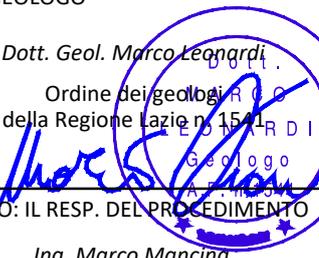


PNC – PNRR: Piano Nazionale Complementare al Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza nei territori colpiti dal sisma 2009–2016, Sub–misura A4, "Investimenti sulla rete stradale statale"

Lavori di adeguamento e/o miglioramento tecnico funzionale della sezione stradale in t.s. e potenziamento delle intersezioni – 1° Stralcio lungo la S.S. n. 502 "Cingoli" – S.S. n. 78 "Picena" – Belforte del Chienti – Sarnano"

PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA

COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE <i>Ing. Marco Salvi</i> Ordine Ingegneri Provincia di Roma n. A30808		I PROGETTISTI SPECIALISTICI <i>Ing. Isidoro Guerrini</i> Ordine Ingegneri Provincia di Roma n. 15764 <i>Ing. Moreno Panfili</i> Ordine Ingegneri Provincia di Perugia n. A2657 <i>Ing. Giovanni.C.Alfredo Dalenz Cultrera</i> Ordine Ingegneri Provincia di Roma n. 14069 <i>Ing. Giuseppe Resta</i> Ordine Ingegneri Provincia di Roma n. 20629		PROGETTAZIONE ATI: (Mandataria)  <i>GESTIONE PROGETTI INGEGNERIA srl</i> (Mandante)  (Mandante)  (Mandante)  <small>Studio di Architettura e Ingegneria Moderna</small>	
IL GEOLOGO <i>Dott. Geol. Marco Leonardi</i> Ordine dei geologi R.O.C. della Regione Lazio n. 1541 R.D.I.  VISTO: IL RESP. DEL PROCEDIMENTO <i>Ing. Marco Mancina</i>		IL PROGETTISTA E RESPONSABILE DELL'INTEGRAZIONE DELLE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE. (DPR207/10 ART 15 COMMA 12) <i>Dott. Ing. GIORGIO GUIDUCCI</i> ORDINE INGEGNERI ROMA N° 14035 			
PROTOCOLLO	DATA				

SISMICA

Relazione Sismica

CODICE PROGETTO			NOME FILE			REVISIONE	SCALA
PROGETTO	LIV.PROG.	ANNO	T01GE00GEORE06B				
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	CODICE ELAB. T01GE00GEORE06			<input type="text" value="B"/>	-
D							
C							
B	Rimissione a seguito di aggiornamento E.P. 2022/2		29/06/22	Mariani	M.Leonardi	G.Guiducci	
A	Emissione a seguito di CdS		Giugno '22	Mariani	M.Leonardi	G.Guiducci	
REV.	DESCRIZIONE		DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO	

INDICE

1. <u>PREMESSA</u>	2
2. <u>NORMATIVE DI RIFERIMENTO E BIBLIOGRAFIA</u>	2
3. <u>LINEAMENTI GEOLOGICI</u>	3
3.1. INQUADRAMENTO GEOLOGICO GENERALE	3
3.2. CARATTERI GEOLITOLOGICI DEI DEPOSITI SUPERFICIALI E DELLE FORMAZIONI DEL SUBSTRATO.	3
3.2.1. <i>Litologie del substrato</i>	3
3.2.2. <i>Depositi continentali</i>	4
4. <u>LINEAMENTI GEOMORFOLOGICI</u>	5
5. <u>LINEAMENTI IDROGEOLOGICI</u>	5
6. <u>CARATTERIZZAZIONE SISMICA</u>	5
6.1. INDAGINI	6
6.1.1. <i>Interpretazione indagini sismiche</i>	6
6.1.2. <i>Campagna indagini</i>	7
7. <u>INQUADRAMENTO SISMICO</u>	9
7.1. CLASSIFICAZIONE SISMICA	9
7.2. PERICOLOSITÀ SISMICA.....	10
7.3. SISMICITÀ STORICA	12
7.4. ASPETTI SIMOGENETICI	14
7.5. MICROZONAZIONE SISMICA LOCALE.....	16
8. <u>SPETTRO DI RISPOSTA ELASTICO IN ACCELERAZIONE LOCALE</u>	24
8.1. AMPLIFICAZIONE TOPOGRAFICA	24
8.2. AMPLIFICAZIONE STRATIGRAFICA	25
8.3. VITA NOMINALE.....	26
8.4. CLASSE D'USO.....	26
8.5. PERIODO DI RIFERIMENTO PER L'AZIONE SISMICA	27
8.6. STABILITÀ NEI CONFRONTI DELLA LIQUEFAZIONE	27

1. PREMESSA

La presente relazione valuta gli aspetti sismici riguardanti il progetto 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" Lavori di adeguamento e/o miglioramento tecnico funzionale della sezione stradale in t.s. e potenziamento delle intersezioni - 1° Stralcio lungo la S.S. n. 502 "Cingoli" - S.S. n. 78 "Picena" - Belforte del Chianti - Sarnano".

A seguito di un attento studio bibliografico e raccolta dati è stato predisposto il presente studio ottemperanza al D.M. 17/01/2018 "Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni", ed è stata eseguita una ricerca bibliografica di eventuali studi specialistici riguardanti la zona in esame presso gli Enti, i Comuni e le Regioni interessati al territorio dell'intervento.

2. NORMATIVE DI RIFERIMENTO E BIBLIOGRAFIA

La redazione della seguente relazione è stata eseguita nel rispetto delle normative vigenti in materia di progettazione antisismica e di diverse raccomandazioni tecniche, tra cui:

- 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);
- Gruppo di lavoro MS (2008). Indirizzi e criteri per la Microzonazione sismica. Conferenza delle Regioni e delle Province Autonome, Dipartimento della protezione civile, Roma;
- G. Lanzo, A. Pagliaroli. Selection of real accelerograms for the seismic response analysis of the historical town of Nicastro (Southern Italy) during the March 1638 Calabria earthquake. Elsevier 2007;
- G. Modoni, A. Gazzellone (2010). Simplified theoretical analysis of the seismic response of artificially compacted gravels. Proc. V Int. Conf. on Recent Advances in Geotechnical Earthquake Engineering and Soil Dynamics, San Diego, USA, Paper No. 1.28a; 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
- Studio di microzonazione sismica per i comuni del centro Italia colpiti dagli eventi sismici a far data dal 24 agosto 2016 così come previsto con l'ordinanza n° 24 del 12 maggio 2017 del Commissario Straordinario

- Zaho B., Horike M.; 2003: Simulation of High-Frequency Strong Vertical Motions using Microtremor Horizontal-to-Vertical Ratios. Bulletin of the Seismological Society of America, Vol. 93, No. 6, pp. 2546–2553
- G. Peruzzi, D. Albarello (2016). Stimatori approssimati della componente verticale del moto nelle valutazioni di risposta sismica locale.
- Studio di Microzonazione Sismica Comune di Caldarola, 2018

3. LINEAMENTI GEOLOGICI

3.1. INQUADRAMENTO GEOLOGICO GENERALE

L'area oggetto della presente indagine, secondo un'analisi omogenea dal punto di vista del rilievo, dell'assetto morfologico complessivo e della posizione geografica precedentemente presa in considerazione, effettuata a partire dalla Carta Geologica delle Marche (1: 250.000) e dalla Carta Geologica d'Italia (1: 100.000), appartiene alla regione fisiografica "B - Fasce di rilievi collinari comprese tra catene montuose o adiacenti ad esse" [Sistema Ba], caratterizzata dalla presenza in substrato di alternanze di termini arenacei, arenaceo-pelitici e pelitico arenacei con, in subordine, livelli argillosi e gessi, depositi nel Miocene (23,03 – 5,333 Ma), fittamente stratificati e con possibili strutture sinclinaliche.

I depositi superficiali sono in genere argilloso-limoso-sabbiosi di spessore cospicuo (da qualche metro fino a 10 m ed oltre) e, lungo le valli fluviali, sono presenti depositi alluvionali terrazzati, prevalentemente ghiaiosi, di discreta estensione e potenza. Per l'inquadramento geologico dell'area si richiama i contenuti di cui al punto 3.1. esposti in precedenza.

L'assetto strutturale dell'area d'indagine si ubica sul lato orientale di una anticlinale che costituisce la dorsale esterna del bacino Umbro Marchigiano dove sono prevalenti i terreni appartenenti alla litofacies terrigena e principali litologie riscontrate lungo il tracciato riguardano i depositi alluvionali terrazzati e recenti e quelli appartenenti al Messiniano

3.2. CARATTERI GEOLITOLOGICI DEI DEPOSITI SUPERFICIALI E DELLE FORMAZIONI DEL SUBSTRATO

3.2.1. Litologie del substrato

I caratteri litologici prevalenti delle associazioni litostratigrafiche riconoscibili nell'area dove insiste il tracciato stradale sono:

SCHLIER [SCH] (Langhiano - Messiniano)

Questa unità è costituita da alternanze di marne, marne calcaree, marne argillose grigie e, subordinatamente, di calcari marnosi biancastri, talora finemente detritici. Gli strati sono in genere medio-sottili, anche se spesso un diffuso clivaggio rende poco evidente ogni traccia di stratificazione. Gli spessori sono molto variabili in relazione alla morfologia del fondo marino, ad eteropie con le altre formazioni mioceniche (o con il Bisciario), od anche alle azioni erosive dei flussi gravitativi ad alta concentrazione. Molto spesso, per la rara rappresentazione delle intercalazioni calcareo-marnose dure rispetto alla frazione marnosa, riesce praticamente difficile la distinzione cartografica de Bisciario stesso dallo Schlier.

FORMAZIONE DELLA LAGA / Membro Pre-evaporitico [LAG1] (Messiniano p.p.)

La formazione della Laga presenta diverse facies che a loro volta caratterizzano differenti membri. Le associazioni di facies variamente alternate tra loro: litofacies arenacea [LAG1c], litofacies arenaceo-pelitica [LAG1d] e litofacies pelitico-arenacea [LAG1e]. Il contatto con il sottostante Schlier può essere di tipo erosivo oppure possono essere interposti livelli pelitici, pelitico-arenacei,

PROGETTAZIONE ATI:

ed arenaceo-pelitici. Tali unità arenacee [LAG1c] e arenaceo-pelitiche [LAG1d] vengono indicate spesso con il nome di "molasse" (M5a nella Carta Geologica d'Italia): nei dintorni di Caldarola (ad est ed ovest di questa località) l'associazione arenacea è sostituita completamente dall'associazione arenaceo-pelitica (più spesso pelitico-arenacea, ndr) che affiora poi anche sul bordo occidentale della dorsale Taccoli-Villa Rofanello (L'Ambiente Fisico delle Marche, 1991).

FORMAZIONE GESSOSO-SOLFIFERA [GES] (Messiniano p.p.)

Costituita da marne e marne bituminose color tabacco, rossastre o scure, euxiniche, da diatomi, da calcari e gessi laminati (deposti in ambiente intra e sopratidale). Sono inoltre presenti livelli gessiferi, formati da gessareniti con contenuto silicoclastico variabile e da debris flow gessiferi e marnosi.

FORMAZIONE DI SAN DONATO [FSD] (Messiniano p.p.)

Si trattano di torbiditi pelitico-arenacee in strati sottili o medi, dello spessore massimo di 500 m, in cui sono intercalati livelli di marne bituminose.

Tale unità borda la parte basse di Colle Garufo.

FORMAZIONE A COLOMBACCI [FCO] (Messiniano p.p.)

È caratterizzata dalla presenza di diversi ciclotemi locali, ciascuno dei quali comprende, dall'alto verso il basso, argille marnoso-siltose grigie, strati calcarei con laminazione piano-parallela (colombacci s.s.), argille marnose finemente laminate, argille marnoso siltose bioturbate, arenarie gradate alternate ad argille marnose, e arenarie in corpi spesso amalgamati e canalizzati, con contatto basale erosivo.

3.2.2. Depositi continentali

Depositi Alluvionali Terrazzati, Supersintema Di Colle Ulivo – Colonia Montani (2° Ordine) [ACBn3] (Pleistocene Medio Sommitale)

Depositi Alluvionali Terrazzati, Sintema Di Matelica (3° Ordine) [MTIbn] (Pleistocene Superiore)

Generalmente nell'area marchigiana si riconoscono tre ordini principali di terrazzi alluvionali posti a varie altezze sul fondovalle (fino ad oltre 200 m) e prodotti in ambiente freddo, come è testimoniato dalla presenza al loro interno di forme singenetiche di crioturbazione e dalle frequenti interdigitazioni con depositi stratificati di versante riferibili a clima periglaciale. I terrazzi del 3° ordine (MTIbn) sono attribuiti al Pleistocene superiore (Würm) in base a datazioni radiometriche, mentre quelli del 1° (URSbn3) e 2° ordine (ACbn3) sono stati riferiti al Pleistocene medio sulla base di considerazioni pedostratigrafiche (sono alterati alla sommità da paleosuoli fersiallitici prodotti in prolungate condizioni di clima subtropicale) e paleontologiche.

Depositi Alluvionali Terrazzati, Sintema Del Fiume Musone (4° Ordine) [MUSbn] (Olocene)

Depositi Alluvionali Attuali, Sintema Del Fiume Musone [MUSbn] (Olocene)

I depositi alluvionali di epoca olocenica sono costituiti dalle alluvioni d'alveo attuale lungo tutti i corsi d'acqua, anche di piccola portata, e da quelle terrazzate aventi un dislivello di 5-10 m sul fondovalle. La loro composizione è pressoché analoga a quella dei depositi precedenti, essendo costituite da elementi provenienti in prevalenza dalle formazioni calcaree, calcareo-marnose,

arenacee e arenaceo-pelliche. Rispetto alle alluvioni pleistoceniche questi depositi si presentano quasi sempre poco alterati.

Nel settore indagato affiorano prevalentemente lungo il fiume Chienti, soprattutto in destra idrografica e lungo il rio delle Concie.

Depositi Di Versante, Sintema Di Matelica
[MT1a] (Pleistocene superiore)

DEPOSITI ELUVIO-COLLUVIALI, SINTEMA DEL FIUME MUSONE
[MUSb2] (Olocene)

Tali depositi sono prevalentemente di natura limoso-argillosa, di origine colluviale, con frazione sabbiosa e/o con elementi marnosi o calcareo-marnosi in relazione alla natura del bacino di alimentazione.

Nel settore studiato sono molto diffusi come copertura nei versanti, soprattutto nel settore orientale, dove il bacino di alimentazione è di tipo marnoso-argilloso, occultando il substrato in affioramento; lo spessore può arrivare fino a circa 20 m.

4. LINEAMENTI GEOMORFOLOGICI

L'assetto geomorfologico generale dell'area d'indagine risulta caratterizzato nella porzione settentrionale e centrale del tracciato stradale da depositi terrazzati alluvionali e recenti localmente complicato da forme legate a dissesti geomorfologici. Nella porzione meridionale i depositi quaternari diminuiscono ed i depositi di versante, quando presenti, risultano spesso caratterizzati da instabilità geomorfologica. Il territorio è attraversato da una serie di fossi localmente in erosione che hanno subito delle deviazioni rispetto al loro originale percorso per effetto di spinte legate al piede di accumuli di frana. In linea generale il territorio esaminato rappresenta le stesse peculiarità geomorfologiche dei comuni della fascia pedemontana presentando la maggior frequenza di dissesti geomorfologici in corrispondenza di corsi d'acqua, in corrispondenza di terreni acclivi e con presenza di coltri o legati ad elementi sismogenetici o di faglie non più attive.

5. LINEAMENTI IDROGEOLOGICI

L'area di studio fa parte del bacino idrografico del Fiume Chienti che risulta essere un'asta fluviale che taglia ortogonalmente le strutture delle dorsali carbonatiche della zona fino a gettarsi direttamente nell'Adriatico. L'asta fluviale è costituita da diversi affluenti in entrambe le direzioni ed in genere risulta incassato nelle proprie alluvioni recenti o terrazzate formatesi nel quaternario.

Nella zona di Caldarola sono presenti dei potenti terrazzi fluviali che però si riducono sensibilmente procedendo verso l'interno e quindi allontanandoci dall'asta fluviale principale. Gli affluenti in questa zona sono caratterizzati da modesti spessori di depositi contenenti modesti acquiferi qualora non appartenenti a depositi di terrazzi fluviali. Lo sviluppo areale dei corsi d'acqua risulta dendritico e sempre costituito da fossi abbastanza brevi e posti in impluvi anche fortemente incisi. I terreni presenti in zona possono essere sede di sorgenti e/o risorgive per lo più di modeste portate e localizzate in lineamenti tettonici o di contatto tra litotipi a differente permeabilità. (per maggiori dettagli si veda l'allegata relazione geologica).

6. CARATTERIZZAZIONE SISMICA

Per la definizione delle caratteristiche dei terreni interessati dal tracciato del lotto 1 sono state effettuate le indagini geognostiche con prove in sito e le prove di laboratorio.

Primo lotto – rilevato tra le progressive 1-4/5 viene a posizionarsi su terreni alluvionali terrazzati, il viadotto successivo avrà un appoggio lato nord su depositi alluvionali recenti e quello sud su gessi (GSa).

PROGETTAZIONE ATI:

Il tracciato dalla progressiva 6 alla 11 circa sarà in galleria ed attraverserà dei terreni superficiali in frana e lo scavo si addentrerà nei gessi (GS), quindi dalla progressiva 11 circa fino alla 24 l'opera prevederà un muro di contenimento dei depositi in frana che nella zona risultano di maggior potenza circa ml. 6/8. Successivamente, fino al termine del tratto la strada seguirà grosso modo il profilo del terreno attuale.

Secondo lotto – dalla progressiva 1 alla 4 a meno di qualche locale avvallamento (attraversamento di un fosso) il tracciato taglierà un pendio dove sono previste opere di sostegno tra la progressiva 4 fino alla 8. In questo tratto i terreni soggetti a scavo sono fino alla progressiva 6 costituiti da alluvioni terrazzate (MTIbn) e successivamente da gessi (GS). Dalla progressiva 8 alla 10 è previsto un viadotto che avrà appoggi su terreni di coltre eluvio colluviale (MUSb2). Dopo il viadotto il tracciato sarà in trincea fino alla progressiva 14 poi sarà in sbancamento fino alla progressiva 26 sul lato di monte sempre su terreni coltre eluvio colluviale (MUSb2). Dalla progressiva 26 fino alla 32 sarà in rilevato su terreni alluvionali (MUSb e MTIbn)

Terzo lotto – dalla progressiva 1 fino alla 17 sono previsti, salvo sporadici casi, dei leggeri riporti che interesseranno i terreni alluvionali (MTIbn), dalla progressiva 17 alla 31 la sede stradale sarà interessata da modesti sbancamenti a monte e riporti a valle ed insisterà sui gessi (GS) a meno di eventuali riporti preesistenti. Dalla progressiva 31 alla 43 circa si realizzerà un viadotto le cui spalle poggeranno sui gessi (GS) ed i piloni centrali su depositi eluvio colluviali e alluvioni terrazzate che ricoprono il bed-rock gessoso. Dalla progressiva 43 la strada si svilupperà su un terreno costituito da gessi (GS) e sarà caratterizzata da una serie di riporti e sbancamenti con opere di sostegno per rendere rettilineo un tratto con diverse curve. Dalla progressiva 22 fino al termine sono previste opere minori di sostegno ed i terreni coinvolti saranno sempre gessi.

6.1. INDAGINI

Di seguito vengono riportati i risultati salienti delle indagini geofisiche realizzate nella campagna di indagini dalla ditta Albanese srl utili ai fini della caratterizzazione sismica dell'area di progetto.

6.1.1. Interpretazione indagini sismiche

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, la Normativa Italiana (D.M. 17/01/2018), prevede la valutazione della risposta sismica locale mediante specifiche analisi come definite al §7.11.3 del D.M. 17/01/2018, oppure in assenza di tali analisi, attraverso un approccio semplificato che si basa sulla individuazione di categorie di sottosuolo, come riportato nella Tabella 6-1.

Categoria	Descrizione
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 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
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.

Tabella 6-1 Categorie sismiche dei terreni per le quali è utilizzabile la procedura semplificata

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 VS non inferiore a 800 m/s.

Per le fondazioni superficiali, la profondità del substrato è riferita al piano di imposta delle stesse, mentre per le fondazioni su pali è riferita alla testa dei pali. Nel caso di opere di sostegno di terreni naturali, la profondità è riferita alla testa dell'opera. Per muri di sostegno di terrapieni, la profondità è riferita al piano di imposta della fondazione.

Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio $V_{S,eq}$ è definita dal parametro $V_{S,30}$, ottenuto ponendo $H=30$ m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

6.1.2. Campagna indagini

Nella campagna indagini del progetto definitivo sono stati eseguiti:

n. 5 stendimenti sismici Masw

n. 8 misurazioni microtremori tecnica Hvsr

per quanto riguarda le stratigrafie ci si riferisce alla relazione geologica allegata.

MASW1

Strato	Spessore (m)	Vp (m/s)	Vs (m/s)	Densità ρ (kg/m^3)	Poisson ν	Modulo di taglio G (kPa)	Modulo di Young E (kPa)	Modulo di incompressibilità K (kPa)
1	1,60	487	190	1500	0,41	54150	152728	283554
2	7,10	915	411	1700	0,37	287166	788913	1040395
3	9,10	1000	520	1800	0,31	486720	1279775	1151040
4	12,20	1576	795	1900	0,33	1200848	3192679	3118044

Profondità (m)	$V_{S,eq}$ (m/s)
0-30	512

MASW2

PROGETTAZIONE ATI:

Strato	Spessore (m)	Vp (m/s)	Vs (m/s)	Densità ρ (kg/m ³)	Poisson ν	Modulo di taglio G (kPa)	Modulo di Young E (kPa)	Modulo di incompressibilità K (kPa)
1	2,10	487	172	1500	0,43	44376	126804	296586
2	3,20	514	243	1600	0,36	94478	256241	296742
3	8,20	652	333	1700	0,32	188511	499007	471328
4	16,50	1008	517	1800	0,32	481120	1271616	1187422

Profondità (m)	Vs,eq (m/s)
0-30	366

MASW3

Strato	Spessore (m)	Vp (m/s)	Vs (m/s)	Densità ρ (kg/m ³)	Poisson ν	Modulo di taglio G (kPa)	Modulo di Young E (kPa)	Modulo di incompressibilità K (kPa)
1	2,30	369	145	1500	0,41	31538	88853	162192
2	6,00	456	197	1500	0,39	58214	161282	234286
3	13,90	645	317	1700	0,34	170831	458089	479467
4	7,80	1125	601	1900	0,30	686282	1784764	1489645

Profondità (m)	Vs,eq (m/s)
0-30	291

MASW4

Strato	Spessore (m)	Vp (m/s)	Vs (m/s)	Densità ρ (kg/m ³)	Poisson ν	Modulo di taglio G (kPa)	Modulo di Young E (kPa)	Modulo di incompressibilità K (kPa)
1	1,20	793	241	1600	0,45	92930	269332	882252
2	15,00	870	415	1800	0,35	310005	838698	949080
3	13,80	1319	704	1900	0,30	941670	2449889	2049985

Profondità (m)	Vs,eq (m/s)
0-30	494

MASW5

Strato	Spessore (m)	Vp (m/s)	Vs (m/s)	Densità ρ (kg/m ³)	Poisson ν	Modulo di taglio G (kPa)	Modulo di Young E (kPa)	Modulo di incompressibilità K (kPa)
1	1,60	454	153	1500	0,44	35114	100842	262356
2	3,20	465	195	1500	0,39	57038	158942	248288
3	2,50	870	457	1700	0,31	355043	929831	813339
4	22,70	1194	638	1900	0,30	773384	2011096	1677530

Profondità (m)	Vs,eq (m/s)
0-30	442

MASW6

Strato	Spessore (m)	Vp (m/s)	Vs (m/s)	Densità ρ (kg/m ³)	Poisson ν	Modulo di taglio G (kPa)	Modulo di Young E (kPa)	Modulo di incompressibilità K (kPa)
1	1,60	391	151	1500	0,41	34202	96610	183720
2	2,20	585	263	1600	0,37	110670	303977	399999
3	6,00	652	346	1700	0,30	203517	530770	451321
4	20,20	1230	650	1900	0,31	802750	2097206	1804177

PROGETTAZIONE ATI:

Profondità (m)	Vs,eq (m/s)
0-30	445

MASW7

Strato	Spessore (m)	Vp (m/s)	Vs (m/s)	Densità ρ (kg/m ³)	Poisson ν	Modulo di taglio G (kPa)	Modulo di Young E (kPa)	Modulo di incompressibilità K (kPa)
1	1,10	507	161	1500	0,44	38882	112284	333732
2	6,00	742	351	1700	0,36	209442	567947	656703
3	7,80	1040	526	1800	0,33	498017	1322867	1282858
4	15,10	1293	663	1900	0,32	835181	2207624	2062938

Profondità (m)	Vs,eq (m/s)
0-30	488

MASW8

Strato	Spessore (m)	Vp (m/s)	Vs (m/s)	Densità ρ (kg/m ³)	Poisson ν	Modulo di taglio G (kPa)	Modulo di Young E (kPa)	Modulo di incompressibilità K (kPa)
1	1,40	271	109	1500	0,40	17822	50025	86400
2	3,30	479	203	1600	0,39	65934	183368	279193
3	1,50	1093	526	1800	0,35	498017	1343949	1486346
4	23,80	1147	577	1800	0,33	599272	1594785	1569067

Profondità (m)	Vs,eq (m/s)
0-30	410

Dati forniti dall'analisi dalle prove Masw hanno permesso di desumere le V_{seq} e queste indicazioni, salvo per la Masw 3, i terreni possono venire classificate in classe B in quanto le risultanze offrono valori al di sopra della velocità di 360 m/s limite normativo. La Masw 3 è stata eseguita in prossimità della Sezione 6/7

7. INQUADRAMENTO SISMICO

7.1. CLASSIFICAZIONE SISMICA

Il Comune di Caldarola è inserito, in Zona Sismica 2 ($a_g = 0,15-0,2$ g) "Zona con pericolosità sismica media dove possono verificarsi forti terremoti" (Ordinanza del Consiglio dei Ministri n.3274 del 20 marzo 2003 e della successiva Delibera della Giunta regionale Marche n.1046 del 29/07/2003 e successive modifiche).

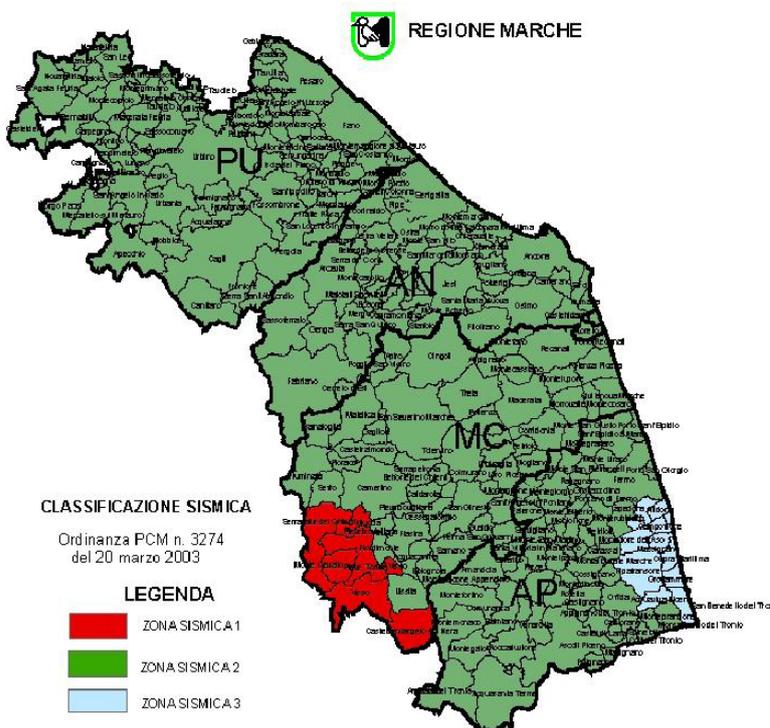


Figura 7-1

7.2. PERICOLOSITÀ SISMICA

Per quanto riguarda la pericolosità sismica, della quale si riporta la mappa della Regione Marche, essa è intesa in senso probabilistico come lo scuotimento del suolo atteso in un dato sito con una certa probabilità di eccedenza in un dato intervallo di tempo, ovvero la probabilità che un certo valore di scuotimento si verifichi in un dato intervallo di tempo.

Questo tipo di stima si basa sulla definizione di una serie di elementi di input (quali catalogo dei terremoti, zone sorgente, relazione di attenuazione del moto del suolo, ecc.) e dei parametri di riferimento (per esempio: scuotimento in accelerazione o spostamento, tipo di suolo, finestra temporale, ecc.).

Gli studi di pericolosità sono utilizzati, tra gli altri, nelle analisi di sito, per localizzare opere critiche dal punto di vista della sicurezza, del rischio o dell'importanza strategica. Valutare la pericolosità significa, in questo caso, stabilire la probabilità di occorrenza di un terremoto di magnitudo (o Pga) superiore al valore di soglia stabilito dagli organi politici/decisionali, portando all'eventuale scelta di aree diverse.

Con l'OPCM n. 3519 del 28.04.2006 è stata approvata la "Mappa di pericolosità sismica del territorio Nazionale" espressa in termini di accelerazione massima al suolo (a_g max).

Poiché l'INGV fornisce mappe di pericolosità sismica ricavate fissando un periodo di riferimento VR pari a 50 anni ($V_n = 50$ anni, $C_u=1$), è stato necessario calcolare la probabilità di superamento PvR in 50 anni per una costruzione di classe d'uso IV ($C_u=2$).

Il periodo di ritorno TR allo stato limite SLV ($P_vR = 10\%$), calcolato secondo le prescrizioni contenute al paragrafo 3.2.1 delle NTC18, per una costruzione avente un periodo di riferimento VR=100 anni risulta essere:

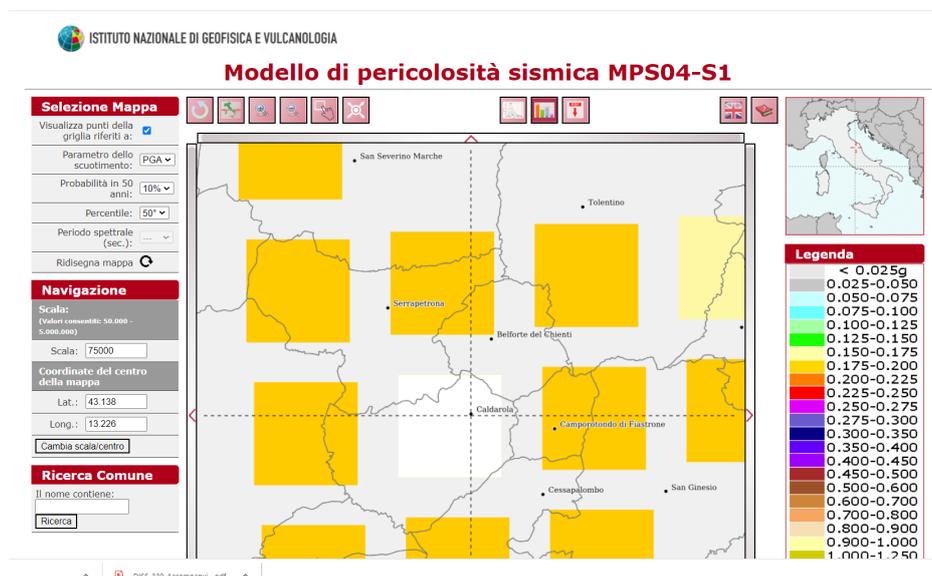
PROGETTAZIONE ATI:

$T_{R100} = 949$ anni

È possibile calcolare la probabilità di superamento P_{VR} fissando un periodo di ritorno $TR = 949$ anni e un periodo di riferimento $VR = 50$ anni mediante la seguente formula:

$$P_{VR} = 1 - e^{\left(-\frac{50 \text{ anni}}{T_{R100}}\right)} = 5,132 \%$$

Si riporta di seguito la mappa di pericolosità sismica espressa in termini di accelerazione massima del suolo con probabilità di eccedenza del 5% in 50 anni riferita a suoli molto rigidi ($V_s > 800$ m/sec). Il valore di "ag" per il Comune di Caldarola varia da 0,175 a 0.200g.



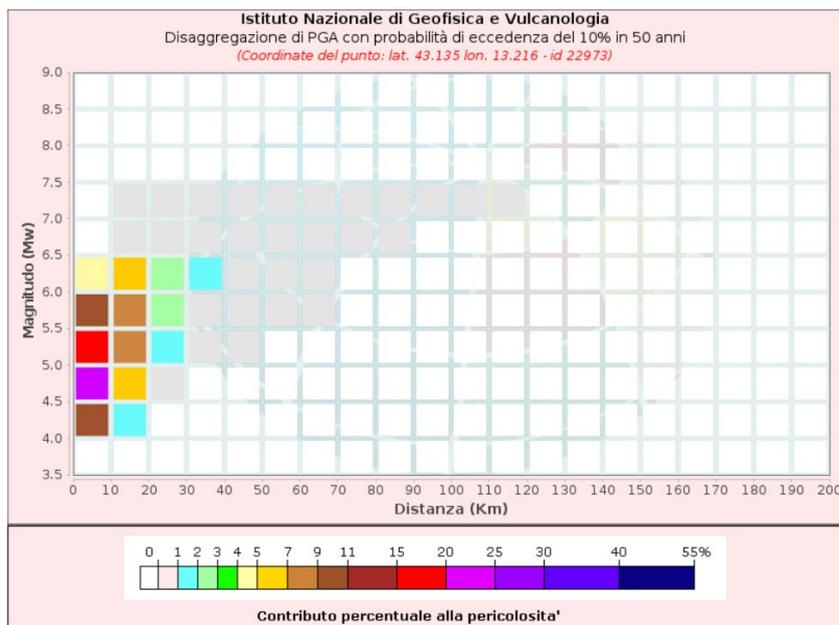


Figura 7-2 Estratto da http://esse1-gis.mi.ingv.it/mps04_ita.jsp

Loggi com macerata banche bandi geotermia imp meteo provincia mc utenze pec Siti Web Microsoft BANDI Virg

Disaggregazione di PGA con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni (Coordinate del punto: lat. 43.135 lon. 13.216 - id 22973)											
Distanza (Km)	Magnitudo (Mw)										
	3.5-4.0	4.0-4.5	4.5-5.0	5.0-5.5	5.5-6.0	6.0-6.5	6.5-7.0	7.0-7.5	7.5-8.0	8.0-8.5	8.5-9.0
0-10	0.0000	9.9200	21.7000	15.6000	9.5000	4.2900	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
10-20	0.0000	1.2300	5.1100	7.0800	7.3700	5.1500	0.3600	0.1850	0.0000	0.0000	0.0000
20-30	0.0000	0.0000	0.2100	1.3400	2.6300	2.7800	0.7120	0.4430	0.0000	0.0000	0.0000
30-40	0.0000	0.0000	0.0001	0.1080	0.7620	1.0700	0.4720	0.3600	0.0000	0.0000	0.0000
40-50	0.0000	0.0000	0.0000	0.0030	0.1560	0.3610	0.2630	0.2410	0.0000	0.0000	0.0000
50-60	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0195	0.0865	0.1350	0.1520	0.0000	0.0000	0.0000
60-70	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0003	0.0076	0.0587	0.0887	0.0000	0.0000	0.0000
70-80	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0157	0.0419	0.0000	0.0000	0.0000
80-90	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0027	0.0191	0.0000	0.0000	0.0000
90-100	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0071	0.0000	0.0000	0.0000
100-110	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0018	0.0000	0.0000	0.0000
110-120	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0002	0.0000	0.0000	0.0000
120-130	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
130-140	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
140-150	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
150-160	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
160-170	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
170-180	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
180-190	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
190-200	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

Valori Medi		
Magnitudo	Distanza	Epsilon
5.31	10.6	0.887

7.3. SISMICITÀ STORICA

La sismicità storica dell'area interessata dall'opera in progetto sono stati consultati i database disponibili presso il sito INGV:

PROGETTAZIONE ATI:

- Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani 2015 (CPTI15), redatto dal Gruppo di lavoro CPTI 2015 dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV). Questo catalogo fornisce dati parametrici omogenei, sia macrosismici, sia strumentali, relativi ai terremoti con intensità massima ≥ 5 o magnitudo ≥ 4.0 d'interesse per l'Italia nella finestra temporale 1000-2014

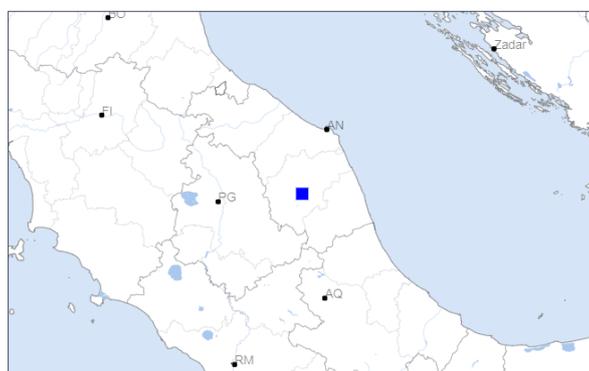
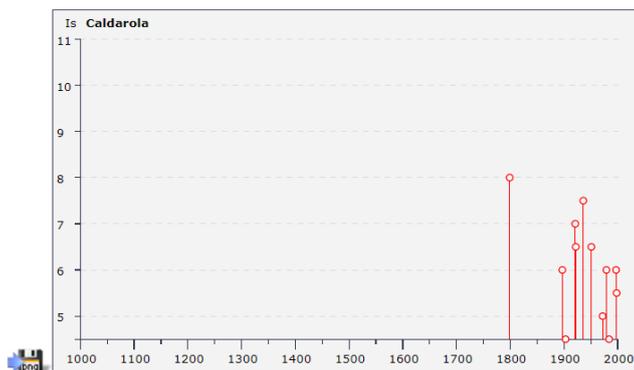
Dal sito https://emidius.mi.ingv.it/DBMI04/query_place/ è possibile desumere set omogeneo di intensità macrosismiche provenienti da diverse fonti relativo ai terremoti con intensità massima ≥ 5 e d'interesse per l'Italia nella finestra temporale 1773 ad oggi.

Storia sismica di Caldarola
[43.137, 13.226]



Numero di eventi: 22

Effetti	In occasione del terremoto del:					Area epicentrale	Np	Ix	Mw
	Anno	Me	Gi	Or	Mi				
8	1799	07	28			CAMERINO	47	9-10	5.93
4	1889	12	08			APRICENA	122	7	5.55
4	1891	06	07	01	06	Valle d'Illasi	403	9	5.71
6	1897	09	21			ADRIATICO CENTRALE	44	7	5.50
3-4	1897	12	18	07	24	Appennino umbro-march.	132	7-8	5.18
4	1898	06	27	23	38	RIETI	186	8	5.48
3-4	1898	08	25			VISSO	66	7	5.09
4-5	1903	11	02	21	52	VALNERINA	33	6-7	5.03
2-3	1904	11	17	05	02	PISTOIESE	204	7	5.18
3-4	1907	01	23	00	25	ADRIATICO CENTRALE	93	5	4.84
3	1911	02	19	07	18	Romagna meridionale	185	7	5.38
7	1921	08	28	10	45	SARNANO	13	7	5.06
6-7	1922	06	08	07	47	CALDAROLA	52	6-7	5.00
4	1933	09	26	03	33	Maiella	326	9	5.68
7-8	1936	12	09	07	34	CALDAROLA	32	7-8	4.83
6-7	1951	09	01			SARNANO	81	7	5.31
5	1972	11	26	16	03	MONTEFORTINO	73	8	5.34
6	1979	09	19	21	35	Valnerina	691	8-9	5.90
4-5	1984	04	29	05	02	GUBBIO/VALFABBRICA	709	7	5.68
3-4	1993	06	05	19	16	GUALDO TADINO	326	6	4.92
6	1997	09	26	09	40	Appennino umbro-march.	869	9	6.05
5-6	1998	03	26	16	26	APPENNINO UMBRO-MARCH.	408	6-7	5.33

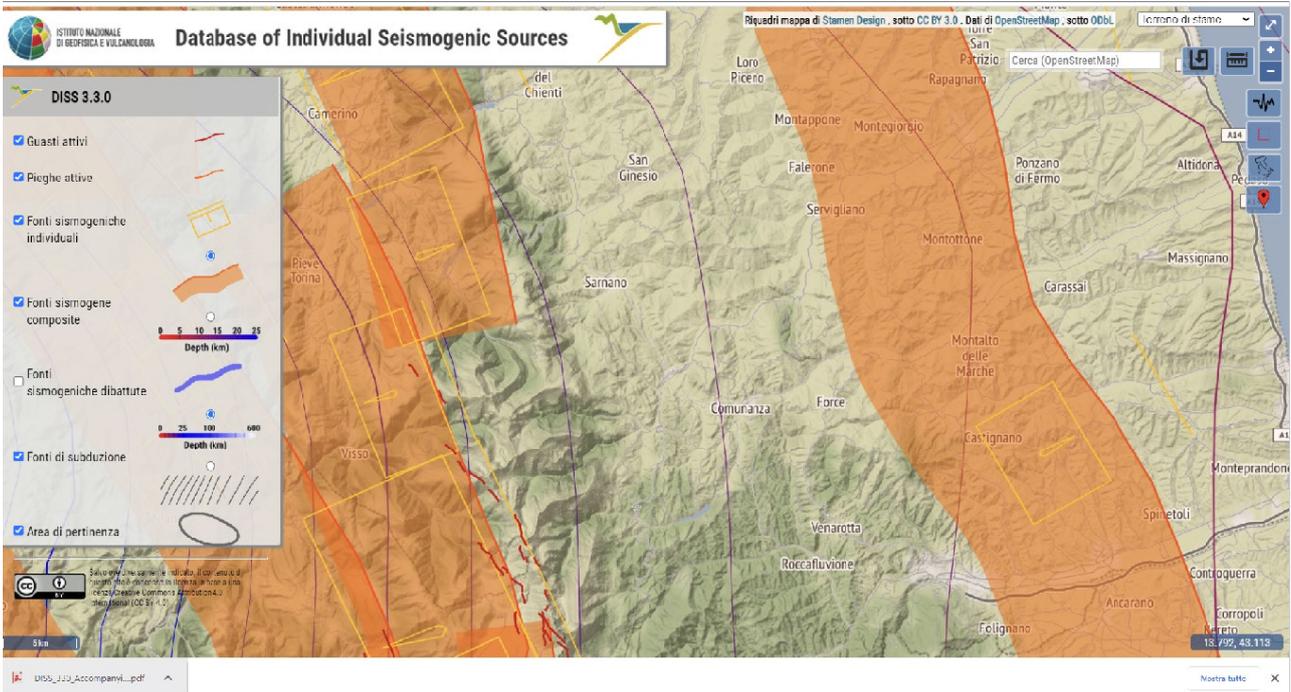


Località vicine (entro 10km)			
Località	Stato	NMO	Distanza
Belforte del Chienti	IT	11	3km
Camporotondo di Fiastrone	IT	7	3km
Cessapalombo	IT	7	4km
San Ginesio	IT	20	8km
Serrapetrona	IT	5	5km
Tolentino	IT	32	9km

7.4. ASPETTI SIMOGENETICI

Le sorgenti sismogenetiche italiane sono raccolte in un Database (DISS Working Group, 2018), esso comprende un repository georiferito di informazioni di natura sismotettonica. Con il termine sismotettonica si intende il settore disciplinare che si interessa dei rapporti tra la geologia, la tettonica attiva e la sismicità di una data area, e che ha come obiettivo principale l'individuazione delle strutture che generano terremoti – le sorgenti sismogenetiche – e la stima del loro potenziale. L'obiettivo è di simulare in modo accurato, e quindi, in qualche modo, di "prevedere", la distribuzione dello scuotimento del terreno che verrà determinato da un forte terremoto del futuro. Lo scuotimento è in assoluto il principale responsabile del danneggiamento subito dalle opere dell'uomo come le vie di comunicazione e le reti di servizi in occasione di un forte evento sismico e le tecniche di simulazione dello scuotimento del terreno sono oggi alla base dei codici per il calcolo della pericolosità sismica e si avvalgono di dati che descrivono dal punto di vista geologico le faglie in grado di generare forti terremoti.

PROGETTAZIONE ATI:



L'area di oggetto di esame si trova tra due sorgente sismogenetica composta ITCS020 attiva e la sorgente ITCS127 composta. Le sorgenti sismogenetiche composte rappresentano aree molto estese all'interno delle quali vi sussistono sorgenti sismogenetiche minori associate a specifici terremoti storici.

com macerata banche bandi geotermia imp meteo provincia mc utenze pec Siti Web Microsoft BANDI

DISS 3.3.0

FONTI SISMOGENICHE COMPOSITE

Informazione | Commento | Immagini | Riferimenti

INFORMAZIONE GENERALE

DISS-ID ITCS020

Nome Marche Meridionali

Compilatore/i Kastelic V.(1), Livani M.(2), Maesano FE(1), Scrocca D.(3), D'Ambrogio C.(4), Basili R.(1)

Contributori Burrato P.(1), Fracassi U.(1), Mariano S.(1)

Affiliazione/i 1) Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia; Sezione Roma 1; Via di Vigna Murata, 605, 00143 Roma, Italia
2) Università di Roma La Sapienza; Dipartimento di Scienze della Terra; Roma, Italia
3) CNR; Istituto di Geologia Ambientale e Geoingegneria; P.le Aldo Moro, 4, Roma, Italia
4) Istituto superiore per la protezione e la ricerca ambientale; Servizio Geologico d'Italia; Via Vitaliano Brancati, 48, 00144 Roma, Italia

Creato 08/01/2005

Aggiornato 12/10/2020

Visualizza mappa

Fonti correlate [ITIS070](#)

INFORMAZIONI PARAMETRICHE

Parametro	Qualità	Evidenza
Profondità minima [km]	3.5	LD Sulla base dei dati geologici di Bigi et al. (2013).
Profondità massima [km]	11.0	LD Sulla base dei dati geologici di Bigi et al. (2013).
Colpo [gradi] min... max	140...175	LD Sulla base dei dati geologici di Fantoni e Franciosi (2010).
Dip [gradi] min... max	25...35	LD Sulla base dei dati geologici di Bigi et al. (2013).

PROGETTAZIONE ATI:

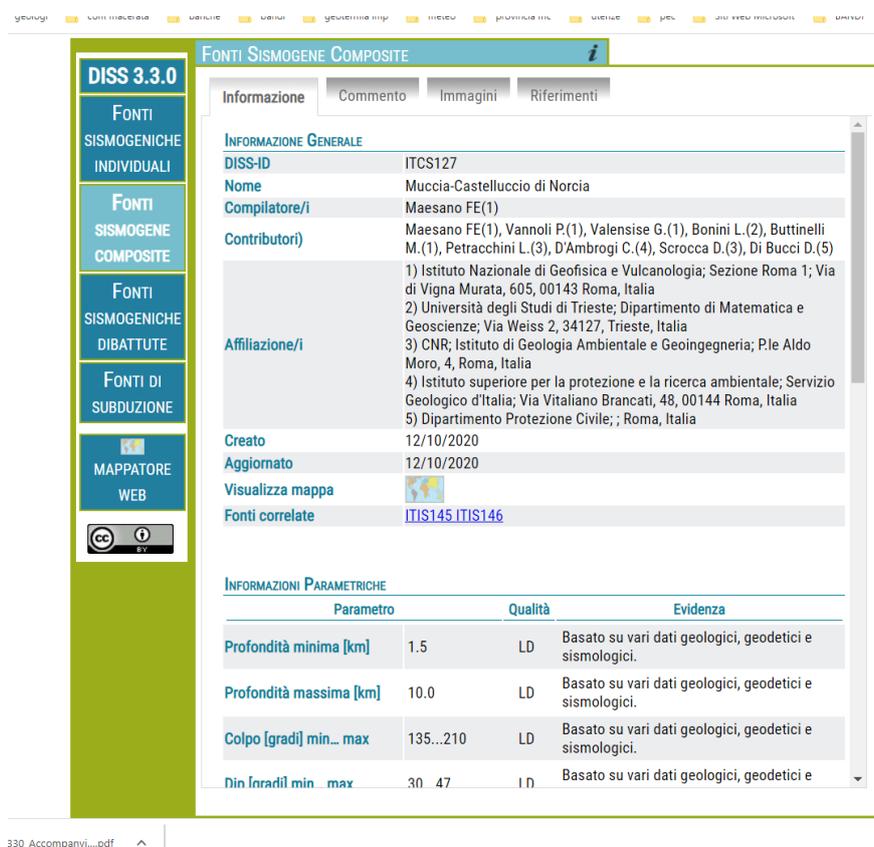


Figura 7-3 Estratto da: <https://diss.ingv.it/diss330/dissmap.html>

7.5. MICROZONAZIONE SISMICA LOCALE

Il Comune di Caldarola è dotato di studio di microzonazione Sismica di livello 1 e 3. Lo studio di Microzonazione Sismica di Livello 3 (MS3) rappresenta un livello più elevato di conoscenza sismica del territorio, che consiste in una raccolta organica e ragionata di dati di natura geologica, geofisica e geotecnica e delle informazioni preesistenti e/o acquisite appositamente al fine di suddividere il territorio in microzone qualitativamente omogenee dal punto di vista del comportamento sismico. Tale approfondimento è finalizzato alla realizzazione della Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS). La carta delle MOPS è di estrema importanza ai fini delle scelte di pianificazione territoriale, rappresentando uno strumento che consente di dare informazioni sintetiche ottenute dalla sovrapposizione di informazioni di dati geologici, geomorfologici, geotecnici e geofisici attraverso la suddivisione del territorio in zone che presentano un medesimo potenziale di suscettibilità o meno a fenomeni di amplificazione locale indotto dal sisma.

Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica

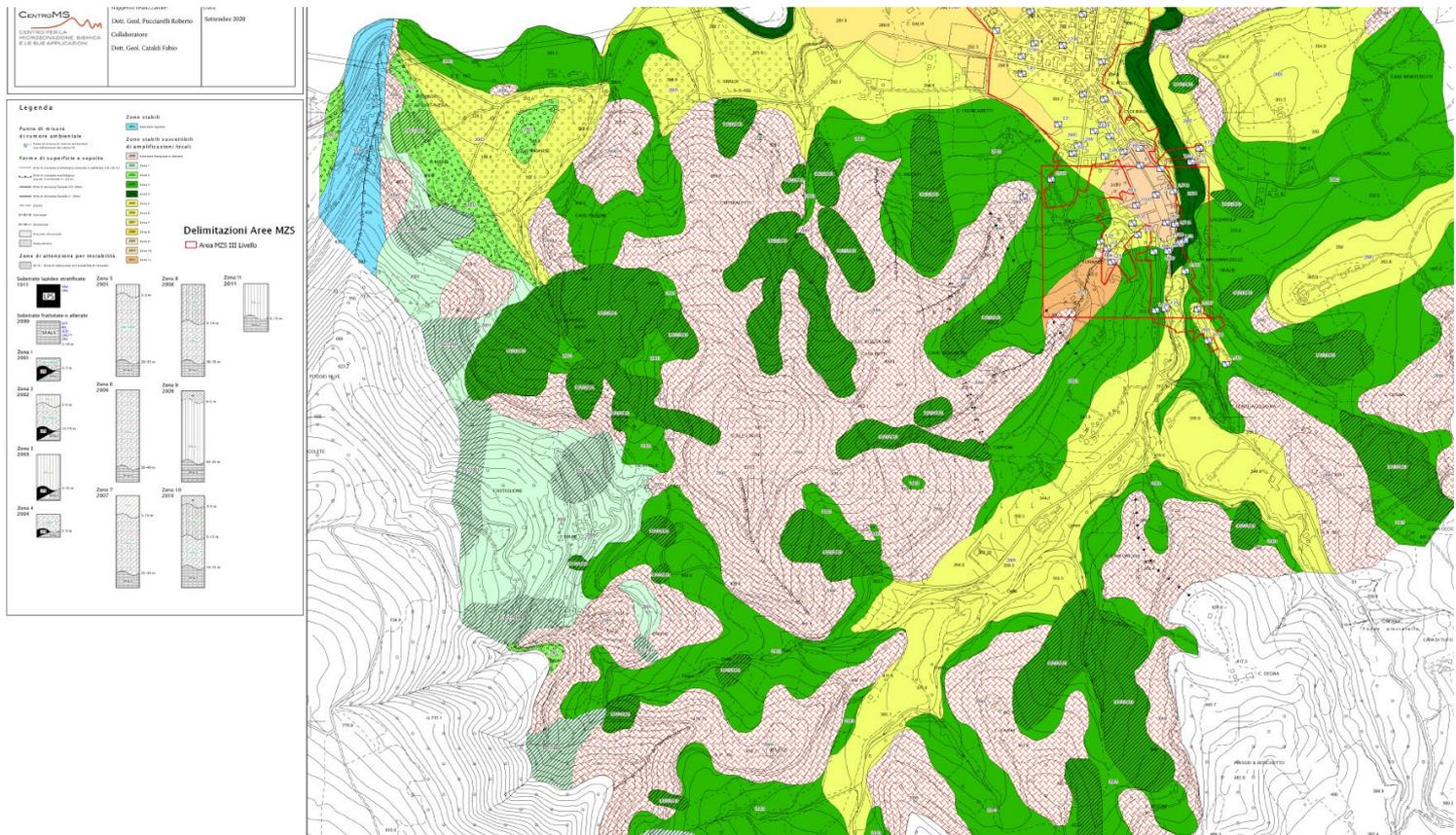
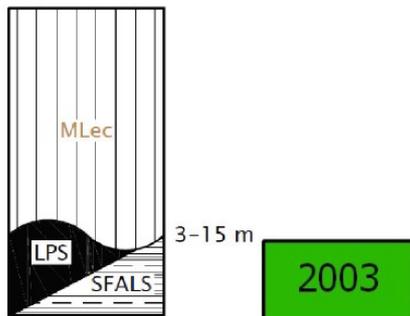


Figura 7-4 Estratto dallo studio di microzonazione sismica di terzo livello del dott. Geol. Mauro Cataldi 2020

Zona 3
2003



“La Zona 3, rappresentata con il codice 2003, fa riferimento ai depositi di natura eluviocolluviale olocenici [MUSb2] poggianti su substrato solitamente mamoso, arenaceopelitico o pelitico-arenaceo. Tale deposito è costituito prevalentemente dai terreni ricadenti nella classe geotecnica ML (limi inorganici, farine di roccia, sabbie fini limose o argillose, limi argillosi di bassa plasticità), caratterizzati da più ridotte resistenze meccaniche rispetto ai terreni del substrato, dovute al minore addensamento e/o minore coesione. La

PROGETTAZIONE ATI:

velocità delle onde di taglio in tale litologia, determinata attraverso indagini MASW eseguite, viene riassunto nella figura sottostante.

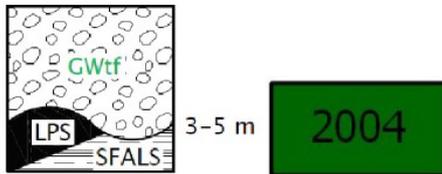
2003	0-0.8	Terreno vegetale (PT/OL) o di RIPORTO (RI)	110	90	130
	1-3	Limo argilloso/sabbioso (MLec) poco addensato	160	130	190
	3-12	Limo argilloso/sabbioso (MLec) moderatamente addensato	245	210	280
	>	Pelitico-arenacea/Gessoso-solfifera (SFALS)	580	510	650

L'incremento di intensità risentita in caso di sisma è generalmente piuttosto notevole data la differenza di rigidità tra depositi e substrato, come risultato anche dalla modellazione 1D eseguita: viene mostrata come esempio un'indagine H/V svolta in via Lago (043006P478HVSR481) che evidenzia un contrasto di impedenza compatibile (Figura 89) con la situazione stratigrafica. Il contatto tra depositi e bedrock può variare da 3-5 m fino 15 m: in caso di spessore minore, gli effetti della presenza del deposito è piuttosto insignificante.

Nelle aree che sono state cartografate come zona 2003 assume grande importanza, nella stabilità di insieme, sia l'aspetto geomorfologico che quello idrogeologico.

Tale zona è abbastanza diffusa (c.da Acquaviva, c.da San Domenico, c.da Colcù, ecc...) e caratterizza i pendii a debole pendenza del settore orientale, dove il substrato è costituito da terreni miocenici.

Zona 4 2004



La zona rappresentata con il codice 2004, corrisponde agli attuali alvei dei fiumi, dove si rinvencono depositi di natura alluvionale non terrazzati olocenici [MUSb] poggianti direttamente su substrato non rigido. Tale deposito è costituito prevalentemente dai terreni ricadenti nella classe geotecnica GW (ghiaie pulite con granulometria ben assortita, miscela di ghiaia e sabbia) o subordinatamente GM (ghiaie limose, miscela di ghiaia, sabbia e limo) aventi spessore 3-5 m, a cui si può sovrapporre fino a 2,0 m di sabbie, limi o argille. Generalmente la Zona 4 è caratterizzata da più ridotte resistenze meccaniche rispetto ai terreni del substrato, dovute al minore addensamento e/o minore coesione. Le misure della velocità delle onde di taglio effettuate su tale vengono riassunte di seguito.

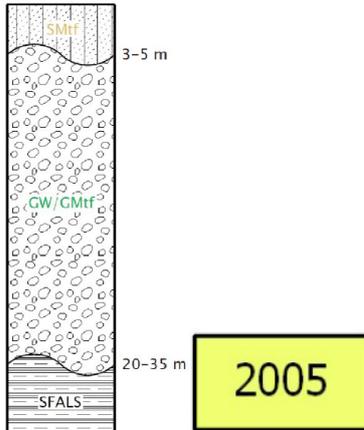
2004	0-2	Sabbia limosa / limo sabbioso (SMtf)	280	200	360
	3-5	Ghiaia sabbiosa (GWtf)	375	300	450
	>	Pelitico-arenacea/Gessoso-solfifera (SFALS)	580	510	650

L'incremento di intensità risentita in caso di sisma è basso, come risultato dall'analisi 1D illustrata nel paragrafo 7.1.3.

L'incidenza delle condizioni idrogeologiche nella Zona 4 può essere comunque significativa. Anche in questo caso, quando il contatto tra depositi e bedrock è inferiore ai 3-5 m di profondità, gli effetti di incremento sismico sono piuttosto insignificanti.

Nel territorio in esame, la Zona 4 è presente in corrispondenza dell'alveo attuale del Fiume Chienti o del Rio delle Concie.

Zona 5
2005



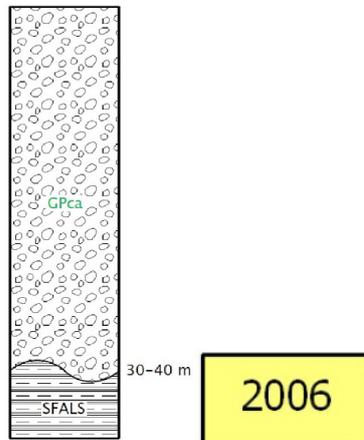
La Zona 5, rappresentata con il codice 2005, fa riferimento generalmente ai depositi di natura alluvionale terrazzati pleistocenici [ACbn3, MTIbn] ed olocenici [MUSbn] costituiti da terreni ricadenti nella classe geotecnica GW, in misura minore GM, poggianti sul substrato non rigido. Spesso, al di sopra dei depositi ghiaioso-sabbiosi, si possono avere frazioni limoso-argillose o sabbiose, per uno spessore che in genere non supera i 5,0 m.

Le velocità delle onde di taglio, sulla base di prove MASW reperite, sono illustrate di seguito.

2005	0-0.5	Terreno vegetale (PT/OL) o di RIPORTO (RI)	160	130	190
	0.5-3	Sabbia limosa / limo sabbioso (SMtf)	205	180	230
	1-10	Ghiaia limosa o sabbiosa (GMtf/GWtf) poco addensata	330	300	360
	20-25	Ghiaia limosa o sabbiosa (GMtf/GWtf) moderatamente addensata	490	400	580
	>	Pelitico-arenacea/Gessoso-solfifera (SFALS)	580	510	650

L'incremento di intensità risentita in caso di sisma è piuttosto variabile, come dimostra la modellazione 1D eseguita e 2 misure HVSR che vengono illustrate.

Zona 6
2006



La Zona 6, rappresentata con il codice 2006, fa riferimento generalmente ai depositi di conoide alluvionale pleistocenici [MTIbn] costituiti da terreni ricadenti nella classe geotecnica GP, poggianti su substrato non rigido, per uno spessore che può arrivare anche a 40,0 m e messi in posto dal Rio delle Concie. Spesso, al di sopra dei depositi ghiaioso-sabbiosi, si possono avere terreno vegetale o di riporto.

Le velocità delle onde di taglio, sulla base di diverse prove MASW effettuate o reperite, vengono illustrate di seguito.

2006	0-1.5	Terreno vegetale (PT/OL) o di RIPORTO (RI)	200	190	210
	0.5-2	Ghiaia (GPca) poco addensata	340	300	380
	30-40	Ghiaia (GPca) addensata	600	400	800
	>	Pelitico-arenacea/Gessoso-solfifera (SFALS)	580	510	650

È una zona piuttosto omogenea dal punto di vista della risposta sismica come visto dalla modellazione 1D e dalle misure HVSR effettuate a supporto, che mostrano valori di ampiezza quasi sempre sotto al valore di 2.

Per il caso in esame, ad ogni microzona individuata nella Carta delle MOPS vengono attribuite le seguenti velocità medie $V_{s,30}$, derivate da tutte le MASW eseguite e reperite e la seguente categoria di suolo.

n. MOPS	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2099
$V_{s,30}$ (m/s)	313	498	418	592	443	437	264	392	504
CATEGORIA SUOLO	C	B	B	B	B	B	C	B	B

MICROZONAZIONE SISMICA

Carta di microzonazione sismica

FA 0.1–0.5 s

Carta di Microzonazione Sismica

MZS – Zone stabili

 Zona stabile (FA = 1)

MZS – Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali

 Zona stabile suscettibile di amplificazioni locali (FA = 1.1 - 1.2)

 Zona stabile suscettibile di amplificazioni locali (FA = 1.3 - 1.4)

 Zona stabile suscettibile di amplificazioni locali (FA = 1.5 - 1.6)

 Zona stabile suscettibile di amplificazioni locali (FA = 1.7 - 1.8)

 Zona stabile suscettibile di amplificazioni locali (FA = 1.9 - 2.0)

 Zona stabile suscettibile di amplificazioni locali (FA = 2.1 - 2.2)

 Zona stabile suscettibile di amplificazioni locali (FA = 2.3 - 2.4)

 Zona stabile suscettibile di amplificazioni locali (FA = 2.5 - 3.0)

 Zona stabile suscettibile di amplificazioni locali (FA = 3.1 - 3.5)

 Zona stabile suscettibile di amplificazioni locali (FA > 3.5)

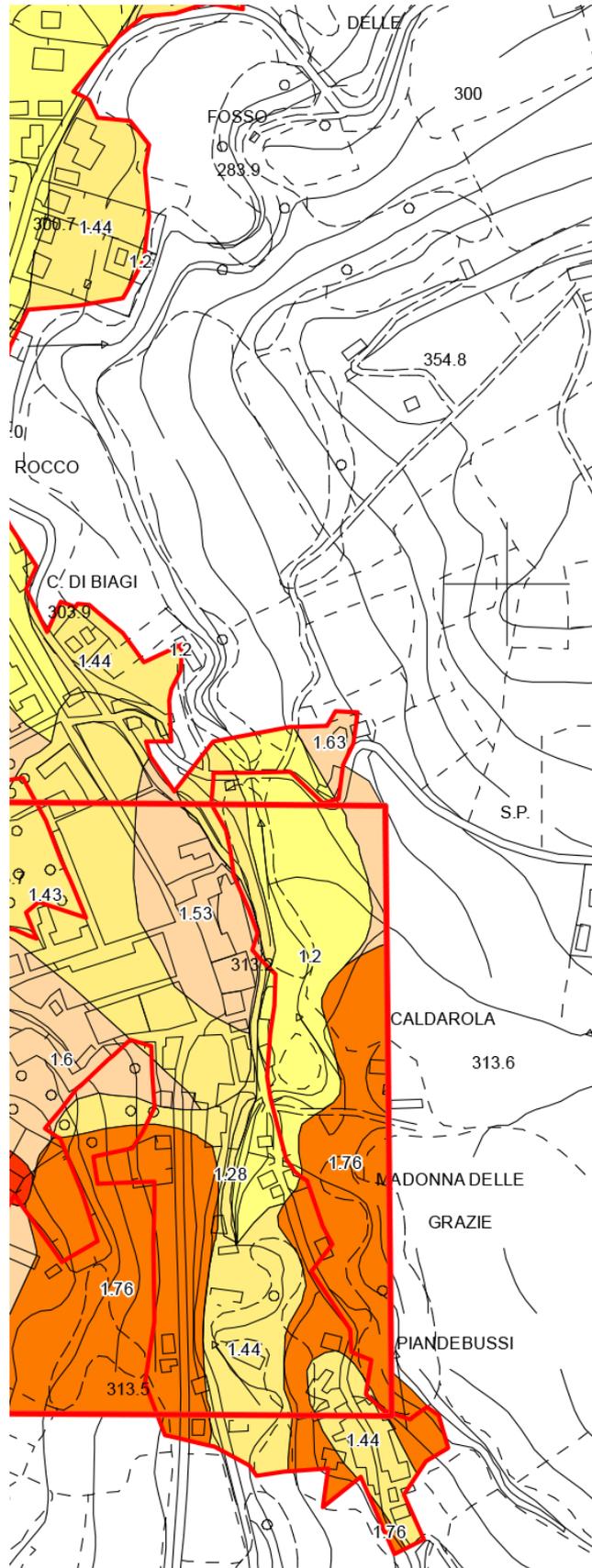


Figura 7-5 Estratto dallo Studio di Microzonazione Sismica Livello 3 del Comune di Caldarola

PROGETTAZIONE ATI:

MICROZONAZIONE SISMICA

Carta di microzonazione sismica

FA 0.4 – 0.8 s

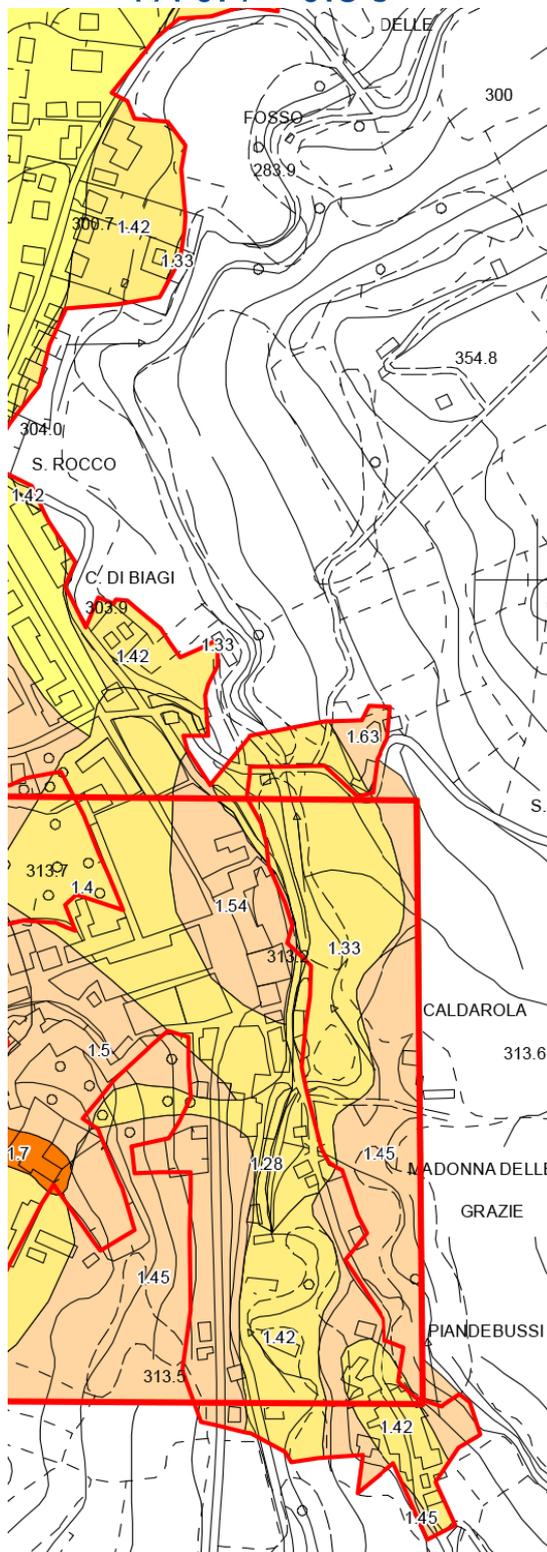


Figura 7-6 Estratto dallo Studio di Microzonazione Sismica Livello 3 del Comune di Caldara

PROGETTAZIONE ATI:

MICROZONAZIONE SISMICA

Carta di microzonazione sismica

FA 0.7 – 1.1 s

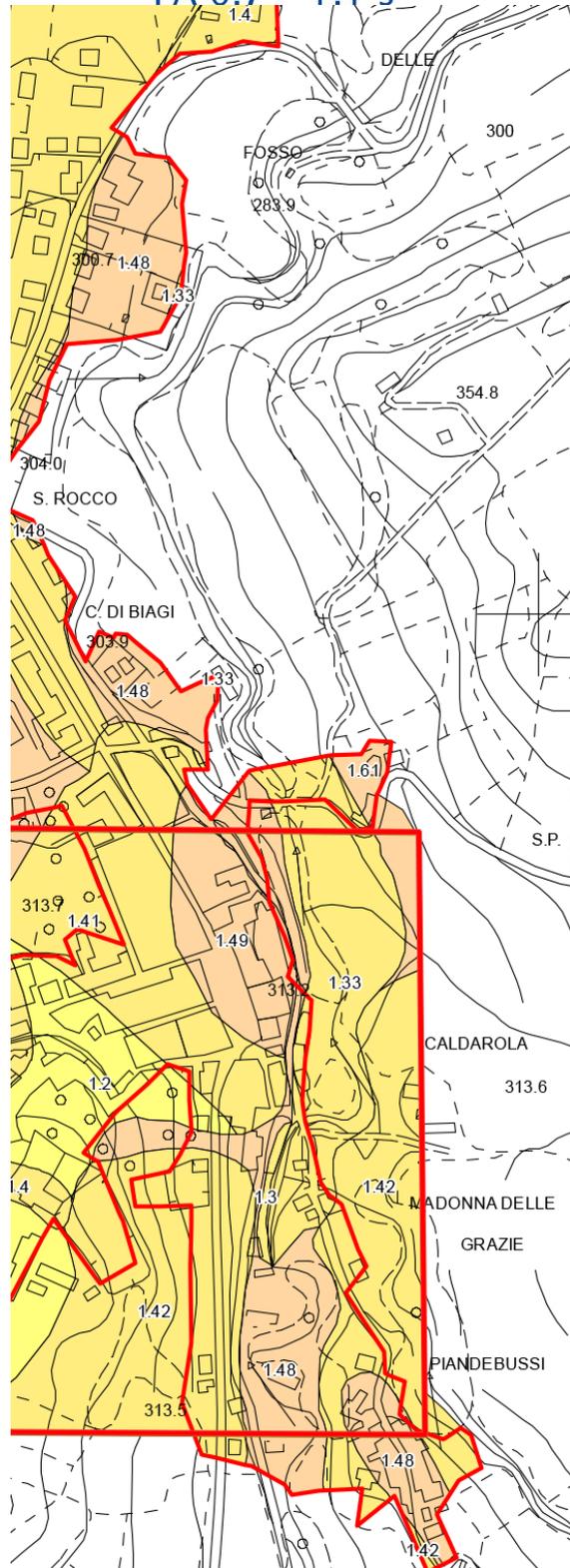


Figura 7-7 Estratto dallo Studio di Microzonazione Sismica Livello 3 del Comune di Caldaraola

PROGETTAZIONE ATI:

8. SPETTRO DI RISPOSTA ELASTICO IN ACCELERAZIONE LOCALE

Per la valutazione dello spettro di risposta elastico (componente orizzontale e componente verticale) dell'area investigata si è fatto riferimento alle Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC 2018).

8.1. AMPLIFICAZIONE TOPOGRAFICA

Per tener conto delle condizioni topografiche si utilizzano i valori del coefficiente topografico S riportati nella tabella seguente in funzione delle categorie topografiche e dell'ubicazione dell'opera o dell'intervento. La variazione spaziale del coefficiente di amplificazione topografica è definita da un decremento lineare con l'altezza del pendio o rilievo, dalla sommità o cresta fino alla base, dove ST assume valore unitario.

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 8-1 – Categorie topografiche

Categoria Topografica	Ubicazione dell'opera	ST
T1	-	1.0
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1.2
T3	In corrispondenza della cresta del rilievo	1.2
T4	In corrispondenza della cresta del rilievo	1.4

Tabella 8-2 - Valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica ST (la variazione spaziale di ST è definita da un decremento lineare con l'altezza del pendio o rilievo dalla sommità fino alla base dove $ST=1,0$).

Nella tabella successiva vengono riportate le categorie topografiche in funzione della progressiva chilometrica.

Tabella 8-3 Tabella riassuntiva categorie topografiche LOTTO 1 TRATTO 1

da prog	a prog.	Opera	Categoria topografica
1	5	Rilevato	T1
5	6	viadotto	T1
6	11	Galleria artificiale	T1
11	15	Opere di sostegno	T1

Tabella 8-4 Tabella riassuntiva categorie topografiche LOTTO 1 TRATTO 2

da prog	a prog.	Opera	Categoria topografica
1	8	Opere sostegno	T1
8	10	Viadotto	T1
10	17	opere sostegno	T1

Tabella 8-5 Tabella riassuntiva categorie topografiche LOTTO 1 TRATTO 3

da prog	a prog.	Opera	Categoria topografica
1	13	Opere sostegno	T1
13	18	Viadotto	T1
18	26	opere sostegno	T1

8.2. AMPLIFICAZIONE STRATIGRAFICA

Per sottosuolo di categoria **A** i coefficienti S_S e C_C valgono 1. Per le categorie di sottosuolo **B**, **C**, **D** ed **E** i coefficienti S_S e C_C possono essere calcolati, in funzione dei valori di F_0 e T_C^* relativi al sottosuolo di categoria **A**, mediante le espressioni fornite nella tabella seguente, nelle quali $g = 9,81 \text{ m/s}^2$ è l'accelerazione di gravità e T_C^* è espresso in secondi.

Categoria di sottosuolo	SS	CC
A	1.00	1.00
B	$1.00 \leq 1.40 - 0.40 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1.20$	$1.10 \cdot (T_C^*)^{-0.20}$
C	$1.00 \leq 1.70 - 0.60 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1.50$	$1.05 \cdot (T_C^*)^{-0.33}$
D	$0.90 \leq 2.40 - 1.50 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1.80$	$1.25 \cdot (T_C^*)^{-0.5}$
E	$1.00 \leq 2.00 - 1.10 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1.60$	$1.15 \cdot (T_C^*)^{-0.40}$

Tabella 8-6 - Valori dei coefficienti SS e Cc, per ciascuna categoria di sottosuolo

Per la definizione delle categorie del sottosuolo è fatto riferimento ai risultati delle indagini simiche eseguite. Nella tabella seguente si riportano le categorie di sottosuolo in funzione delle progressive chilometriche.

Tabella 8-7 Tabella riassuntiva categorie di sottosuolo LOTTO 1 TRATTO 1

da prog	a prog.	Opera	Categoria di sottosuolo
1	45	Rilevato	B
5	6	viadotto	B
6	11	Galleria artificiale	B
11	15	Opere di sostegno	B

Tabella 8-8 Tabella riassuntiva categorie di sottosuolo LOTTO 1 TRATTO 2

da prog	a prog.	Opera	Categoria di sottosuolo
1	8	Opere sostegno	B
8	9	Viadotto	B
9	10	Viadotto	C
10	12	Opere sostegno	C
12	17	opere sostegno	B

PROGETTAZIONE ATI:

Tabella 8-9 Tabella riassuntiva categorie di sottosuolo LOTTO 1 TRATTO 3

da prog	a prog.	Opera	Categoria di sottosuolo
1	13	Opere sostegno	B
13	18	Viadotto	B
18	26	opere sostegno	B

8.3. VITA NOMINALE

La vita nominale di progetto V_N di un'opera è convenzionalmente definita come il numero di anni nel quale è previsto che l'opera, purché soggetta alla necessaria manutenzione, mantenga specifici livelli prestazionali. I valori minimi di V_N da adottare per i diversi tipi di costruzione sono riportati nella tabella seguente; tali valori possono essere anche impiegati per definire le azioni dipendenti dal tempo.

TIPI DI COSTRUZIONI	Valori minimi di V_N (anni)
Costruzioni temporanee e provvisorie	10
Costruzioni con livelli di prestazioni ordinari	50
Costruzioni con livelli di prestazioni elevati	100

Tabella 8-10 - Valori minimi della Vita nominale V_N di progetto per i diversi tipi di costruzioni

Nel caso del presente intervento si considera "Costruzioni con livelli di prestazioni ordinari"; $V_N = 50$ anni.

8.4. CLASSE D'USO

In presenza di azioni sismiche, con lo scopo di valutare le conseguenze di una interruzione di operatività assegnata o di un eventuale collasso della struttura, le costruzioni sono catalogate in 4 classi d'uso a cui corrisponde un valore del coefficiente d'uso C_u per la definizione dell'azione sismica; in particolare, con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso, le costruzioni sono suddivise nelle classi d'uso così definite:

- *Classe I: Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.*
- *Classe II: Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.*
- *Classe III: Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.*
- *Classe IV: Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al DM 5/11/2001, n. 6792, "Norme*

funzionali e geometriche per la costruzione delle strade”, e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica.

CLASSE D'USO				
Classe	I	II	III	IV
Coefficiente C_u	0.7	1	1.5	2

Tabella 8-11 - Parametri per il calcolo del coefficiente d'uso (C_u).

All'opera in oggetto viene assegnato una Classe d'uso IV "Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al DM 5/11/2001, n. 6792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica", a cui corrisponde un coefficiente d'uso:

$$\underline{C_u = 2.0}$$

8.5. PERIODO DI RIFERIMENTO PER L'AZIONE SISMICA

Le azioni sismiche sulle costruzioni vengono valutate in relazione ad un periodo di riferimento V_R che si ricava, per ciascun tipo di costruzione, moltiplicandone la vita nominale di progetto V_N per il coefficiente d'uso C_u ; pertanto, con riferimento a quanto esposto ai paragrafi precedenti risulta che:

$$\underline{V_R = V_n \text{ (Vita nominale)} \times C_u \text{ (Classe d'uso)} = 50 \times 2.0 = 100 \text{ anni}}$$

8.6. STABILITÀ NEI CONFRONTI DELLA LIQUEFAZIONE

Sulla base dei risultati ottenuti dalle prove penetrometriche dinamiche (si veda relazione geologica allegata) e dalle prove SPT riportate nelle stratigrafie della relazione geologica si evince con chiarezza che non sono presenti lungo il tratto sottoposto ad indagine terreni tendenti alla liquefazione per i valori elevati riscontrati in entrambe le prove eseguite. Solamente per un breve tratto dei terreni in frana nel lotto 1 ma per una porzione superficiale e limitata alla zona di colamento crebbero manifestarsi fenomeni vicini alla liquefazione. Questo tratto si trova a monte del tracciato per una porzione esigua superficiale. Dopo l'intervento di realizzazione della strada, dal momento che sono previsti drenaggi, il fenomeno non potrà presentarsi e quindi non si potrà avere liquefazione dei terreni.