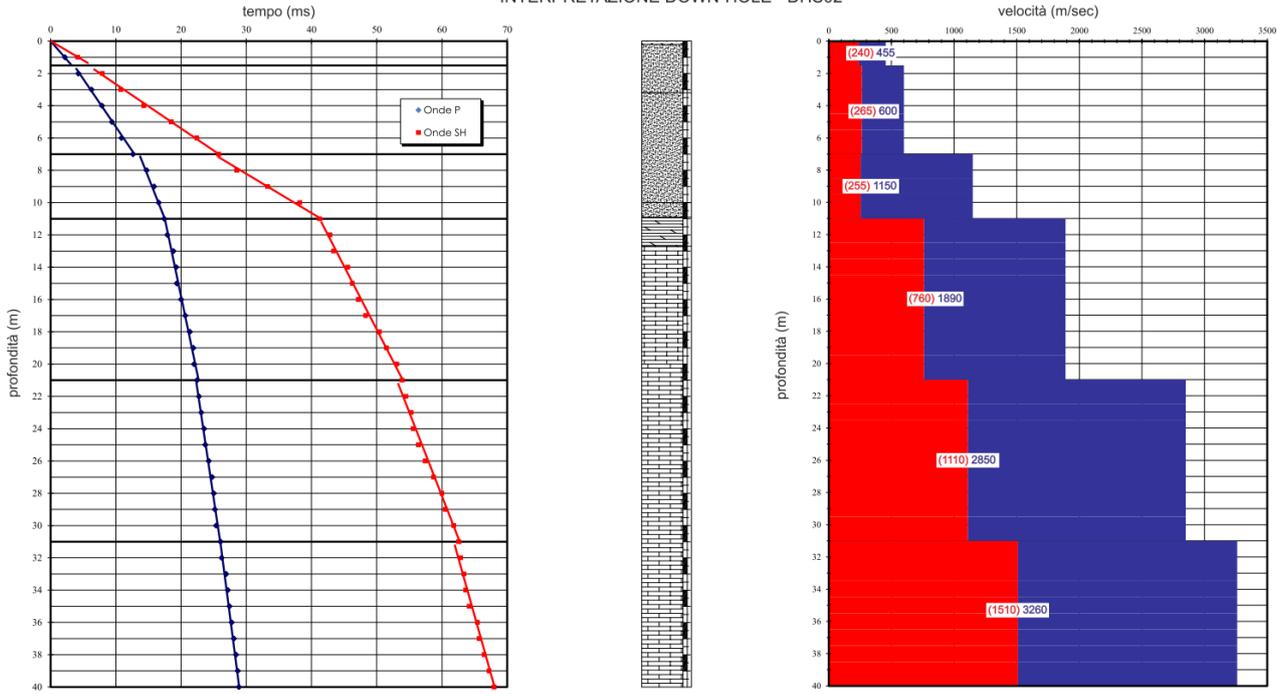
La verticale d'indagine è stata suddivisa in base alle velocità di propagazione delle onde in sei intervalli riassunti nella tabella seguente:

**Tabella 4-2: Sismostrati individuati DHS02**

Livello	Profondità (m)	Velocità onde P (m/sec)	Velocità onde SH (m/sec)	Litologia
1	0,0-1,5	455	240	Terreno vegetale e sabbia giallo rossastra con rari detriti arenacei centimetrici.
2	1,5-7,0	600	265	Sabbia giallo rossastra con rari detriti arenacei centimetrici.
3	7,0-11,0	1150	255	Sabbia debolmente limosa grigio giallastra con lievi cenni di stratificazione.
4	11,0-21,0	1890	760	Arenaria grigia litoide alternata a rari strati decimetrici di marna grigia a tratti fratturata.
5	21,0-31,0	2850	1110	Arenaria grigia litoide alternata a rari strati decimetrici di marna grigia a tratti fratturata.
6	31,0-40,0	3260	1510	Arenaria grigia litoide alternata a rari strati decimetrici di marna grigia a tratti fratturata.

Le velocità sismiche calcolate risultano aumentare con la profondità sino alla massima profondità di investigazione.

INTERPRETAZIONE DOWN-HOLE - DHS02



La categoria di sottosuolo risultante, riferita al piano attuale di campagna, è “B” ( $V_{Seq}$  (m/s) = 376).

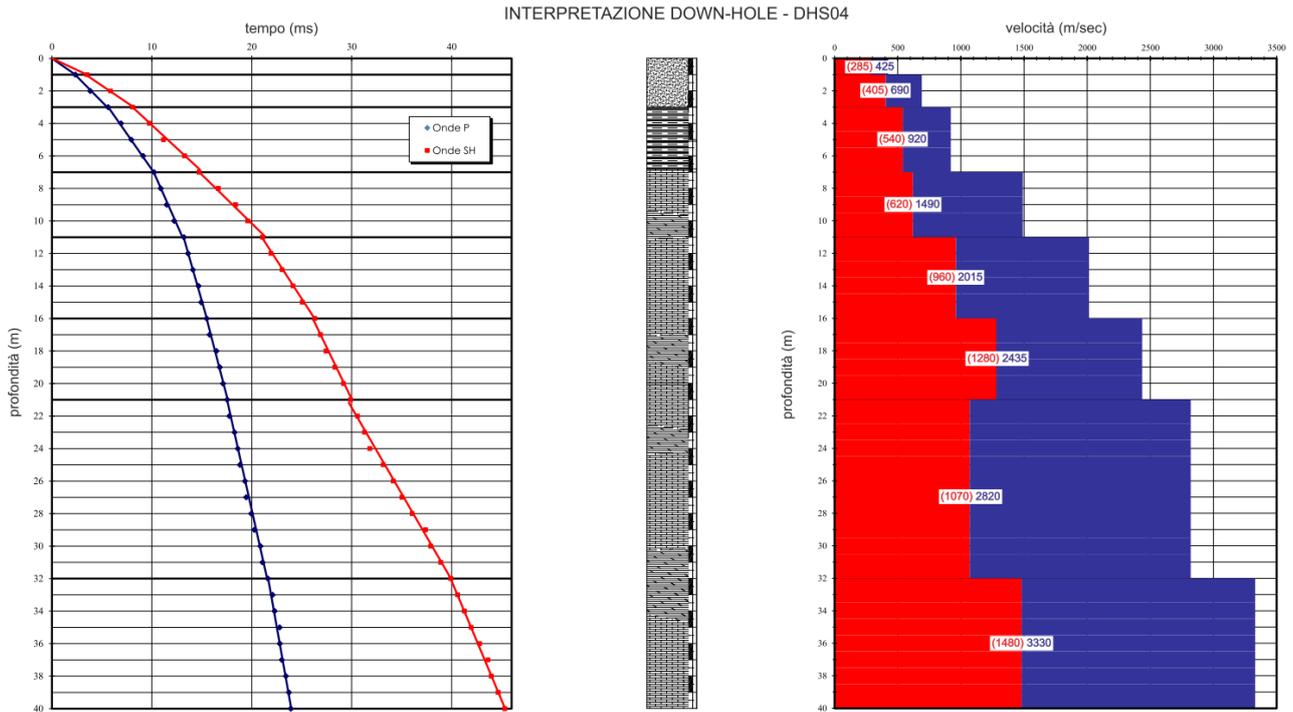
**Down-Hole S04**

La verticale d’indagine è stata suddivisa in base alle velocità di propagazione delle onde in otto intervalli riassunti nella tabella seguente:

**Tabella 4-3: Sismostrati individuati DHS04**

Livello	Profondità (m)	Velocità onde P (m/sec)	Velocità onde SH (m/sec)	Litologia
1	0,0-1,0	425	285	Sabbia limosa giallastra.
2	1,0-3,0	690	405	Sabbia limosa giallastra.
3	3,0-7,0	920	540	Argilla limosa debolmente sabbiosa nocciola.
4	7,0-11,0	1490	620	Alternanze di marna grigia e arenaria grigia. Materiale litoide a tratti fratturato.
5	11,0-16,0	2015	960	Alternanze di marna grigia e arenaria grigia. Materiale litoide a tratti fratturato.
6	16,0-21,0	2435	1280	Alternanze di marna grigia e arenaria grigia. Materiale litoide a tratti fratturato.
7	21,0-32,0	2820	1070	Alternanze di marna grigia e arenaria grigia. Materiale litoide a tratti fratturato.
8	32,0-40,0	3330	1480	Alternanze di marna grigia e arenaria grigia. Materiale litoide a tratti fratturato.

l’interpretazione della prova DHS4, ha evidenziato una inversione di velocità (visibile solamente dalle onde Sh) in corrispondenza dell’intervallo 21,0- 32,0 m da p.c.; le velocità scendono da 1280 a 1070 m/sec.



La categoria di sottosuolo risultante, riferita al piano attuale di campagna, è “B” ( $V_{Seq}$  (m/s) = 493).

#### 4.1.2. MISURE DI RUMORE SISMICO AMBIENTALE (METODO HVSR)

La tecnica a stazione singola passiva H/V, anche detta HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio), permette di stimare l’amplificazione sismica di un terreno attraverso il rapporto tra la componente spettrale orizzontale e quella verticale.

Nello specifico, tale metodo si basa sulla misurazione ed analisi del rumore sismico ambientale nell’intervallo di frequenze d’interesse ingegneristico (0÷20 Hz, corrispondente alle frequenze dei modi di vibrare della maggior parte delle strutture) ed ha il vantaggio di permettere di indagare la risonanza di un terreno (o di un edificio) sollecitato dal solo microtremore, di origine ambientali e/o antropico (vento, traffico ecc.), anche in assenza di un terremoto.

In un sistema costituito da uno strato tenero (es. coperture) + semispazio rigido (es. bedrock), un’onda tenderà a rimanere intrappolata nello strato tenero per riflessioni multiple (alla superficie libera, di nuovo al bedrock ecc.) dando luogo a fenomeni di risonanza per lunghezze d’onda incidenti [ $\lambda = n * 4 * H$ ]. Le frequenze a cui si manifestano le risonanze sono descritte dalla legge:

$$f_{Hz} = n * \frac{V_s}{4H}$$

Dove:

n = ordine del modo di vibrare (fondamentale per n=1);

$V_s$  = velocità delle onde di taglio nello strato che risona;

H = spessore dello strato di riferimento.

Nella maggior parte delle situazioni, a causa dell’attenuazione indotta dalle coperture, il solo modo visibile è il fondamentale.

L'Equazione permette di comprendere come la tecnica H/V possa fornire indicazioni di carattere stratigrafico: a partire da una misura di microtremore che fornisce un valore di frequenza "f", nota la "Vs" delle coperture, si può infatti stimare la profondità dei riflettori sismici principali o viceversa.

Di seguito sono riportate le Frequenze fondamentali di risonanza e relativa Ampiezza ( $F_0$  ed  $A_0$ ), delle indagini eseguite, nell'intervallo di campionamento d'interesse ingegneristico tra 0 Hz e 20 Hz ed Ampiezza superiore a 1, ricordando che la frequenza di risonanza fondamentale è quella relativa alla frequenza più bassa.

**Tabella 4-4 Misure HVSR eseguite**

Indagine n.	$F_0$	$A_0$
HVSR01	4.06 Hz	3.48
HVSR02	14.0 Hz	5.35
HVSR03	4.55 Hz	3.0
HVSR05	4.47 Hz	4.05

I dati d'indagine geofisica HVSR, ove possibile, sono stati correlati con i dati provenienti dai sondaggi geognostici eseguiti nel sito di progetto, ai fini di caratterizzare il profilo stratigrafico del suolo di fondazione e categorizzare le relative Vs.

#### 4.1.3. INDAGINI SISMICHE A RIFRAZIONE IN ONDA P E IN ONDA S

Nella totalità sono stati realizzati n.5 profili sismici a rifrazione; La seguente tabella sintetizza, per ogni stesa, le principali informazioni:

**Tabella 4-5: Riepilogo indagini sismiche a rifrazione.**

n°	Indagine	Lunghezza	geofoni	Shot	Data
(-)	(-)	(m)	(n°)	(n°)	(-)
1	Sr01	120	24	9	05/10/2022
2	Sr02	120	24	9	05/10/2022
3	Sr03	120	24	9	05/10/2022
4	Sr04	120	24	9	05/10/2022
5	Sr05	120	24	9	05/10/2022

Il metodo sismico a rifrazione si basa sulla misura dei tempi di percorso delle onde sismiche di volume (P e S) dirette e rifratte che, partendo in un istante noto da una sorgente artificiale di posizione nota, arrivano ai diversi geofoni (sensori collocati a distanze note dalla sorgente). Le onde dirette sono quelle che si propagano direttamente dalla sorgente ai geofoni, senza scendere in profondità, invece, le onde rifratte sono quelle che, dopo essere penetrate in profondità nel sottosuolo, incontrano un rifratte (superficie di aumento brusco della velocità di propagazione) e vengono da esso trasmesse in superficie (a causa del fenomeno dell'incidenza critica dei raggi sismici).

Pertanto, i dati ricavati da tale tipo di indagine consentono la definizione di un modello bidimensionale del sottosuolo. Utilizzando le distanze tra il punto di scoppio e i vari geofoni e i tempi di arrivo del segnale sismico, si ricavano delle curve tempo-distanza (dromocrone).

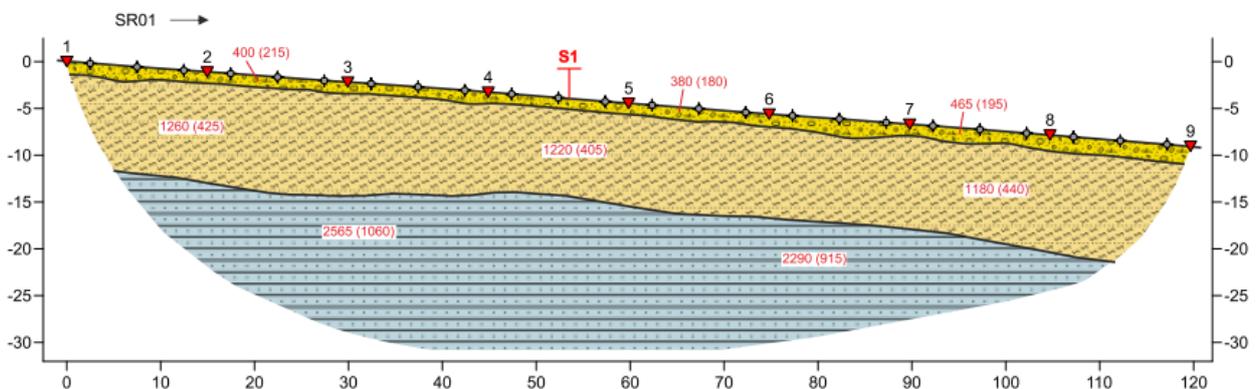
Dalle dromocrone dei primi arrivi (curve che rappresentano la variazione del tempo di percorso in funzione della distanza sorgente - geofono) si risale al modello di velocità sismica del sottosuolo, fino alla base del rifratte più profondo individuato (poiché i raggi sismici che scendono a profondità superiori non ritornano in superficie nei punti in cui sono collocati i geofoni).

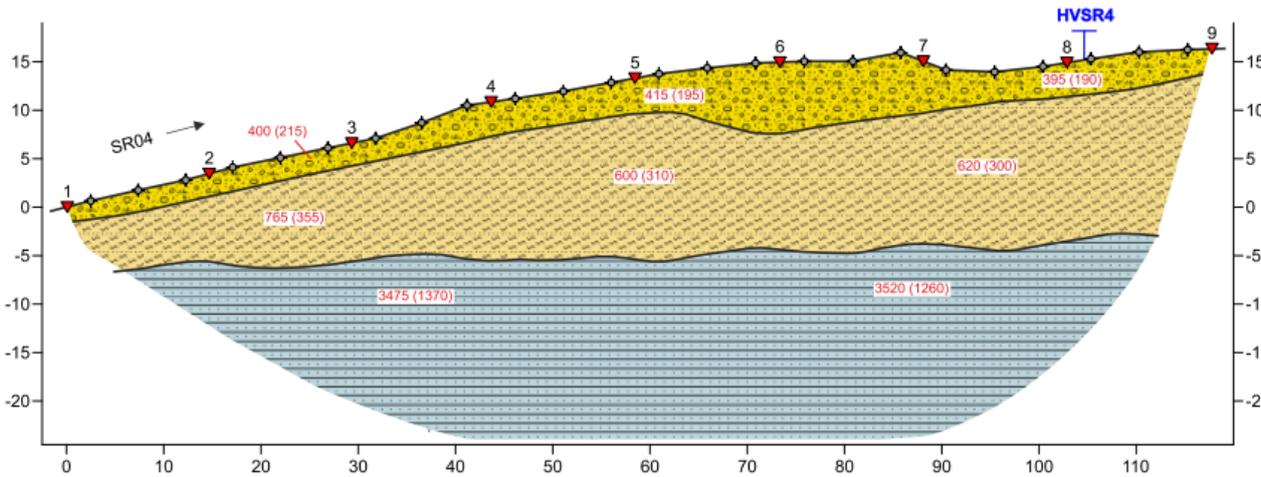
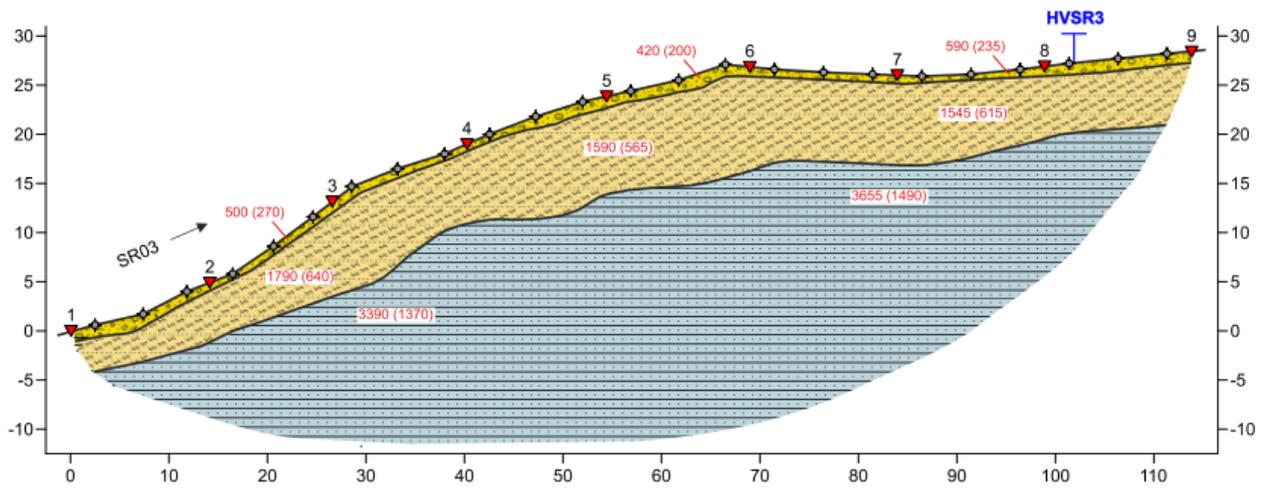
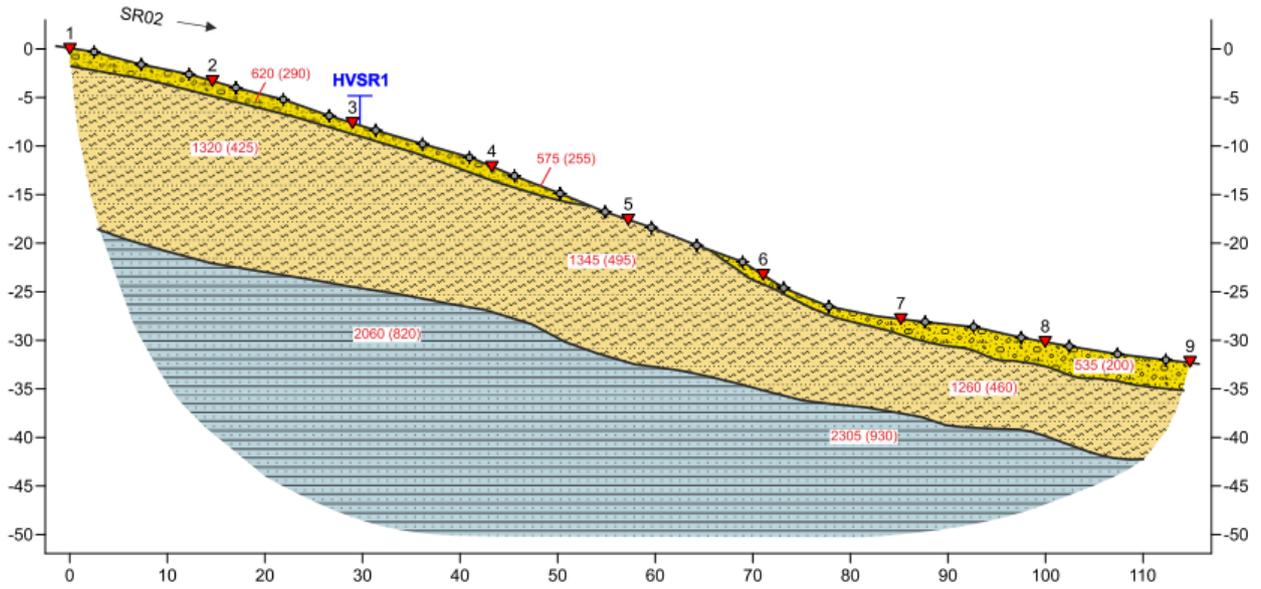
Le sezioni sismiche a rifrazione hanno permesso la ricostruzione delle geometrie e dei rapporti stratigrafici bidimensionali fra le differenti unità sismiche definite sulla base dei valori di velocità sismica  $V_p$  e  $V_s$ . I valori di velocità sismica sono espressi in m/s.

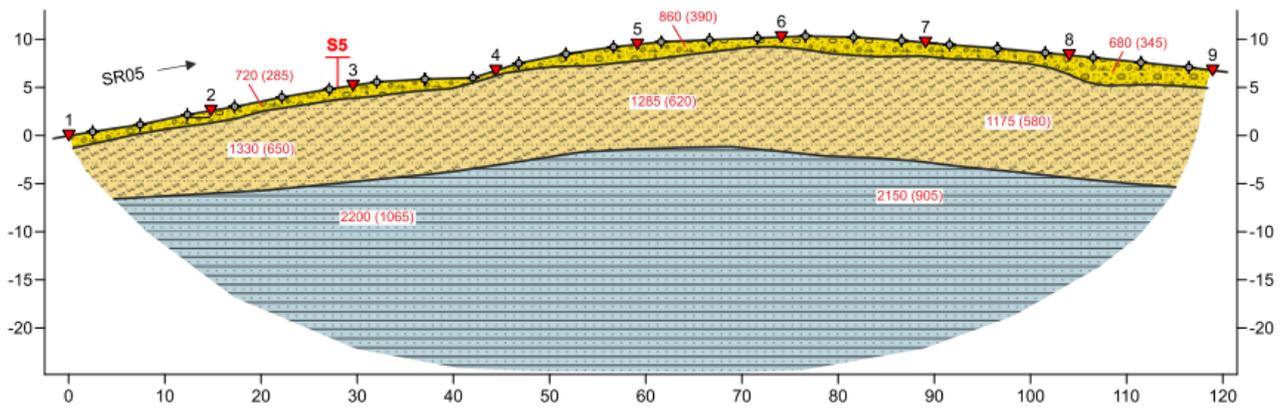
I materiali investigati sono stati suddivisi in 3 principali sismostrati individuati fino alla profondità massima di esplorazione ottenuta pari a circa 25-30 m e possono essere così riassunti (a partire dalla superficie):

- il primo intervallo caratterizzato da velocità medie delle onde P variabili tra 380-720 m/sec e velocità delle onde SH di 180-390 m/sec, presenta spessori minimi attorno ai 1,0-2,0 m e massimi (rilevati nella stesa SR04) nell'ordine di 6,0-7,0 m. Tale orizzonte è costituito da terreno di riporto o vegetale e depositi di copertura superficiali di basse velocità sismiche;
- il secondo sismostrato è caratterizzato da valori di velocità delle onde di compressione di 1180-1790 m/sec e velocità delle onde di taglio intorno ai 405-650 m/sec; solamente la stesa SR04, mostra valori medi di velocità in questo intervallo decisamente inferiori (600-765 m/sec per le onde P e 300-355 m/sec per le onde Sh). Lo spessore risulta variabile, con minimi attorno ai 4,0-5,0 metri (riscontrati all'inizio delle stese SR03 e SR04) e massimi di 15,0-16,0 metri, rilevati rispettivamente nella porzione iniziale della linea SR02 ed in quella terminale della stesa SR04. La litologia risulta ascrivibile alla presenza di depositi costituiti da sabbie addensate e/o arenaria fine a tratti poco cementata o fortemente alterata;
- il terzo ed ultimo sismostrato è caratterizzato da valori di velocità delle onde di compressione comprese in un range di 2060-2565 m/sec e velocità delle onde di taglio di 820-1065 m/sec; solamente nelle stese SR03 e SR04, si rilevano velocità medie decisamente superiori con valori nell'intorno di 3400- 3650 m/sec (onde P) e 1250-1500 m/sec (onde Sh). L'attribuzione litologica risulta riconducibile a terreni del substrato geologico, costituito da alternanza di arenaria e marna grigia a tratti fratturata con stratificazione subverticale.

SEZIONI SISMOSTRATIGRAFICHE INTERPRETATIVE







Legenda:			
300	velocità medie calcolate onde P		terreno vegetale e depositi superficiali
(125)	velocità medie calcolate onde SH		sabbia addensata e/o arenaria poco cementata
<b>S1</b>	sondaggio geognostico a carotaggio continuo		Arenaria a grana media alternata a marna grigia a tratti fratturata con stratificazione subverticale.
<b>HVS1</b>	indagine sismica passiva HVS1		

**Figura 4-2: Elaborazioni tomografie sismiche – Sezioni sismostratigrafiche interpretative.**

## 5. SISMICITÀ

### 5.1. SISMICITÀ ATTUALE

La classificazione sismica del territorio nazionale è stata elaborata e rivista in seguito ai principali terremoti; tra questi, in particolare, quelli verificatisi in Irpinia nel 1980 ed in Molise nel 2002.

Fino al 2003 il territorio nazionale era classificato in tre categorie sismiche a diversa severità. I Decreti Ministeriali emanati dal Ministero dei Lavori Pubblici tra il 1981 ed il 1984 avevano classificato complessivamente 2.965 comuni italiani su di un totale di 8.102, che corrispondono al 45% della superficie del territorio nazionale, nel quale risiede il 40% della popolazione; la sismicità era definita attraverso il grado di sismicità S.

Per quanto concerne la classificazione sismica del territorio in esame, trova attuazione la classificazione sismica stabilita dall'Allegato 1, punto 3 dell'Ordinanza n.3274/2003, la quale ha introdotto una nuova classificazione sismica, suddividendo il territorio nazionale in tre o quattro zone caratterizzate da diverso grado di sismicità e sottoposte alle normative tecniche per le costruzioni in zona sismica.

Per la Regione Marche, le zone sono definite come segue:

Zona 1:  $ag > 0.25$

Zona 2:  $0.175 < ag \leq 0.25$

Zona 3:  $0.05 < ag \leq 0.175$

Dalla consultazione della Figura 5-1, si evince che l'area di studio ricade in zona 2.

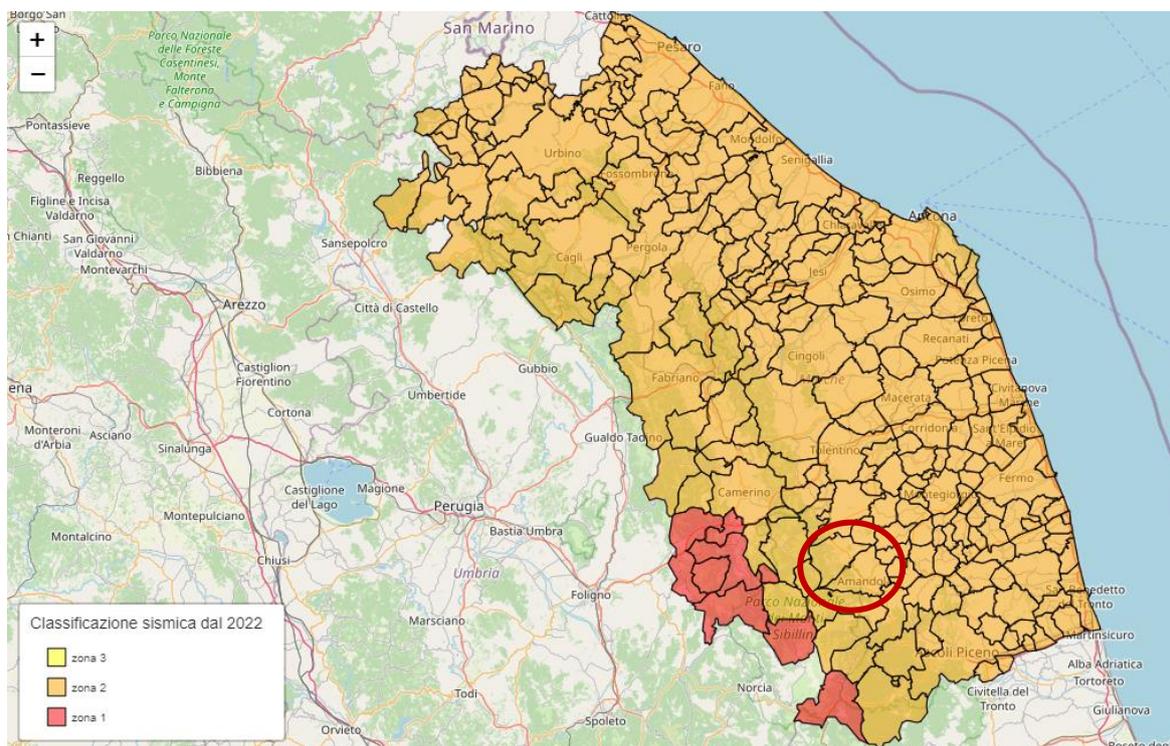


Figura 5-1 Classificazione sismica Regione Marche – l'area di studio è cerchiata in rosso.

Zona	Accelerazione orizzontale con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni ( $a_g/g$ )	Accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico (Norme Tecniche, $a_g/g$ )
1	>0.25	0.35
2	0.15 ÷ 0.25	0.25
3	0.05 ÷ 0.15	0.15
4	<0.05	0.05

Tabella 5-1: Valori di accelerazione massima del suolo  $a_g$  con probabilità di superamento del 10% in 50 anni, riferito a suoli rigidi caratterizzati da  $V_{s,30} > 800$  m/s.

All'attuale stato delle conoscenze e del progresso scientifico è possibile, attraverso l'applicazione WebGIS, (<http://esse1-gis.mi.ingv.it/>) consultare in maniera interattiva le mappe di pericolosità sismica.

## Modello di pericolosità sismica MPS04-S1

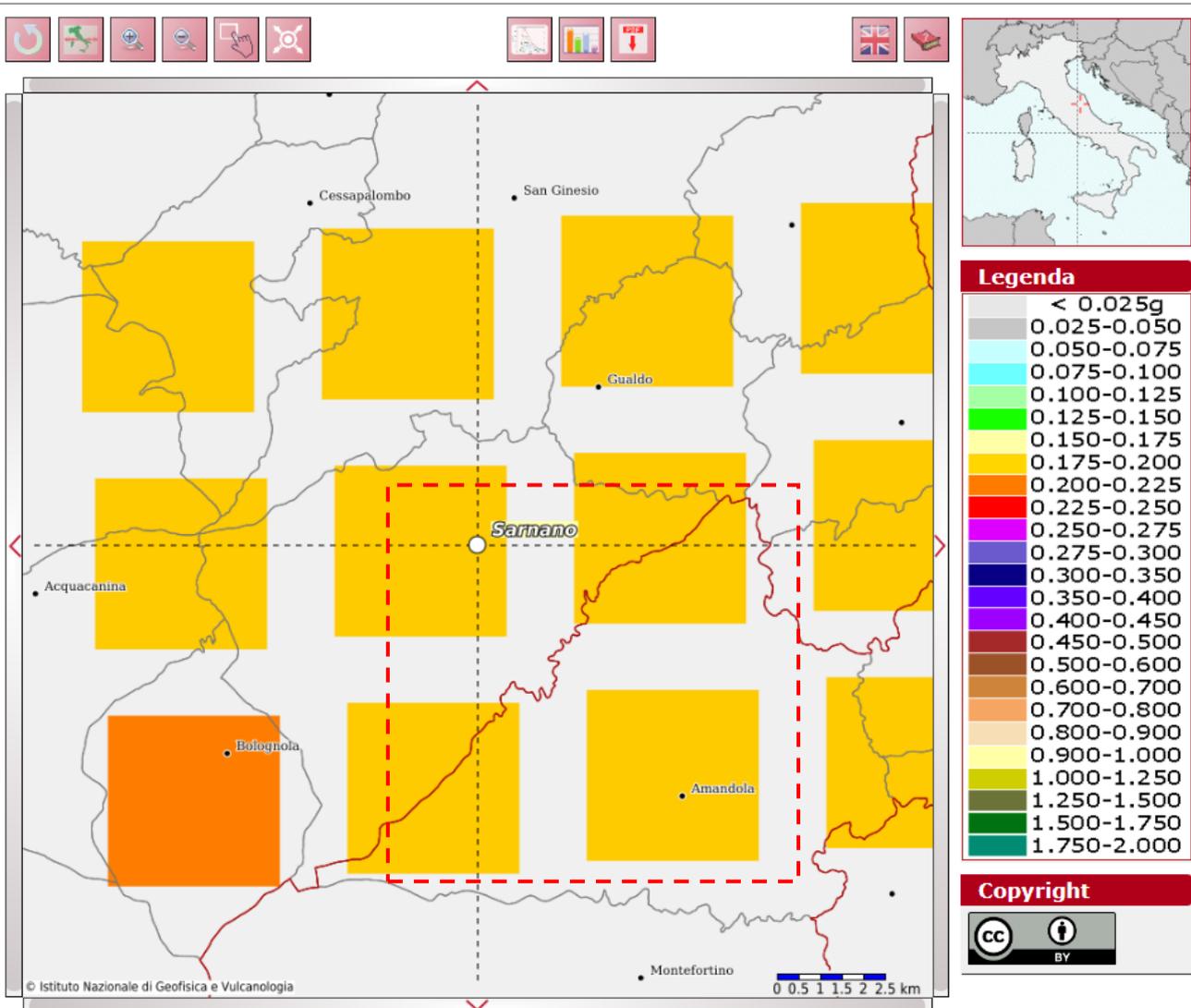


Figura 5-2: Mappa di pericolosità sismica espressa in termini di accelerazione massima del suolo ( $a_{max}$ ) con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita a suoli molto rigidi ( $V_{s30} > 800$  m/s) – da INGV. In tratteggio rosso l'area di studio.

Da tale mappa è possibile osservare che l'area in esame ha valori di accelerazione del suolo ( $V_{s30} > 800$  m/s), con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni, compresi tra 0.175 e 0.200g.

In base al DM 14 – 01 -2008 “Norme tecniche per le costruzioni” e successive modifiche (DM 17-01-2018 - Aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni”), per un determinato sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (di categoria A) si definisce una pericolosità sismica di base; in particolare vengono forniti i valori di accelerazione orizzontale massima  $a_g$  e dei parametri che permettono di definire gli spettri di risposta ai sensi delle NTC, nelle condizioni di sito di riferimento rigido orizzontale; ciò avviene in corrispondenza dei punti di un reticolo (reticolo di riferimento) i cui nodi sono sufficientemente vicini fra loro (non distano più di 10 km) e per diversi periodi di ritorno  $T_R$  ricadenti in un intervallo di riferimento compreso almeno tra 30 e 2475 anni, estremi inclusi.

In particolare le tabelle allegate alle NTC2008 (Allegati A e B) forniscono i seguenti valori:

- $a_g$ : accelerazione orizzontale massima del terreno;
- $F_0$ : valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- $T_c^*$ : periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Qualora il sito in esame non coincida con uno dei nodi del reticolo di riferimento i valori dei suddetti parametri possono essere calcolati come media pesata del valore da essi assunto nei quattro vertici della maglia all'interno della quale si trova il sito, utilizzando come pesi gli inversi delle distanze tra il punto in questione ed i quattro vertici.

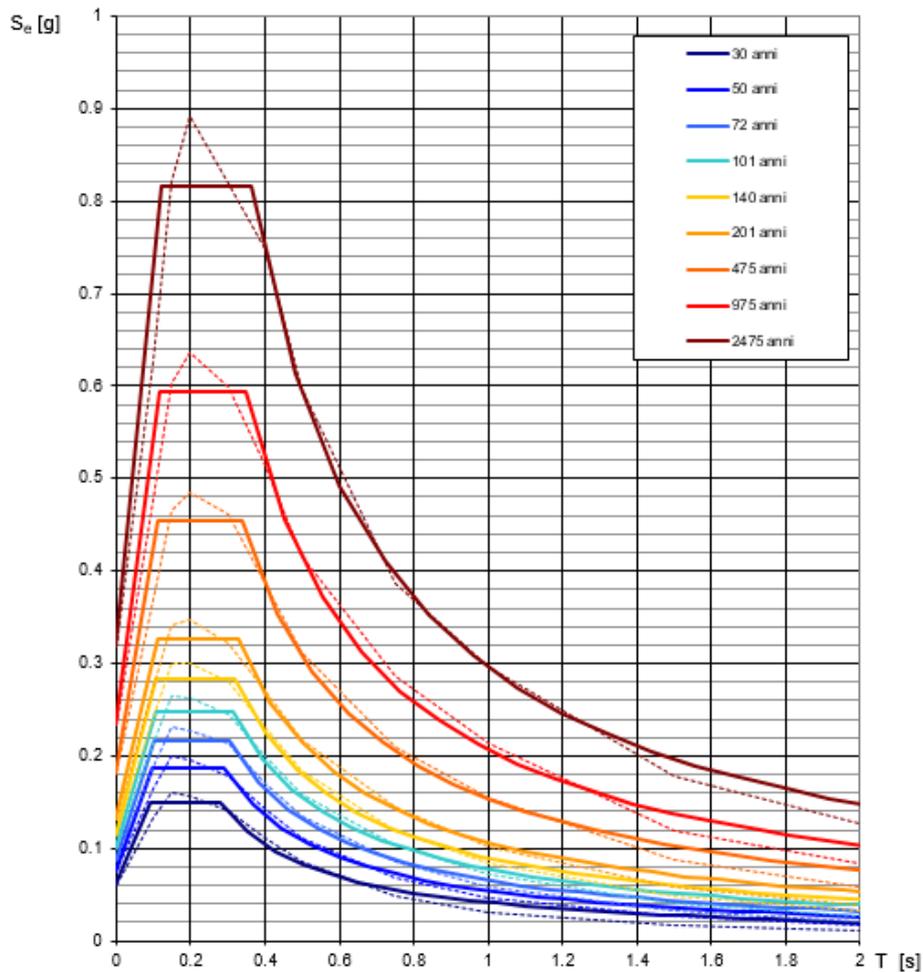
Per il comune di Sarnano, si ricava la seguente tabella:

### **Valori dei parametri $a_g$ , $F_0$ , $T_c^*$ per i periodi di ritorno $T_R$ di riferimento**

$T_R$ [anni]	$a_g$ [g]	$F_0$ [-]	$T_c^*$ [s]
30	0.060	2.483	0.278
50	0.075	2.469	0.291
72	0.088	2.460	0.304
101	0.100	2.474	0.312
140	0.115	2.466	0.318
201	0.132	2.470	0.328
475	0.181	2.502	0.339
975	0.234	2.537	0.348
2475	0.318	2.566	0.362

**Tabella 5-2: Valori dei parametri di  $a_g$ ,  $F_0$ ,  $T_c^*$  per i periodi di ritorno  $T_R$  di riferimento.**

**Spettri di risposta elastici per i periodi di ritorno  $T_R$  di riferimento**



NOTA:  
Con linea continua si rappresentano gli spettri di Normativa, con linea tratteggiata gli spettri del progetto S1-INGV da cui sono derivati.

**Figura 5-3: Spettri di risposta elastici per i periodi di ritorno  $T_R$  di riferimento. Con la linea continua si rappresentano gli spettri di Normativa, con la linea tratteggiata gli spettri del progetto S1-INGV da cui sono derivati.**

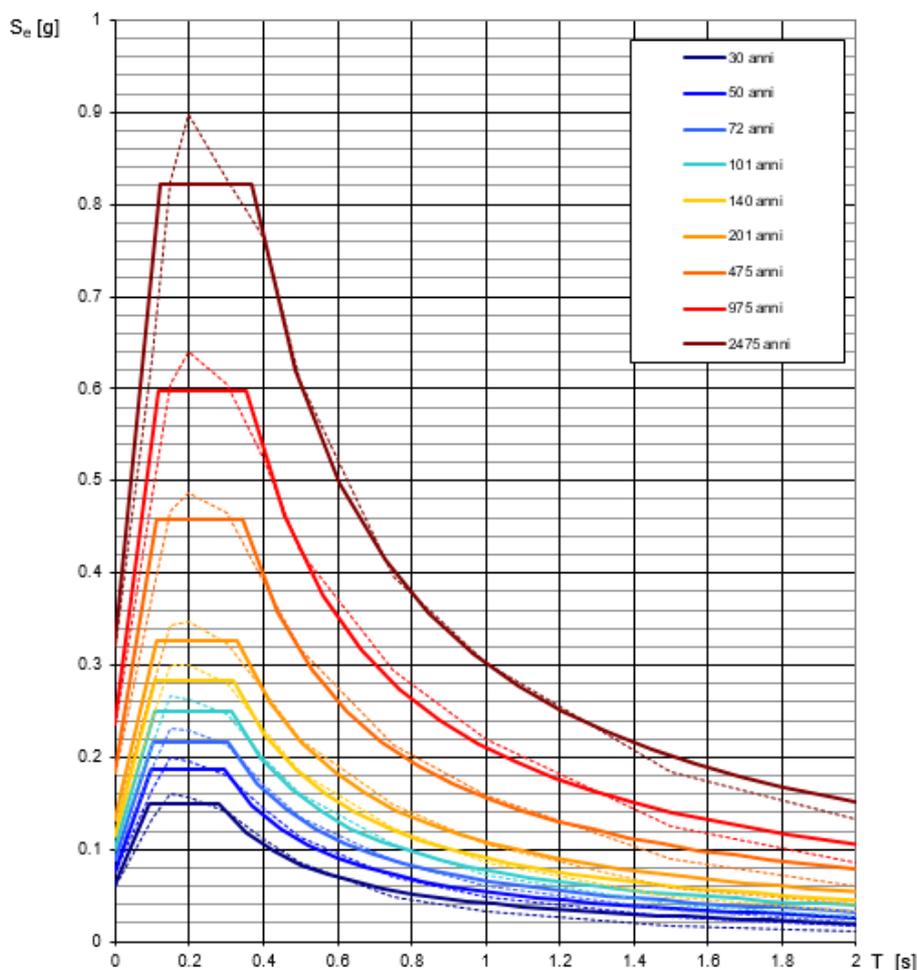
Per il comune di Amandola, si ricava la seguente tabella:

**Valori dei parametri  $a_g$ ,  $F_0$ ,  $T_C^*$  per i periodi di ritorno  $T_R$  di riferimento**

$T_R$ [anni]	$a_g$ [g]	$F_0$ [-]	$T_C^*$ [s]
30	0.060	2.486	0.279
50	0.076	2.467	0.292
72	0.088	2.460	0.306
101	0.101	2.479	0.314
140	0.115	2.467	0.320
201	0.133	2.471	0.330
475	0.183	2.504	0.341
975	0.236	2.534	0.352
2475	0.321	2.564	0.367

Tabella 5-3: Valori dei parametri di  $a_g$ ,  $F_0$ ,  $T_C^*$  per i periodi di ritorno  $T_R$  di riferimento.

**Spettri di risposta elastici per i periodi di ritorno  $T_R$  di riferimento**



NOTA:  
Con linea continua si rappresentano gli spettri di Normativa, con linea tratteggiata gli spettri del progetto S1-INGV da cui sono derivati.

Figura 5-4: Spettri di risposta elastici per i periodi di ritorno  $T_R$  di riferimento. Con la linea continua si rappresentano gli spettri di Normativa, con la linea tratteggiata gli spettri del progetto S1-INGV da cui sono derivati.

## 5.2. SISMICITÀ STORICA

Al fine di inquadrare dal punto di vista della sismicità storica l'area in esame, si riporta di seguito un riepilogo delle osservazioni macrosismiche di terremoti al di sopra della soglia del danno che hanno interessato storicamente l'area di studio. Nella figura seguente sono elencati gli eventi sismici riportati nel Database Macrosismico Italiano pubblicato dall'INGV (versione DBMI15) relativi ai Comuni di Sarnano e Amandola (<http://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15/>).

Come si può notare dalle immagini seguenti, i dati di sismicità storica per i Comuni di Sarnano (Figura 5-5) e Amandola (Figura 5-6) sono concentrati dall'inizio del '700 ad oggi. In questo arco temporale si sono verificati numerosi eventi sismici caratterizzati da una magnitudo variabile da 4 a 6.92 (Mw).

Come si può notare dalla i dati di sismicità storica per l'area di Amandola sono concentrati

Nella successiva tabella sono indicati con i seguenti simboli:

Is = intensità in sito (MCS);

Anno = anno Me = mese Gi = giorno Or = ora;

NMDP = numero di osservazioni macrosismiche del terremoto;

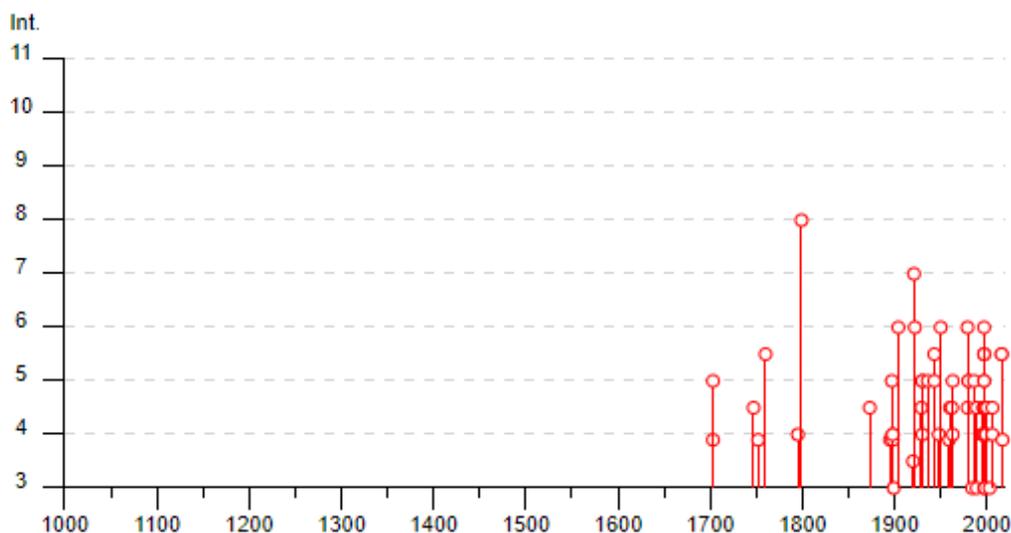
Io = intensità massima (MCS);

Mw = magnitudo momento.

### Sarnano



PlaceID	IT_52097
Coordinate (lat, lon)	43.035, 13.301
Comune (ISTAT 2015)	Sarnano
Provincia	Macerata
Regione	Marche
Numero di eventi riportati	69



Effetti	In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
F	1703	01	14	18			Valnerina	197	11	6.92
5	1703	02	02	11	05		Aquilano	69	10	6.67
4-5	1747	04	17				Appennino umbro-marchigiano	63	9	6.05
F	1752	07	13	21	40		Appennino umbro-marchigiano	11	5	4.61
5-6	1760	01	12				Valnerina	6	5-6	4.40
4	1795	06	19	23	30		Maceratese	17	6	4.70
8	1799	07	28	22	05		Appennino marchigiano	70	9	6.18
4-5	1873	03	12	20	04		Appennino marchigiano	196	8	5.85
F	1895	08	09	17	38	2	Adriatico centrale	103	6	5.11
5	1897	09	21				Marche settentrionali	44	7	5.40
4	1898	08	25	16	37	4	Valnerina	67	7	5.03
F	1898	09	12	14	14	1	Valnerina	16	8	5.48
4	1898	11	27	01			San Ginesio	35	5-6	4.39
2-3	1899	02	07	12	35	3	Appennino umbro-marchigiano	49	4	4.04
3	1899	06	22	13	20		Corridonia	30	5	4.08
6	1904	09	02	11	21		Maceratese	59	5-6	4.63
NF	1906	02	05	16	34		Valnerina	55	5	4.41
3-4	1920	02	10	23	57		Monti Sibillini	18	5	4.30
7	1921	08	28	10	45		Monti Sibillini	12	7	4.66
6	1922	06	08	07	47		Valle del Chienti	47	6	4.73
4-5	1929	01	22	10	06	5	Marche Centrali	20	5-6	4.40
5	1930	04	07	17	17	1	Monti Sibillini	28	5-6	4.50
4	1930	08	04	15	02	2	Marche meridionali	24	5-6	4.44
5	1930	11	09	01	33		Monti Sibillini	17	5	4.31
2	1933	09	26	03	33	2	Maiella	325	9	5.90
5	1936	12	09	07	34		Caldarola	31	6-7	4.76
5-6	1943	03	25				Marche meridionali	15	6	4.85
5	1943	10	03	08	28	2	Ascolano	170	8	5.67
4	1948	01	10				Loro Piceno	21	4-5	3.93
6	1950	09	05	04	08		Gran Sasso	386	8	5.69
F	1959	01	01	23	58	1	Teramano	46	5	4.33
4-5	1960	03	16	01	52	4	Monti della Laga	81	5	4.44
4-5	1962	08	30	12	10		Valnerina	35	7	5.02
4	1963	01	25	05	27		Monti Sibillini	30	5	4.31
5	1963	07	21	11	09		Monti della Laga	11	7	4.71

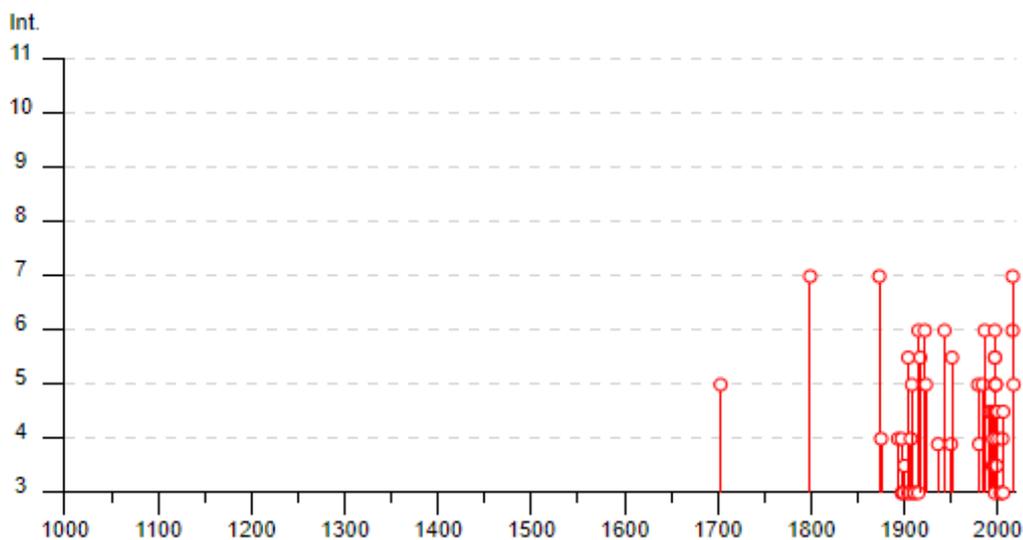
4-5	<a href="#">🔗</a>	1979 01 25 23 53 0	Valnerina	8	5	4.44
6	<a href="#">🔗</a>	1979 09 19 21 35 3	Valnerina	694	8-9	5.83
5	<a href="#">🔗</a>	1980 02 28 21 04 4	Valnerina	146	6	4.97
5	<a href="#">🔗</a>	1980 05 24 20 16 0	Monti Sibillini	58	5-6	4.48
3	<a href="#">🔗</a>	1984 05 07 17 50	Monti della Meta	911	8	5.86
5	<a href="#">🔗</a>	1986 10 13 05 10 0	Monti Sibillini	322	5-6	4.46
4-5	<a href="#">🔗</a>	1989 09 11 02 46 2	Marche meridionali	60	5	4.04
3	<a href="#">🔗</a>	1989 12 22 06 48 1	Valle Umbra	114	5	4.44
4	<a href="#">🔗</a>	1995 12 30 15 22 0	Fermano	106	5	4.19
4	<a href="#">🔗</a>	1996 01 01 12 21 4	Maceratese	91	5-6	4.20
4-5	<a href="#">🔗</a>	1996 01 22 18 37 4	Fermano	76	5	3.96
3	<a href="#">🔗</a>	1997 09 10 06 46 5	Appennino umbro-marchigiano	47	5	3.85
5-6	<a href="#">🔗</a>	1997 09 26 00 33 1	Appennino umbro-marchigiano	760	7-8	5.66
5-6	<a href="#">🔗</a>	1997 09 26 09 40 2	Appennino umbro-marchigiano	869	8-9	5.97
5	<a href="#">🔗</a>	1997 10 03 08 55 2	Appennino umbro-marchigiano	490		5.22
6	<a href="#">🔗</a>	1997 10 06 23 24 5	Appennino umbro-marchigiano	437		5.47
5	<a href="#">🔗</a>	1997 10 14 15 23 1	Valnerina	786		5.62
4-5	<a href="#">🔗</a>	1997 11 09 19 07 3	Valnerina	180		4.87
4	<a href="#">🔗</a>	1998 02 07 00 59 4	Appennino umbro-marchigiano	62		4.41
4-5	<a href="#">🔗</a>	1998 03 21 16 45 0	Appennino umbro-marchigiano	141		5.00
4-5	<a href="#">🔗</a>	1998 03 26 16 26 1	Appennino umbro-marchigiano	409		5.26
4	<a href="#">🔗</a>	1998 04 05 15 52 2	Appennino umbro-marchigiano	395		4.78
3	<a href="#">🔗</a>	1998 06 02 23 11 2	Appennino umbro-marchigiano	83		4.25
4	<a href="#">🔗</a>	1999 11 29 03 20 3	Monti della Laga	62	5-6	4.15
4-5	<a href="#">🔗</a>	2000 09 02 05 17 0	Appennino umbro-marchigiano	115	5	4.40
4-5	<a href="#">🔗</a>	2000 10 24 07 52 2	Monti Sibillini	65	5	4.11
3	<a href="#">🔗</a>	2003 05 25 17 15 1	Ascolano	88	4-5	3.81
NF	<a href="#">🔗</a>	2004 12 09 02 44 2	Teramano	213	5	4.09
2-3	<a href="#">🔗</a>	2005 12 15 13 28 3	Val Nerina	350	5	4.14
4-5	<a href="#">🔗</a>	2006 04 10 19 03 3	Maceratese	211	5	4.06
4	<a href="#">🔗</a>	2006 10 21 07 04 1	Anconetano	287	5	4.21
5-6	<a href="#">🔗</a>	2016 08 24 01 36 3	Monti della Laga	221	10	6.18
5-6	<a href="#">🔗</a>	2016 10 30 06 40 1	Valnerina	379		6.61
F	<a href="#">🔗</a>	2017 01 18 10 14 0	Aquilano	280		5.70

**Figura 5-5: Sintesi dei principali terremoti storici che hanno interessato il Comune di Sarnano - Database Macrosismico Italiano, DBMI15.**

## Amandola



PlaceID IT\_52250  
 Coordinate (lat, lon) 42.980, 13.357  
 Comune (ISTAT 2015) Amandola  
 Provincia Fermo  
 Regione Marche  
 Numero di eventi riportati 70



Effetti	In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
5	1703	01	14	18			Valnerina	197	11	6.92
7	1799	07	28	22	05		Appennino marchigiano	70	9	6.18
7	1873	03	12	20	04		Appennino marchigiano	196	8	5.85
4	1875	03	17	23	51		Costa romagnola	144	8	5.74
4	1893	08	02	00	59		Valnerina	84	5-6	4.55
3	1897	10	28	10	40		Fermano	25	4-5	4.16
4	1897	12	18	07	24	2	Alta Valtiberina	132	7	5.09
3	1899	04	21	00	57	5	Narni	45	4	3.96
3	1899	06	22	13	20		Corridonia	30	5	4.08
3-4	1900	08	10	04	28	1	Teramano	15	5	4.28
3	1904	06	20	01	24		Assisi	24	5	4.10
5-6	1904	09	02	11	21		Maceratese	59	5-6	4.63
NF	1905	12	09	21	41		Valle Umbra	42	5	4.24
3	1906	02	05	16	34		Valnerina	55	5	4.41
4	1907	01	23	00	25		Adriatico centrale	93	5	4.75
5	1908	03	17	03	59		Marche meridionali	54	5-6	4.61
NF	1909	08	25	00	22		Crete Senesi	259	7-8	5.34
3	1910	12	26	16	30		Monti della Laga	50	5-6	4.56
3	1911	02	19	07	18	3	Forlivese	181	7	5.26
6	1915	01	13	06	52	4	Marsica	1041	11	7.08
3	1915	03	15	11	23		Alta Valle del Chienti	24	7	4.97
5-6	1917	03	21	00	30		Monti Sibillini	21	5	4.44
6	1922	06	08	07	47		Valle del Chienti	47	6	4.73
5	1923	07	12	20	49		Marche meridionali	20	5	4.28
F	1936	12	09	07	34		Caldarola	31	6-7	4.76
6	1943	10	03	08	28	2	Ascolano	170	8	5.67
F	1950	09	05	04	08		Gran Sasso	386	8	5.69
5-6	1951	08	08	19	56		Gran Sasso	94	7	5.25
2	1964	08	02	10	40		Valnerina	25	6	4.53
5	1979	09	19	21	35	3	Valnerina	694	8-9	5.83
F	1980	02	28	21	04	4	Valnerina	146	6	4.97
NF	1983	11	09	16	29	5	Parmense	850	6-7	5.04
5	1984	04	29	05	02	5	Umbria settentrionale	709	7	5.62
6	1986	10	13	05	10	0	Monti Sibillini	322	5-6	4.46
NF	1987	09	04	16	42	4	Costa Marchigiana	75	6	4.66

NF	<a href="#">🔗</a>	1987 09 10 13 24 2	Costa Marchigiana	21	4.38
NF	<a href="#">🔗</a>	1989 09 11 02 46 2	Marche meridionali	60	5 4.04
4-5	<a href="#">🔗</a>	1991 11 12 21 45 5	Ascolano	19	5-6 3.54
NF	<a href="#">🔗</a>	1992 10 24 18 44 4	Monti della Laga	32	5 4.08
4-5	<a href="#">🔗</a>	1993 06 05 19 16 1	Valle del Topino	326	6 4.72
3-4	<a href="#">🔗</a>	1995 12 30 15 22 0	Fermano	106	5 4.19
4	<a href="#">🔗</a>	1996 01 01 12 21 4	Maceratese	91	5-6 4.20
4-5	<a href="#">🔗</a>	1996 01 22 18 37 4	Fermano	76	5 3.96
3-4	<a href="#">🔗</a>	1996 01 22 23 14 0	Maceratese	45	5 3.66
4	<a href="#">🔗</a>	1996 10 20 19 06 5	Appennino laziale-abruzzese	100	5 4.36
3	<a href="#">🔗</a>	1997 09 03 22 07 2	Appennino umbro-marchigiano	62	6 4.54
6	<a href="#">🔗</a>	1997 09 26 00 33 1	Appennino umbro-marchigiano	760	7-8 5.66
5-6	<a href="#">🔗</a>	1997 09 26 09 40 2	Appennino umbro-marchigiano	869	8-9 5.97
5	<a href="#">🔗</a>	1997 10 03 08 55 2	Appennino umbro-marchigiano	490	5.22
5-6	<a href="#">🔗</a>	1997 10 06 23 24 5	Appennino umbro-marchigiano	437	5.47
5	<a href="#">🔗</a>	1997 10 14 15 23 1	Valnerina	786	5.62
3-4	<a href="#">🔗</a>	1997 10 23 08 58 4	Appennino umbro-marchigiano	56	3.86
4-5	<a href="#">🔗</a>	1997 11 09 19 07 3	Valnerina	180	4.87
3-4	<a href="#">🔗</a>	1998 02 07 00 59 4	Appennino umbro-marchigiano	62	4.41
4-5	<a href="#">🔗</a>	1998 03 21 16 45 0	Appennino umbro-marchigiano	141	5.00
5	<a href="#">🔗</a>	1998 03 26 16 26 1	Appennino umbro-marchigiano	409	5.26
5	<a href="#">🔗</a>	1998 04 05 15 52 2	Appennino umbro-marchigiano	395	4.78
3-4	<a href="#">🔗</a>	1999 10 10 15 35 5	Alto Reatino	79	4-5 4.21
4-5	<a href="#">🔗</a>	1999 11 29 03 20 3	Monti della Laga	62	5-6 4.15
4	<a href="#">🔗</a>	2000 09 02 05 17 0	Appennino umbro-marchigiano	115	5 4.40
4-5	<a href="#">🔗</a>	2000 10 24 07 52 2	Monti Sibillini	65	5 4.11
3	<a href="#">🔗</a>	2003 05 25 17 15 1	Ascolano	88	4-5 3.81
3	<a href="#">🔗</a>	2004 12 09 02 44 2	Teramano	213	5 4.09
4	<a href="#">🔗</a>	2005 04 12 00 31 5	Maceratese	131	4 3.74
2-3	<a href="#">🔗</a>	2005 12 15 13 28 3	Val Nerina	350	5 4.14
4-5	<a href="#">🔗</a>	2006 04 10 19 03 3	Maceratese	211	5 4.06
3	<a href="#">🔗</a>	2006 10 21 07 04 1	Anconetano	287	5 4.21
6	<a href="#">🔗</a>	2016 08 24 01 36 3	Monti della Laga	221	10 6.18
7	<a href="#">🔗</a>	2016 10 30 06 40 1	Valnerina	379	6.61
5	<a href="#">🔗</a>	2017 01 18 10 14 0	Aquilano	280	5.70

**Figura 5-6: Sintesi dei principali terremoti storici che hanno interessato il Comune di Amandola - Database Macrosismico Italiano, DBMI15.**

### 5.3. SORGENTI SISMOGENETICHE

L'indagine per l'analisi delle sorgenti sismogenetiche è stata condotta tramite l'utilizzo del Database DISS dell'INGV (<https://diss.ingv.it/diss330/dissmap.html>), ed ha evidenziato che i territori comunali di Sarnano e Amandola non sono interessati dal passaggio di sorgenti sismogenetiche (Figura 5-7).

Nelle vicinanze dell'area in esame si osserva il passaggio delle seguenti sorgenti sismogenetiche:

- ITCS136 Urbino – Camerino ubicata a circa 7 Km a ovest dal sito in esame;
- ITCS127 Muccia – Castelluccio di Norcia ubicata a circa 14 Km a ovest dal sito in esame.

In seguito (Figura 5-8 e Figura 5-9) vengono riportate le principali caratteristiche di tali sorgenti sismogenetiche.

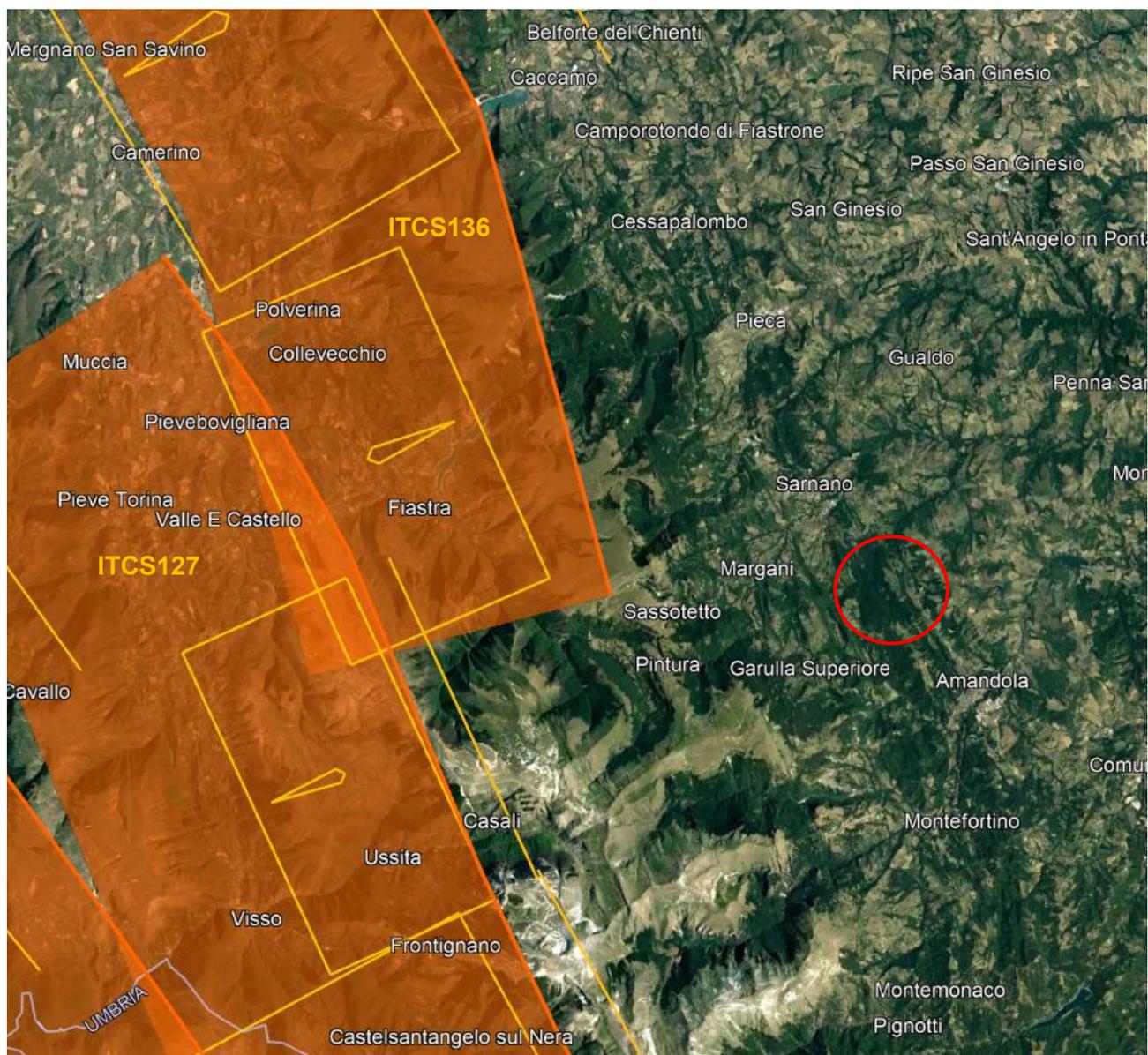


Figura 5-7: Sorgenti sismogenetiche contenute nella nuova versione del "Database of Individual Seismogenic Sources" per l'area in oggetto (cerchiata in rosso).

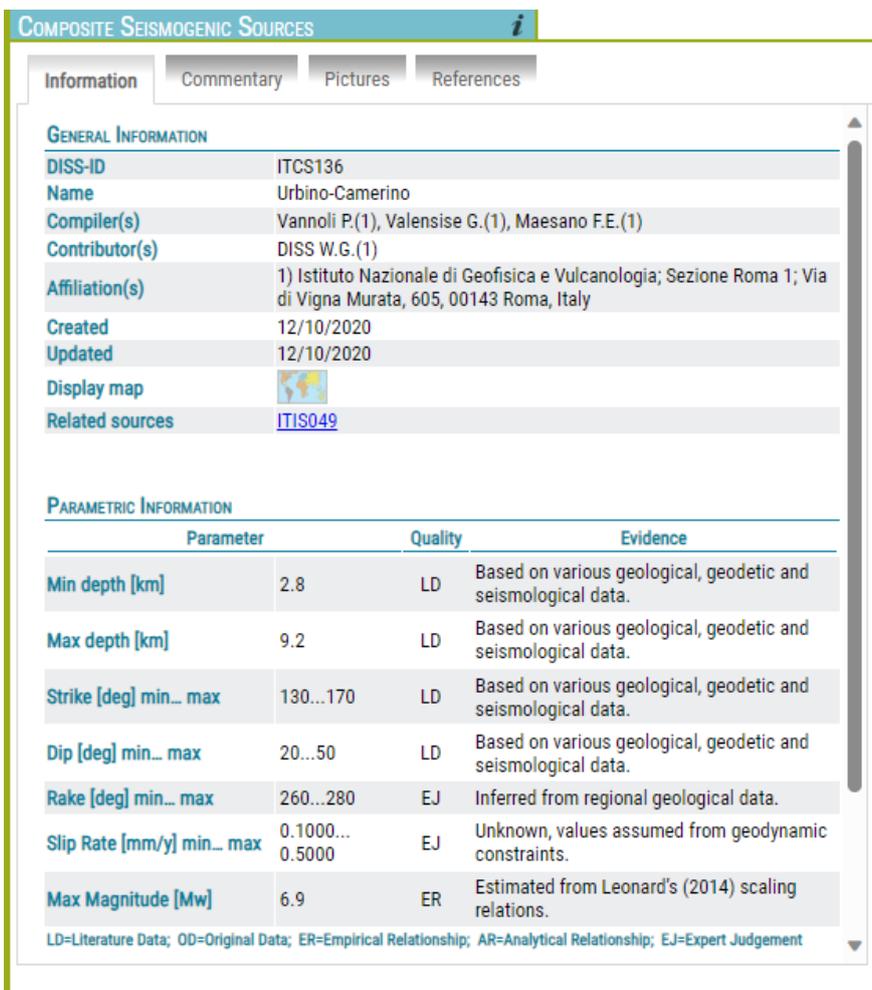


Figura 5-8: Quadro riassuntivo della sorgente sismogenetica composta ITCS136.

COMPOSITE SEISMOGENIC SOURCES <span style="float: right;">i</span>				
Information		Commentary	Pictures	References
<b>GENERAL INFORMATION</b>				
DISS-ID	ITCS127			
Name	Muccia-Castelluccio di Norcia			
Compiler(s)	Maesano F.E.(1)			
Contributor(s)	Maesano F.E.(1), Vannoli P.(1), Valensise G.(1), Bonini L.(2), Buttinelli M.(1), Petracchini L.(3), D'Ambrogio C.(4), Scrocca D.(3), Di Bucci D.(5)			
Affiliation(s)	1) Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia; Sezione Roma 1; Via di Vigna Murata, 605, 00143 Roma, Italy 2) Università degli Studi di Trieste; Dipartimento di Matematica e Geoscienze; Via Weiss 2, 34127, Trieste, Italy 3) CNR; Istituto di Geologia Ambientale e Geoingegneria; P.le Aldo Moro, 4, Roma, Italy 4) Istituto superiore per la protezione e la ricerca ambientale; Servizio Geologico d'Italia; Via Vitaliano Brancati, 48, 00144 Roma, Italy 5) Dipartimento Protezione Civile; ; Roma, Italy			
Created	12/10/2020			
Updated	12/10/2020			
Display map				
Related sources	<a href="#">ITIS145</a> <a href="#">ITIS146</a>			
<b>PARAMETRIC INFORMATION</b>				
	Parameter	Quality	Evidence	
	Min depth [km]	1.5	LD	Based on various geological, geodetic and seismological data.
	Max depth [km]	10.0	LD	Based on various geological, geodetic and seismological data.
	Strike [deg] min... max	135...210	LD	Based on various geological, geodetic and seismological data.
	Dip [deg] min... max	30...47	LD	Based on various geological, geodetic and seismological data.
	Slip Rate [mm/y] min... max	0.1000... 0.5000	EJ	Unknown, values assumed from geodynamic constraints.
	Max Magnitude [Mw]	6.9	ER	Estimated from Leonard's (2014) scaling relations.
LD=Literature Data; OD=Original Data; ER=Empirical Relationship; AR=Analytical Relationship; EJ=Expert Judgement				

Figura 5-9: Quadro riassuntivo della sorgente sismogenetica composta ITCS127.

### 5.1. FAGLIE CAPACI

Il database del progetto ITHACA (ITaly HAZard from CAPable faults) mostra, nell'area progettuale, l'assenza di faglie capaci, definite come lineamenti tettonici attivi che potenzialmente possono creare deformazioni in superficie e produrre fenomeni dagli effetti distruttivi per le opere antropiche (Figura 5-10).

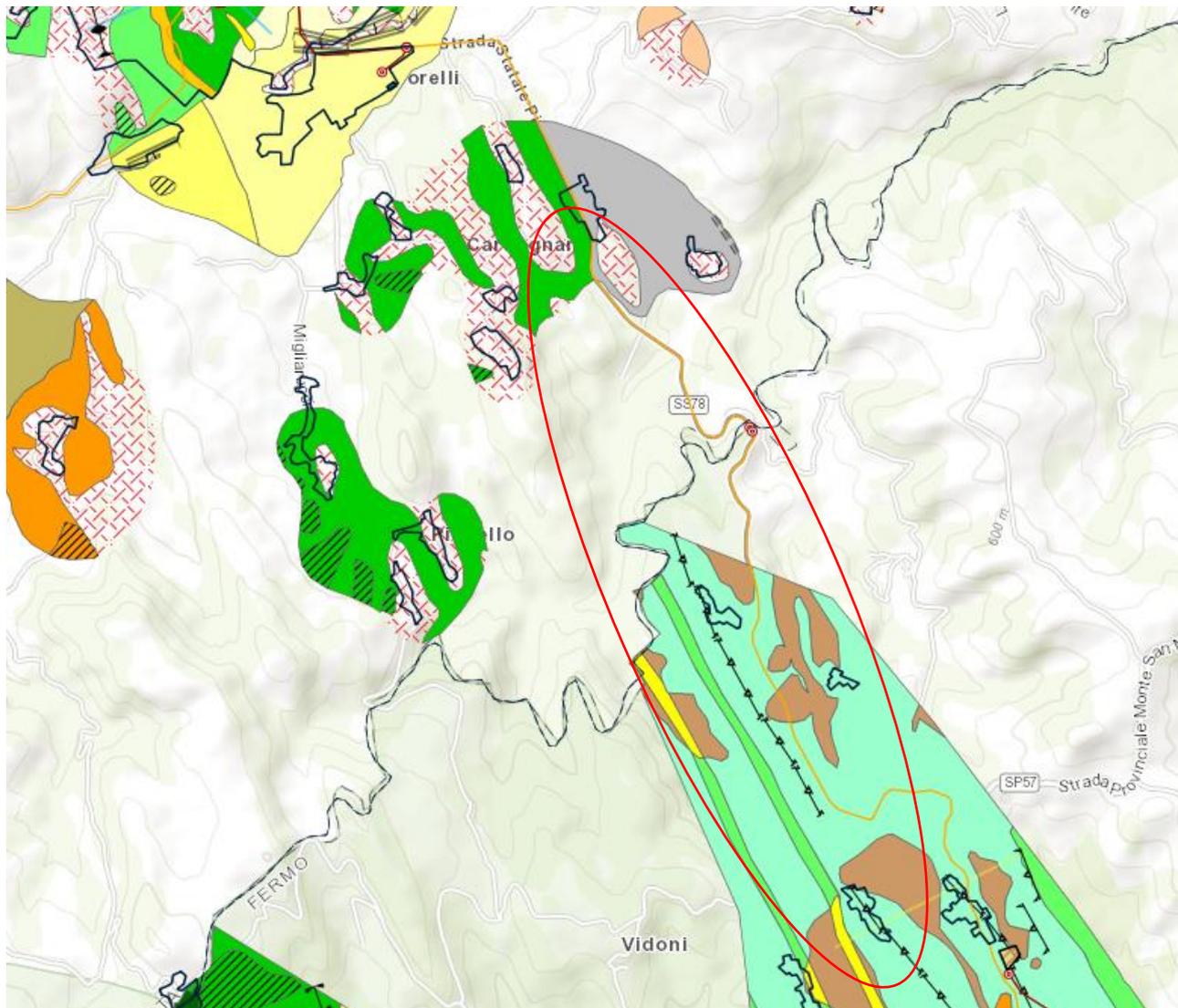


Figura 5-10: Stralcio cartografiche dell'area di interesse con indicazione schematica dell'area di studio (cerchio blu) e faglie capaci (in rosso).

## 5.2. MICROZONAZIONE SISMICA

L'analisi della microzonazione sismica nell'area interessata dal progetto è stata condotta consultando il portale WebGis MS-CLE per la microzonazione sismica di primo livello.

Come osservabile in Figura 5-11 in corrispondenza dell'areale di interesse, in Comune di Sarnano sono individuate le Zone 3, 17-98 e una zona a substrato molto fratturato o alterato; in Comune di Amandola sono individuate le Zone 1, 10 e 3.



MS - Stab Livello 1	☒ Za Liquefazioni
■ Lapideo/stratificato	■ Zona di Att. per faglie att. e capaci
■ Lapideo/non stratificato	■ Sovrapp. di zone susc. di instab. differenti
■ Granulare cementato/stratificato	■ Cedim. differenz./crollo di cavità/sinkhole
■ Granulare cementato/non stratificato	MS - Forme
■ Coesivo sovraconsolidato/stratificato	∧ Conoide alluvionale
■ Coesivo sovraconsolidato/non stratificato	☒ Falda detritica
■ Alternanze litologiche/stratificato	∖ Area con cavità sepolte/sinkhole
■ Alternanze litologiche/non stratificato	☒ Ventaglio di lava al piede di pendii o scarpate sepolte
■ Zona 1	∖ Superficie suborizzontale sepolta
■ Zona 2	☒ Cono o edificio vulcanoclastico sepolto
■ Zona 3	☒ Depositi incoerenti sepolti
■ Zona 4	☒ Campo di fratturazione cosismica
■ Zona 5	MS - Elementi Lineari
■ Zona 6	∖ Faglia diretta non att. (certa)
■ Zona 7	∖ Faglia diretta non att. (presunta)
■ Zona 8	∖ Faglia inversa non att. (certa)
■ Zona 9	∖ Faglia inversa non att. (presunta)
■ Zona 10	∖ Faglia diretta att. (certa)
■ Zona 11	∖ Faglia diretta att. (presunta)
■ Zona 12	∖ Faglia inversa att. (certa)
■ Zona 13	∖ Faglia inversa att. (presunta)
■ Zona 14	∖ Sinclinale
■ Zona 15	∖ Anticlinale
■ Zona 16	∖ Faglia trascorr./obliqua att. (certa)
■ Zona 17-98	∖ Faglia trascorr./obliqua att. (presunta)
☒ Substrato molto fratturato o alterato	∖ Orlo di scarpata morfol. (10-20m)
MS - Instab Livello 1	∖ Orlo di scarpata morfol. (>20m)
■ Zona di Att. per instab. di versante att.	∖ Orlo di terrazzo fluviale (10-20m)
■ Zona di Att. per instab. di versante quiesc.	∖ Orlo di terrazzo fluviale (>20m)
■ Zona di Att. per instab. di versante inatt.	∖ Cresta
☒ Zona di Att. per instab. di versante non def.	∖ Scarpata sepolta
☒ Zona di Att. per liquef. tipo 1	∖ Faglia trascorr./obliqua non att. (certa)
☒ Zona di Att. per liquef. tipo 2	∖ Faglia trascorr./obliqua non att. (presunta)
■ Zona 1	∖ Traccia sez. geol. rappresent. del mod. di sottos.
■ Zona 2	∖ Traccia della sez. topografica
■ Zona 3	∖ Faglia att. e capace - Cinemat. non def. (certa)
■ Zona 4	∖ Faglia att. e capace - Cinemat. non def. (presunta)
■ Zona 5	∖ Faglia potenzialm. att. - diretta (certa)
■ Zona 6	∖ Faglia potenzialm. att. - diretta (presunta)
■ Zona 7	∖ Faglia potenzialm. att. - inversa (certa)
■ Zona 8	∖ Faglia potenzialm. att. - inversa (presunta)
■ Zona 9	∖ Faglia potenzialm. att. - trascorr. (certa)
■ Zona 10	∖ Faglia potenzialm. att. - trascorr. (presunta)
■ Zona 11	∖ Faglia potenzialm. att. - Cinemat. non def. (certa)
■ Zona 12	∖ Faglia potenzialm. att. - Cinemat. non def. (presunta)
■ Zona 13	∖ Asse di paleoalveo
■ Zona 14	∖ Faglia non att. - Cinemat. non def. (certa)
■ Zona 15	∖ Faglia non att. - Cinemat. non def. (presunta)
■ Zona 16	MS - Elementi Puntuali
■ Zona 17-99	△ Picco isolato
☒ Za Frane	● Cavità sepolta isolata

Figura 5-11: Stralcio della Carta di Microzonazione sismica di primo livello. L'area in studio è cerchiata in rosso. – Da Servizio WebGIS MS-CLE.

### 5.3. MAGNITUDO DI RIFERIMENTO

Sulla base delle originali elaborazioni relative alla definizione delle sorgenti sismogenetiche (DISS2.0-2001) è stato elaborato un modello sintetico che descrive la localizzazione delle sorgenti di futuri terremoti, la magnitudo massima che questi potranno raggiungere ed i *rate* di sismicità attesa zona per zona. Questo modello, che si pone come base per la redazione della carta di pericolosità sismica è rappresentato dalla mappa delle zone sismogenetiche ZS9 (Meletti & Valensise, 2004).

In base alla zonazione sismogenetica ZS9 del territorio nazionale, la sismicità in Italia può essere distribuita in 36 zone, a ciascuna delle quali è associata una legge di ricorrenza della magnitudo, espressa in termini di magnitudo momento Mw.

Nel caso di siti che ricadono al di fuori di tali zone si dovrà eseguire un'analisi accoppiata magnitudo distanza per il calcolo del valore di magnitudo in relazione alla distanza minima di ogni sito dalle zone sismogenetiche circostanti.

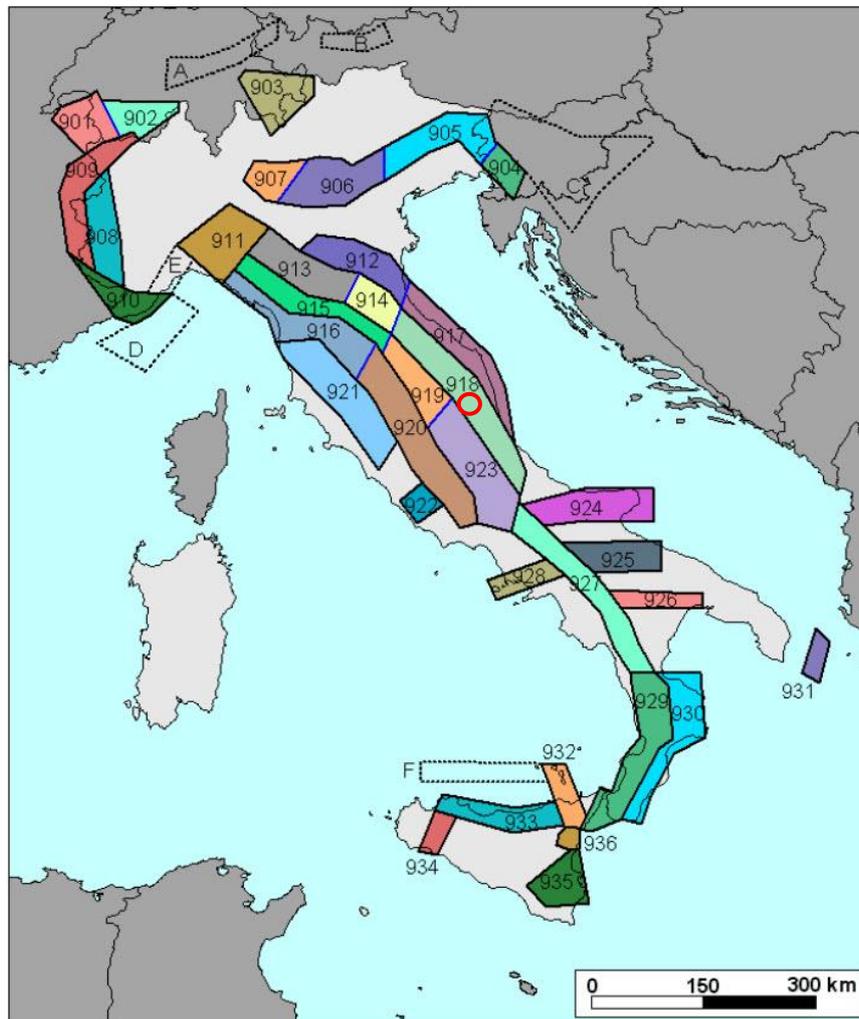


Figura 5-12: Zone sismogenetiche per la mappa di pericolosità sismica di base di riferimento.

Nome ZS	Numero ZS	M <sub>wmax</sub>
Colli Albani, Etna	922, 936	5.45
Ischia-Vesuvio	928	5.91
Altre zone	901, 902, 903, 904, 907, 908, 909, 911, 912, 913, 914, 916, 917, 920, 921, 926, 932, 933, 934	6.14
Medio-Marchigiana/Abruzzese, Appennino Umbro, Nizza-Sanremo	918, 919, 910	6.37
Friuli-Veneto Orientale, Garda-Veronese, Garfagnana-Mugello, Calabria Jonica	905, 906, 915, 930	6.60
Molise-Gargano, Ofanto, Canale d'Otranto	924, 925, 931	6.83
Appennino Abruzzese, Sannio - Irpinia-Basilicata	923, 927	7.06
Calabria tirrenica, Iblei	929, 935	7.29

**Figura 5-13: Valori di Mwmax per le zone sismogenetiche di ZS9.**

Il territorio in studio ricade nella zona sismogenetica 918 “Medio-Marchigiana/Abruzzese” con Mw pari a 6.37.

## 5.4. AZIONE SISMICA DI RIFERIMENTO

### 5.4.1. CATEGORIA DI SOTTOSUOLO

Con riferimento alla tabella 3.2.II delle NTC2018, per la definizione dell'azione sismica locale ci si è basati (approccio semplificato) sull'individuazione di categorie di sottosuolo stimate a partire dai valori di  $V_{s,eq}$  ottenuti dalle indagini sismiche eseguite.

$$V_{s,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{s,i}}} \quad [3.2.1]$$

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.

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>

Tabella 5-4: Categorie di sottosuolo (da NTC 2018).

Sulla base delle risultanze delle prove sismiche down-hole eseguite, le  $V_{s,30}$  equivalenti sono pari a 376 m/s (S02) e 493 m/s (S04), corrispondenti ad una categoria di sottosuolo B.

#### 5.4.2. CONDIZIONI TOPOGRAFICHE

Per quanto riguarda le condizioni topografiche si fa riferimento alla Tabella 3.2 III delle NTC del 2018 (Tabella 5-5).

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 $i > 30^\circ$

**Tabella 5-5: Condizioni topografiche (da NTC 2018).**

La scelta dovrà essere fatta sulla base dell'ubicazione dell'opera.