COMUNE DI CALDAROLA

– Provincia di Macerata –

VARIANTE N. 2 AL PRG PER LA REALIZZAZIONE DI UN NUOVO PARCHEGGIO DI SCAMBIO PER LA MOBILITÀ DOLCE

Committente:
Amministrazione comunale di Caldarola

Ubicazione:
Via Falerense – Comune di Caldarola (MC)

dott. Mauro Cataldi
Via delle Concie, 19
62020 – Caldarola (MC)
tel 338 2695525
email mauro.cataldi@alice.it
c.f. CTL MRA 82C15 L191E
p.iva 01734500430

ORDINE DEI GEOLOGI DELLE MARCHE
Mauro CATALDI
Geologo Specialista
N. 857
ALBO SEZIONE A

RELAZIONE GEOLOGICA E SULLA MODELLAZIONE SISMICA

Numero copia		Codice elaborato
Codice Progetto	Pagina	Identificativo
2022_08_CALDAROLA _PARCHEGGIO_VIA_FALERENSE	1 di 108	RG. Relazione geologica _VARIANTE_PRG
		RG

Aggior.	data	motivazione	redatto	verificato	approvato
0	Marzo 2022	Prima emissione	Mauro Cataldi		
1					
2					
3					
4					
5					
6					

1.0 PREMESSA E METODOLOGIA DI INDAGINE 4
2.0 QUADRO NORMATIVO DI RIFERIMENTO 6
3.0 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO, COROGRAFICO E TOPOGRAFICO DEL SITO 8
4.0 QUADRO DI RIFERIMENTO PROGRAMMATICO E CONFORMITÀ IN MATERIA URBANISTICA, AMBIENTALE E PAESAGGISTICA 10
4.1 PIANIFICAZIONE DI LIVELLO NAZIONALE 11
4.2 PIANIFICAZIONE DI LIVELLO REGIONALE, PROVINCIALE E COMUNALE 16
4.3 PIANO STRALCIO DI BACINO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO 19
5.0 CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOLOGICA DEL SITO 19
5.1 ASPETTI LITOSTRATIGRAFICI E STRUTTURALI GENERALI DELL'AREA DI STUDIO 20
5.2 STRATIGRAFIA E MODELLO GEOLOGICO DEL TERRENO 21
5.3 TETTONICA E SUBSIDENZA 24
5.4 ASPETTI GEOMORFOLOGICI DELL'AREA DI STUDIO E DEL SITO DEGLI INTERVENTI 26
5.5 ASPETTI IDROLOGICI E IDROGEOLOGICI DELL'AREA DI STUDIO 32
5.6 VALUTAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ E DEL RISCHIO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO DEL TERRITORIO IN ESAME E DEL SITO OGGETTO DEGLI INTERVENTI 33
5.7 VALUTAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ E DEL RISCHIO IDRAULICO DEL TERRITORIO IN ESAME E DEL SITO OGGETTO DEGLI INTERVENTI 44
5.7.1 VERIFICA DI COMPATIBILITÀ IDRAULICA 45
5.7.2 INVARIANZA IDRAULICA DELLE TRASFORMAZIONI TERRITORIALI 47
6.0 CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE SISMICA DEL SITO 48
6.1 SISMICITÀ STORICA 48
6.2 SISMICITÀ RECENTE 50
6.3 CONDIZIONE SISMICA LOCALE 52
6.3.1 ACCELERAZIONE E ZONAZIONE SISMICA 52
6.3.2 ZONAZIONE SISMOGENETICA E VALUTAZIONE DELLA MAGNITUDO 53
6.3.3 STUDI DI MICROZONAZIONE SISMICA ESISTENTI 54
6.3.4 MISURA DI RUMORE SISMICO AMBIENTALE A STAZIONE SINGOLA – METODO HVSR 56
6.3.5 VITA NOMINALE, CLASSI D'USO E PERIODO DI RIFERIMENTO 60
6.3.6 TIPO DI SOTTOSUOLO E CONDIZIONI TOPOGRAFICHE 61
6.3.7 VALUTAZIONE DELL'AZIONE SISMICA E SPETTRI DI RISPOSTA 64
6.4 VALUTAZIONE DEL RISCHIO SISMICO DEL TERRITORIO 64
6.5 VALUTAZIONE DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE 69
7.0 CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOTECNICA DEL SITO 70

7.1 LITOSTRATIGRAFIA E CARATTERIZZAZIONE FISICA E MECCANICA DEI TERRENI E DELLE ROCCE 70
8.0 CONCLUSIONI 72

TAVOLE NEL TESTO

- INQUADRAMENTO GEOGRAFICO (TAV. 01 – SCALA 1: 25.000)
- INQUADRAMENTO TOPOGRAFICO (TAV. 02 – SCALA 1: 10.000)
- INQUADRAMENTO CATASTALE (TAV. 03 – SCALA 1: 1.000)
- CARTA GEOLOGICA E GEOMORFOLOGICA CON INQUADRAMENTO IDROLOGICO/IDRAULICO ED IDROGEOLOGICO (TAV. 04 – SCALA 1: 2.000)
- CARTA LITOTECNICA (TAV. 05 – SCALA 1: 2.000)
- CARTA DELLE PERICOLOSITÀ GEOMORFOLOGICHE ED IDRAULICHE (TAV. 06 – SCALA 1: 2.000)
- CARTA DELLE ZONE A MAGGIORI PERICOLOSITÀ SISMICHE LOCALI (TAV. 07 – SCALA 1: 5.000)
- CARTA DELLE INDAGINI (TAV. 08 – SCALA 1: 2.000)

ALLEGATI NEL TESTO

- RAPPORTO TECNICO INDAGINI GEOGNOSTICHE E GEOFISICHE ESEGUITE E REPERITE:
  - N. 5 SONDAGGI A CAROTAGGIO CONTINUO
  - N. 6 PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE
  - N. 2 ANALISI MICROTREMORI A STAZIONE SINGOLA HVSR
- PARAMETRI SISMICI
- ASSEVERAZIONE SULLA COMPATIBILITÀ IDRAULICA DELLE TRASFORMAZIONI TERRITORIALI

1.0 PREMESSA E METODOLOGIA DI INDAGINE

La presente relazione è stata redatta su incarico dell'Amministrazione comunale di Caldarola, interessata all'effettuazione di uno studio di tipo geologico, geomorfologico e sismico a supporto di una variante al PRG.

Tale variante si rende necessaria in quanto nello stesso capoluogo, in Via Faleriense, è prevista la realizzazione di un nuovo parcheggio di scambio per la mobilità dolce, opera che rientra nel Programma Unitario di Rigenerazione Urbana, inserito nel fondo complementare PNRR sisma 2016/sisma 2009.

Si avverte che i contenuti di questa indagine sono finalizzati esclusivamente alla redazione di un modello geologico e sismico, imprescindibile dalla successiva caratterizzazione e modellazione geotecnica, di cui, nella presente, se ne fa comunque accenno. Eventuali verifiche in condizioni statiche agli Stati Limite Ultimi (SLU - "Capacità di evitare crolli, perdite di equilibrio e dissesti gravi, totali o parziali, che possono compromettere l'incolumità delle persone, ovvero comportare la perdita di beni, ovvero provocare gravi danni ambientali e sociali, ovvero mettere fuori servizio l'opera" e agli Stati Limite di Esercizio (SLE - "Capacità di garantire le prestazioni previste per le condizioni di esercizio") ed eventuali verifiche in condizioni sismiche agli Stati Limite della Vita (SLV) e agli Stati Limite di Danno (SLD) presenti in tale relazione, hanno valore prettamente indicativo. Tali verifiche dovranno essere approfondite in apposita relazione geotecnica.

Lo studio, in conformità con le linee guida indicate dal Consiglio Nazionale dei Geologi per la redazione della Relazione Geologica (*Progetto Qualità 2010 e Raccomandazioni per la redazione della "Relazione geologica" ai sensi delle Norme Tecniche sulle Costruzioni*) ed in congruità con la Circolare dell'Ordine dei Geologi delle Marche n. 177/15RE (*Linee guida per la valutazione degli elaborati geologici, geotecnici e sismici di competenza della figura del geologo*), è stato articolato nel modo di seguito indicato:

Indagini preliminari

- Ricerca ed analisi dei dati esistenti: cartografie tecnico-scientifiche pubblicate, dati catastali, vincolistica, sismicità storica, sondaggi geognostici e/o scavi ispezionabili, prove in situ o in laboratorio geotecnico, dati bibliografici, indagini geologiche, geofisiche e/o geotecniche precedenti.
- Esecuzione di una analisi aero-fotogrammetrica dell'area indagata.
- Pianificazione del programma di indagine e progettazione dello stesso sulla base dell'inquadramento geologico della zona e in funzione dei dati che è necessario acquisire per pervenire ad una ricostruzione geologica di dettaglio che possa risultare adeguata ed utile per la caratterizzazione e la modellazione geologica del sottosuolo.

Indagini di terreno

- Esecuzione di sopralluoghi volti a individuare gli aspetti geologici (riconoscimento delle formazioni, acquisizione delle giaciture e delle strutture tettoniche), geomorfologici ed idrogeologici dell'area oggetto di indagine, per un intorno significativo, con particolare riferimento sia a processi morfologici e dissesti attivi o quiescenti e loro tendenza evolutiva e sia a processi erosivi connessi al ruscellamento superficiale e all'evoluzione del reticolo idrografico. Analisi delle interferenze con i manufatti circostanti.
- Acquisizione di n. 2 misure di rumore sismico ambientale a stazione singola (metodo di Nakamura o metodo HVSR da *Horizontal to Vertical Spectral Ratios* o semplicemente H/V).

Elaborazione dei dati raccolti

- Caratterizzazione e modellazione geologica.
- Descrizione dei risultati ottenuti e delle difficoltà incontrate. Esposizione ed interpretazione dei dati risultanti dalle indagini e dalle prove eseguite - caratteristiche intrinseche delle singole unità litologiche (terreni o rocce) con particolare riguardo ad eventuali disomogeneità, discontinuità, stati di alterazione e fattori che possano indurre anisotropia delle proprietà fisiche dei materiali.
- Analisi e ricostruzione degli aspetti idrogeologici dell'area fornendo lo schema della circolazione idrica superficiale e sotterranea. Valutazione delle permeabilità/trasmissività. Definizione geometrica e dinamica degli acquiferi e delle relazioni fra acque superficiali e sotterranee.
- Considerazioni specifiche sulla stabilità dei versanti (opportunamente estese ad un intorno significativo) tenendo conto di quanto previsto dal P.A.I. o altro strumento di programmazione idrogeologica (es. P.T.C.) e dell'analisi delle forme e dei processi geomorfologici, processi erosivi e dinamiche evolutive del reticolo idrografico. Definizione del modello concettuale di franosità ed individuazione delle possibili tipologie di evento potenzialmente atteso (caratteristiche geometriche ed evolutive del versante) anche sulla base di deduzioni relativa alla franosità pregressa.
- Modellazione sismica. Analisi e descrizione della sismicità storica. Definizione del terremoto di progetto, magnitudo. Definizione delle forme spettrali. Eventuale analisi della risposta sismica locale, calcolo della $V_{S,eq}$ per la definizione della categoria del suolo di fondazione. Spettro di risposta elastico. Potenziale di liquefazione.
- Caratterizzazione e modellazione geotecnica.
- Stesura degli elaborati grafici (cartografie e sezioni litostratigrafiche) e descrittivi.

- Stesura finale della presente relazione con sintesi di quanto realizzato, giudizio sulla fattibilità geologica degli interventi proposti ed eventuale esplicazione degli stessi per renderli compatibili con l'assetto idrogeologico dell'area ed in particolare con le pericolosità ambientali definite in funzione delle indagini eseguite.

2.0 QUADRO NORMATIVO DI RIFERIMENTO

L'indagine è stata predisposta nel rispetto delle norme e disposizioni recate dai seguenti provvedimenti:

- D.P.R. n. 328 del 05.06.2001, *Modifiche ed integrazioni della disciplina dei requisiti per l'ammissione all'esame di Stato e delle relative prove per l'esercizio di talune professioni, nonché della disciplina dei relativi ordinamenti*.
- D.M. 17.01.2018, *Aggiornamento delle "Norme Tecniche per le Costruzioni"*.
- Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, Circolare n. 7 del 21.01.2019, *Istruzioni per l'applicazione dell'"Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni" di cui al D.M. 17.01.2018*.
- Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, *Pericolosità sismica e Criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale*. Allegato al voto n. 36 del 27.07.2007.
- O.P.C.M. n. 3274 del 20.03.2003, *Norme tecniche per il progetto, la valutazione e l'adeguamento sismico degli edifici*.
- O.P.C.M. n. 3519 del 28.04.2006, *Criteri generali per l'individuazione delle Zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone.*
- O.P.C.M. n. 3316 del 02.10.2003, *Modifiche ed integrazioni dell'Ordinanza P.C.M. n. 3274 del 20.03.2003*.
- O.P.C.M. n. 3907 del 13.11.2010, *Contributi per gli interventi di prevenzione del rischio sismico.*
- Eurocodice 8 (1998), *Indicazioni progettuali per la resistenza fisica delle strutture - Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici.* Stesura finale 2003.
- 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.* UNI.
- Eurocodice 7.3 (2002), *Progettazione geotecnica - Parte II: Progettazione assistita con prove in sito.* UNI.

- D.M. LL.PP. 11.03.1988, *Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e il sostegno delle terre e delle opere di fondazione*. G.U. Repubblica Italiana n. 127.
- D.M. LL.PP. 16.01.1996, *Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche*. G.U. Repubblica Italiana n. 29 del 05.02.1996.
- D.L. 03.03.2006 n. 152, *Norme in materia ambientale.* (G.U. Repubblica Italiana n. 88 del 14.04.2006 - S.O. n. 96).
- D.A.C.R. del 03.11.1989 n. 197, *Piano Paesistico Ambientale Regionale (P.P.A.R.)*.
- Deliberazione di Consiglio Provinciale del 11.12.2001 n. 75, *Piano Territoriale di Coordinamento provinciale (P.T.C.)*.
- Circolare n. 14 del 28.08.1990, *Indirizzi e criteri per l'effettuazione di indagini geologiche in sede di adeguamento degli strumenti urbanistici al PPAR (Art. 9 – sottosistema geologico-geomorfologico) e alla legge regionale n. 33/84*.

Nell'elaborazione della presente indagine sono state consultate le seguenti pubblicazioni e cartografie:

- Antonini G., *et alii* (1993) – *Carta inventario dei movimenti franosi della Regione Marche ed aree limitrofe (scala 1: 100.000)*. CNR – IRPI Perugia, CNR – GNDCI. Pubbl. CNDCI n. 580.
- Barchi M., *et alii* (1988) – *Sezioni geologiche bilanciate attraverso il sistema a pieghe umbro-marchigiano*. Boll. Soc. Geol. It., 107: 109-130.
- Boni C., *et alii* (1986) – *Schema idrogeologico dell'Italia Centrale*. Mem. Soc. Geol. It., 35: 991-1012.
- Boni C., *et alii* (2009) – *Studio idrogeologico nel settore nord-occidentale dei monti sibillini: un contributo alla cartografia idrogeologica ufficiale*. Italian Journal of Engineering and Environment, 1: 25-40.
- Calamita F., et alii – Analisi dell'evoluzione tettonico – sedimentaria … Il Bacino di Camerino. Studi Geologici Camerti, V.
- Centamore E. (1986) - *Carta Geologica delle Marche (scala 1: 250.000)*. Litografia Artistica Cartografica - Firenze.
- Centamore E., Deiana G. (1986) - *La geologia delle Marche*. Numero speciale, Studi Geologici Camerti.
- Centamore E. *et alii* (1991) - *Carta geologica, geomorfologica ed idrogeologica delle Marche (scala 1: 100.000)*. A cura della Regione Marche, Assessorato Urbanistica - Ambiente. S.E.L.C.A. - Firenze.
- Gruppo Nazionale per la Difesa dai Terremoti (1990) – *Zonazione e riclassificazione sismica. Atti del Convegno*. Pisa, 25-27 giugno 1990. Consiglio Nazionale delle Ricerche.

- *Linee guida per la stabilizzazione delle frane e strategie di mitigazione del rischio.* Programma comune per l'integrazione e l'aggiornamento della cartografia del rischio frana del Piano di Bacino.
- Regione Marche - Giunta Regionale (1991) - *L'ambiente fisico delle Marche: geologia, geomorfologia, idrogeologia*.
- Autorità di Bacino Regionale (2001) - *Piano stralcio di bacino per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.)*.
- Regione Marche - Ufficio Urbanistica e Cartografia (1999-2001) - *Carta geologica regionale (scala 1: 10.000)*.
- Arch. Recchi O. e Ing. Scoppa E. (2013), *Piano Regolatore Generale del Comune di Caldarola*. D.C.C. n. 27 del 30.11.2013, adeguamento alle prescrizioni della Provincia di Macerata ai sensi dell'art. 26 comma 6 lett. a) L.R. 34/1992, D.C.C. n. 4 del 18.02.2013 e D.G.P. n. 357 del 19.11.2012.
- Geol. Cataldi M. (2017), *Microzonazione Sismica di Livello I*. Attuazione dell'articolo 11 della legge 24 giugno 2009, n. 77 OCDPC n. 293/2015. Programma regionale degli Studi ed Indagini di Microzonazione Sismica, annualità 2014.
- Geol. Cataldi M. (2018), *Microzonazione Sismica di Livello III*. Ordinanza del Commissario Straordinario n. 24 registrata il 15 maggio 2017 al n. 1065.
- Geol. Pucciarelli R. (2020), *Aggiornamento dello Studio di Microzonazione Sismica di Livello III.* Studio di approfondimento delle instabilità di versante (Capoluogo - Castello Pallotta – Località Colle – Valle Valcimarra) ai sensi dell'Ordinanza del Commissario Straordinario n. 79 registrata il 12 agosto 2019 al n. 1719.

3.0 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO, COROGRAFICO E TOPOGRAFICO DEL SITO

L'area oggetto di variante è ubicata nel Comune di Caldarola (Regione Marche, Provincia di Macerata), più specificatamente a monte della S.P. 502 (di Cingoli), altresì denominata Via Falerense, all'ingresso Sud del centro storico dello stesso capoluogo.

Essa si sviluppa intorno alla quota di 325 m s.l.m. (altitudine di riferimento a_s), lungo un versante situato alla sinistra idrografica del Rio o Fosso delle Conce ed esposto ad E in maniera piuttosto articolata in tratti a pendenza variabile (pendenza media ~ 30,4% - pendenza massima ~ 66,3%).

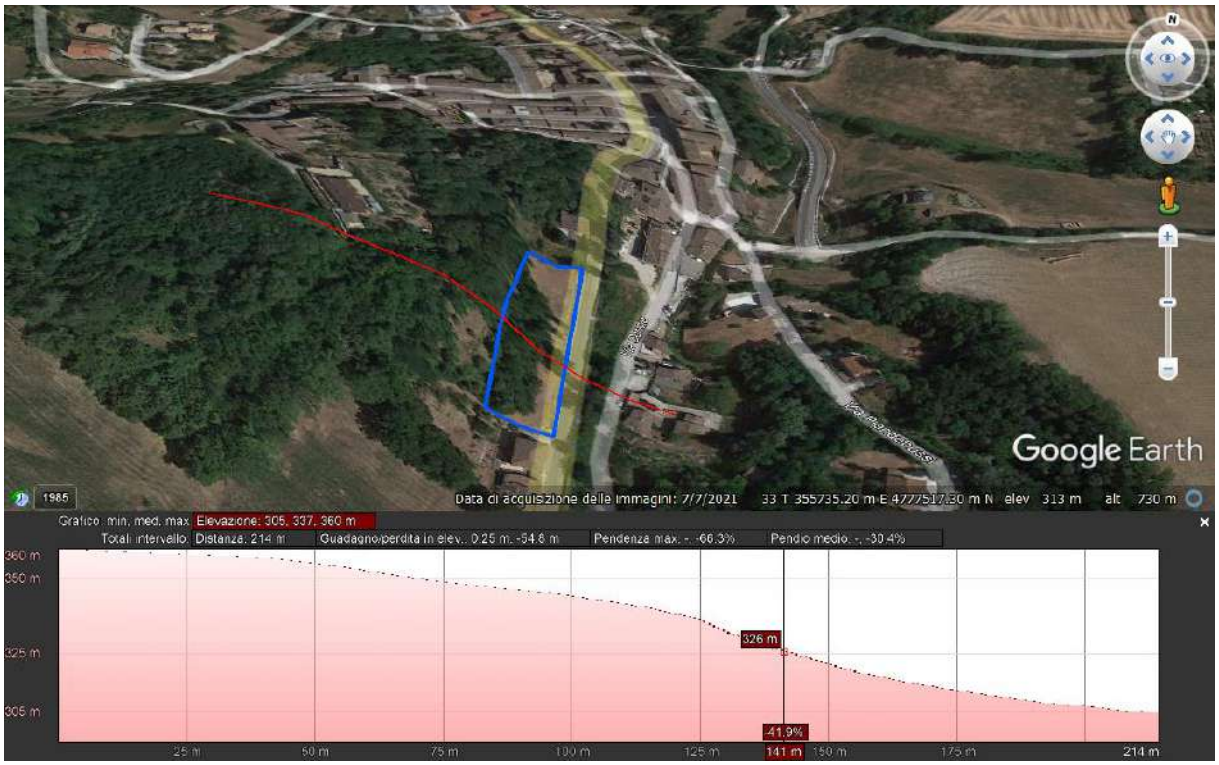


Figura 1 - Inquadramento aero-satellitare con indicata, in blu, l'area oggetto di studio. In rosso

Le coordinate geografiche, espresse in gradi decimali (DD) baricentriche del sito oggetto di studio, sono le seguenti:

	Lat. (°)	Lon. (°)
WGS84	43,136277	13,225895
ED50	43,137233	13,226823

Il vento, la cui direzione si considera generalmente orizzontale, esercita sulle costruzioni azioni che variano nel tempo e nello spazio provocando, in generale, effetti dinamici. Si forniscono al progettista i valori dei parametri per la determinazione della velocità base di riferimento v_b, considerando che il sito oggetto di studio ricade nella Zona 3 (Tabella 3.3.I delle N.T.C. 2018):

$v_{b,0}$ (m/s)	27
a_0 (m)	500
k_s	0,37

Per la definizione del coefficiente di esposizione c_e, strettamente legato alla categoria di esposizione del sito dove sorge la costruzione, viene offerto un valore della distanza media dalla costa corrispondente a circa 45 km (Figura 3.3.2, N.T.C. 2018). Il coefficiente di topografia c_t viene posto pari a 1. Pertanto, assumendo una Classe di rugosità del terreno (Tabella 3.3.III, N.T.C. 2018) pari a B (aree urbane,

suburbane, industriali e boschive), i parametri per la definizione del coefficiente di esposizione (Tabella 3.3.II, N.T.C. 2018) vengono consigliati come segue:

Categoria di esposizione del sito	IV
kr	0,22
z_0 (m)	0,30
z_{min} (m)	8

Per quanto riguarda l'azione della neve, ricadendo l'area in Zona II (a_s > 200 m), considerando una quota media di 325 m s.l.m., viene posto il carico q_{sk} pari a 1,23 kN/m² (Figura 3.4.1, N.T.C. 2018). Il coefficiente di esposizione C_E, utilizzato per modificare il valore del carico neve in copertura in funzione delle caratteristiche specifiche dell'area in cui sorge l'opera si assumerà uguale a C_E = 1,0.

Nella cartografia ufficiale, i siti oggetto di studio sono presenti nella *Carta Topografica d'Italia - Foglio 124 "Macerata" - Quadrante II, Tavoletta NO "San Ginesio"* (Tavola 01, scala 1: 25.000).

In particolare, con maggiore precisione, l'area ricade nella *Carta Tecnica delle Marche - Foglio 313 "Camerino" - Sezione 131070 "Caldarola"* (Tavola 02, scala 1: 10.000).

Catastalmente, l'area ricade nel *Foglio 15 del Comune di Caldarola, P.lle 159, 471 e 473* (Tavola 03, scala 1: 1.000).

4.0 QUADRO DI RIFERIMENTO PROGRAMMATICO E CONFORMITÀ IN MATERIA URBANISTICA, AMBIENTALE E PAESAGGISTICA

Il quadro di riferimento programmatico è stato sviluppato allo scopo di fornire gli elementi conoscitivi sulle relazioni tra l'opera progettata e gli strumenti di pianificazione e programmazione settoriale e territoriale.

In seguito, sarà evidenziata la coerenza tra il progetto e gli indirizzi di pianificazione a diversa scala.

Per lo svolgimento del lavoro, sono stati esaminati gli strumenti di pianificazione/programmazione vigenti per il territorio in esame e per i settori che hanno relazione diretta o indiretta con il progetto.

Tali strumenti sono pubblicamente disponibili ai seguenti link:

http://www.sit.provincia.mc.it:8081/pmapper/map.phtml

http://www.sitap.beniculturali.it/

La normativa e gli strumenti di programmazione che possono avere una relazione diretta o indiretta con il progetto in esame sono:

Livello nazionale

- R.D. del 30/12/1923 n. 3267, *Vincolo Idrogeologico*.
- D.P.R. dell'08/09/1997 n. 357, *Regolamento recante attuazione della direttiva 92/43 CEE relativa alla conservazione degli habitat naturali e semi naturali, nonché della flora e della fauna selvatica*.
- D.L. del 22/01/2004 n. 42, *Codice dei beni culturali e del paesaggio, ai sensi dell'articolo 10 della legge 6 luglio 2002, n. 137*.
- D.L. dell'11/05/1999 n. 152, *Disposizioni sulla tutela delle acque dall'inquinamento e recepimento della direttiva 91/271/CEE concernente il trattamento delle acque reflue urbane*.
- L. del 05/01/1994 n. 36, *Disposizioni in materia di risorse idriche*.

Livello regionale e provinciale

- Deliberazione di Consiglio Regionale del 21.01.2004 n. 116, *Piano stralcio di bacino per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.)*. Supplemento n. 5 BUR Marche n. 15 del 13.02.2004.
- D.A.C.R. del 03.11.1989 n. 197, *Piano Paesistico Ambientale Regionale (P.P.A.R.)*.
- Deliberazione di Consiglio Regionale del 23.12.1985 n. 8, *Individuazione delle aree di notevole interesse pubblico sotto il profilo ambientale e paesistico*. BUR Marche n. 44 del 02.05.1986.
- Deliberazione di Consiglio Provinciale del 11.12.2001 n. 75, *Piano Territoriale di Coordinamento provinciale (P.T.C.)*.

Livello comunale

- D.C.C. n. 27 del 30.11.2013, adeguamento alle prescrizioni della Provincia di Macerata ai sensi dell'art. 26 comma 6 lett. a) L.R. 34/1992, D.C.C. n. 4 del 18.02.2013 e D.G.P. n. 357 del 19.11.2012, *Piano Regolatore Generale del Comune di Caldarola*.

4.1 PIANIFICAZIONE DI LIVELLO NAZIONALE

Il Vincolo Idrogeologico grava su terreni "di qualsiasi natura e destinazione" al fine di preservare l'ambiente fisico e impedire forme di utilizzazione (anche contrastanti con le norme di cui agli artt. 7, 8 e 9), che possano determinare ai terreni denudazione, innesco di fenomeni erosivi, perdita di stabilità, nonché turbamento del regime delle acque ecc., con possibilità di danno pubblico (art. 1). Pertanto, tutti gli interventi e le opere che comportano una modifica dello stato di luoghi ricadenti in aree sottoposte a vincolo per scopi idrogeologici, necessitano del rilascio di preventivi nulla osta o autorizzazioni da parte della Regione ai sensi degli artt. 7 e 8.

In linea generale, i principali procedimenti nell'ambito dei quali è necessario richiedere il Nulla osta/ parere sono i seguenti:

- proposta e approvazione delle variazioni in ordine all'imposizione del Vincolo Idrogeologico nelle zone non boscate;
- istruttorie finalizzate al rilascio del Nulla Osta per la trasformazione dei boschi in altra qualità di coltura, dei terreni saldi in terreni soggetti a periodica lavorazione, nonché per l'esecuzione di movimenti terra di qualsiasi tipo legati a molteplici interventi/attività (bonifiche agrarie, attività estrattive, interventi di mitigazione idrogeologica, movimenti terra nell'ambito di interventi urbanistico-edilizi, condoni edilizi salvo il III Condono di cui alla L. 326/2003 - L.R. 23/2004, in ottemperanza a quanto previsto, oltre che dal R.D.L. n. 3267/23, dal D.M. 14.01.2008 e dal Regolamento Edilizio Tipo della Regione Marche), sia su istanze di parte che su procedimenti attivati tramite SUAP, SUE, Conferenze dei Servizi (anche legate a procedimenti di attività estrattiva, interventi di mitigazione del rischio idrogeologico, ecc.);
- in relazione al combinato disposto tra l'art. 7 del R.D.L. 3267/1923 e l'art. 11 della L.R. 6/2005, che ha esteso il Vincolo Idrogeologico a tutti i boschi marchigiani, istruttorie per il rilascio del Nulla osta per l'esecuzione di qualsiasi intervento di movimento terra anche se l'area in cui esso viene eseguito, precedentemente alla emanazione della legge, era esclusa dalla perimetrazione di cui al R.D. 3267/23 ed ora vi ricade per la presenza di un'area boscata.
- rilascio di pareri in qualità di SCA nell'ambito di procedimenti di VIA, VAS, AUA, Varianti Urbanistiche di PRG ecc.
- imposizione buone pratiche agricole ai sensi dell'art. 72 delle Prescrizioni di Massima e Polizia Forestale su terreni agricoli privi o con carenti sistemazioni idraulico agrarie;
- imposizione lavori riparatori (art. 24 e segg. R.D.L. 3267/1923) nell'ambito di interventi eseguiti in violazione del Vincolo Idrogeologico (interventi non autorizzati o eseguiti in modo difforme rispetto all'autorizzazione rilasciata).

La Legge Forestale disciplina le azioni e gli interventi diretti allo sviluppo del settore forestale, nonché alla salvaguardia dei boschi, delle siepi, degli alberi e dell'assetto idrogeologico del territorio" (art. 1).

Per la prima volta ed in modo chiaro riporta la definizione di "bosco" (art. 2 comma 1 punto e), nonché altre definizioni (albero di alto fusto, formazioni non boscate ecc. (art. 2 comma 1).

A seguito dell'approvazione da parte della Regione del "Regolamento del Verde Urbano" (DGR n. 603/2015) e dell'abrogazione definitiva della L.R. n. 7/85 "Disposizioni per la salvaguardia della flora marchigiana", la L.R. 6/2005 è diventata l'unica norma vigente a livello regionale in materia di tutela delle essenze arboree e delle formazioni vegetali.

Le competenze della Regione nell'ambito della stessa sono le seguenti:

- Autorizzazione di tagli boschivi nelle aree esterne alle Unioni Montane (art. 10).
- Estensione del Vincolo Idrogeologico a tutti i boschi delle Marche (art. 11).

- Autorizzazione all'esecuzione di interventi di riduzione di superfici boscate con compensazione ambientale (art. 12).
- Dichiarazione di fallimento di rimboschimenti eseguiti con fondi pubblici (art. 13).
- Competenze in materia di "Interventi forestali di pubblica incolumità" al di fuori delle Unioni Montane (art. 15 quater) e di "accordi bonari per la realizzazione degli interventi forestali" al di fuori delle Unioni Montane (art. 15 *quinques*).

Esiste una forte connessione tra il Vincolo Idrogeologico (R.D.L. 3267/1923) e la Legge Forestale Regionale (L.R. 6/2005).

Il Vincolo Idrogeologico, attraverso il regolamento attuativo "Prescrizioni di Massima e Polizia Forestale", norma tra le altre cose anche le modalità di gestione dei tagli boschivi (D.G.R. 2585 del 06/11/2001 "D.P.R. 24 luglio 1977 n. 616 – R.D.L. 30/1271923 n. 3267. Emanazione delle Prescrizioni di Massima e Polizia Forestale Regionale e delle Norme per la gestione dei boschi marchigiani").

Da parte sua, la L.R. 6/2005, ribadisce la competenza regionale in materia di tagli boschivi fuori dai territori delle Unioni Montane (art. 10 comma 2) ed estende il Vincolo Idrogeologico a tutti i boschi marchigiani (art. 11).

Nel caso specifico, l'area oggetto di variante al PRG NON RICADE all'interno del vincolo idrogeologico (Figura 2).

Figura 2 - Vincolo idrogeologico. In rosso, l'area oggetto di indagine.

Il D.P.R. 08/09/1997 n. 357 prevede, ai fini della salvaguardia delle biodiversità mediante la conservazione di definiti habitat naturali e di specie della flora e della fauna, l'istituzione di "Siti di Importanza Comunitaria - SIC" e di "Zone Speciali di Conservazione". In tali aree sono previste norme di tutela per le specie faunistiche e vegetazionali (art.li 8, 9 e 10).

Successivamente a tale decreto, è stato emesso il D.M. 03 Aprile 2000 del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, con il quale è stato reso pubblico l'elenco dei siti di importanza comunitaria proposti, ai sensi della direttiva 92/43/CEE, unitamente all'elenco delle zone di protezione speciale designate ai sensi della direttiva 79/409/CEE del Consiglio del 02 Aprile 1979, concernente la conservazione degli uccelli selvatici.

La Regione Marche ha, a sua volta, emanato la delibera della G.R. n. 1791 dell'01/08/2000 con la quale, in recepimento delle direttive 79/409/CEE e 92/43/CEE, sono state individuate le "Zone a Protezione Speciale – ZPS" e definiti gli adempimenti procedurali in ordine della valutazione di incidenza di cui all'art. 5 del D.P.R. 357/97. Tali aree si aggiungono ai SIC già definiti per adempiere agli obblighi comunitari.

Nel caso specifico, l'area oggetto di variante al PRG NON RICADE all'interno del vincolo SIC e ZPS (Figura 3).

Figura 3 – SIC e ZPS. In rosso, l'area oggetto di indagine.

Il Decreto Legislativo del 22 gennaio 2004, n. 42 "Codice dei bene culturali e del paesaggio, ai sensi dell'art. 10 della legge 6 Luglio 2002, n. 137", già L. 1497/39, abrogando il precedente D.L. 490/99, detta una nuova classificazione degli oggetti e dei beni da sottoporre a tutela e introduce diversi elementi innovativi per quanto concerne la gestione della tutela stessa.

In particolare, il nuovo decreto identifica, all'art. 1, come oggetto di tutela e valorizzazione il "patrimonio culturale" costituito dai "beni culturali e paesaggistici" (art. 2).

Il Codice è suddiviso in 5 parti delle quali la Parte II è relativa ai beni culturali (es. siti di interesse artistico, archeologico, con storia politica, militare o letteraria, ville, parchi, giardini, siti minerari) e la Parte III ai beni paesaggistici (es. singolarità geologica, bellezza naturale, parchi, bellezza panoramiche, fiumi, corsi d'acqua, boschi e foreste, zone umide, vulcani).

Nel caso specifico, l'area oggetto di variante al PRG RICADE all'interno del vincolo (*Aree di rispetto di 150 metri dalle sponde dei fiumi, torrenti e corsi d'acqua iscritti negli elenchi delle Acque Pubbliche, e di 300 metri dalla linea di battigia costiera del mare e dei laghi, vincolate ai sensi dell'art.142 c. 1 lett. a), b), c) del Codice* - Figura 4). Il corso d'acqua del Rio o Fosso delle Conce (o Fosso di Vestignano o dell'acqua nera) è infatti iscritto nell'elenco delle Acque Pubbliche della Provincia di Macerata (R.D. n. 7132 del 07.11.1902).

Figure 4 - Vincolo D.L. 42/2004. In rosso, l'area oggetto di indagine.

Figura 5 – Vincolo Del. 23.12.1985 n. 8 "galassini". In rosso, l'area oggetto di indagine.

4.2 PIANIFICAZIONE DI LIVELLO REGIONALE, PROVINCIALE E COMUNALE

La pianificazione a valenza ambientale nella Regione Marche viene attuata attraverso il Piano Paesistico Ambientale Regionale, approvato con delibera n. 197 del 03/11/1989. Tale Piano ha seguito quanto disposto dalla ex L. 431/85, ora D.L. 42/04.

A livello provinciale si seguono le direttive dettate dal Piano Territoriale di Coordinamento provinciale (P.T.C.), approvato con deliberazione di Consiglio Provinciale del 11.12.2001 n. 75.

Dall'analisi degli strumenti sotto riportati (Figura 6, 7 e 8) risulta che in sintesi l'area oggetto di variante al PRG è interessata in parte dalla seguente vincolistica:

- TUTELA INTEGRALE DEI CENTRI E NUCLEI STORICI (art. 39 NTA del PPAR);
- TUTELA DELLE STRADE PANORAMICHE E DEI PERCORSI STORICI – ALTA PERCETTIVITÀ VISIVA (art. 36 NTA del PPAR).

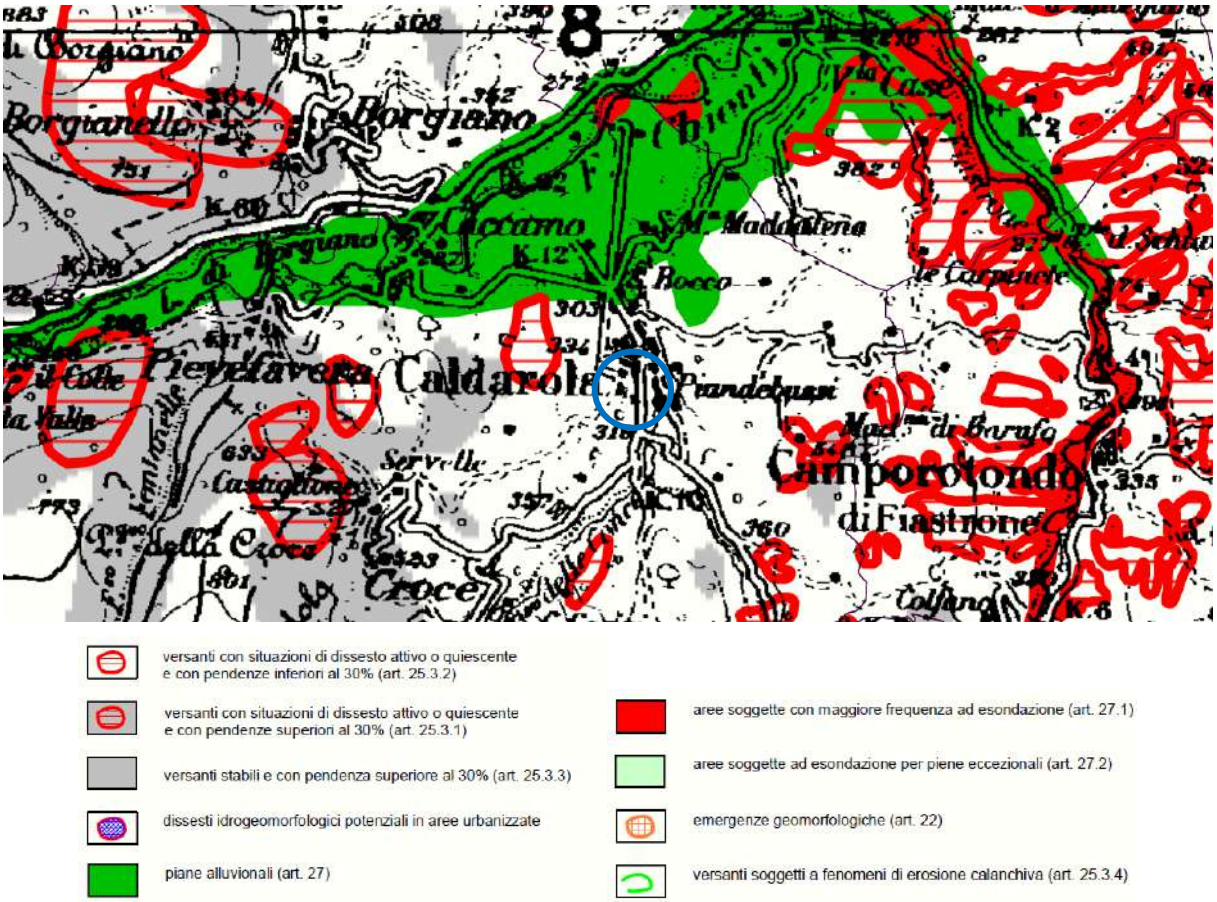
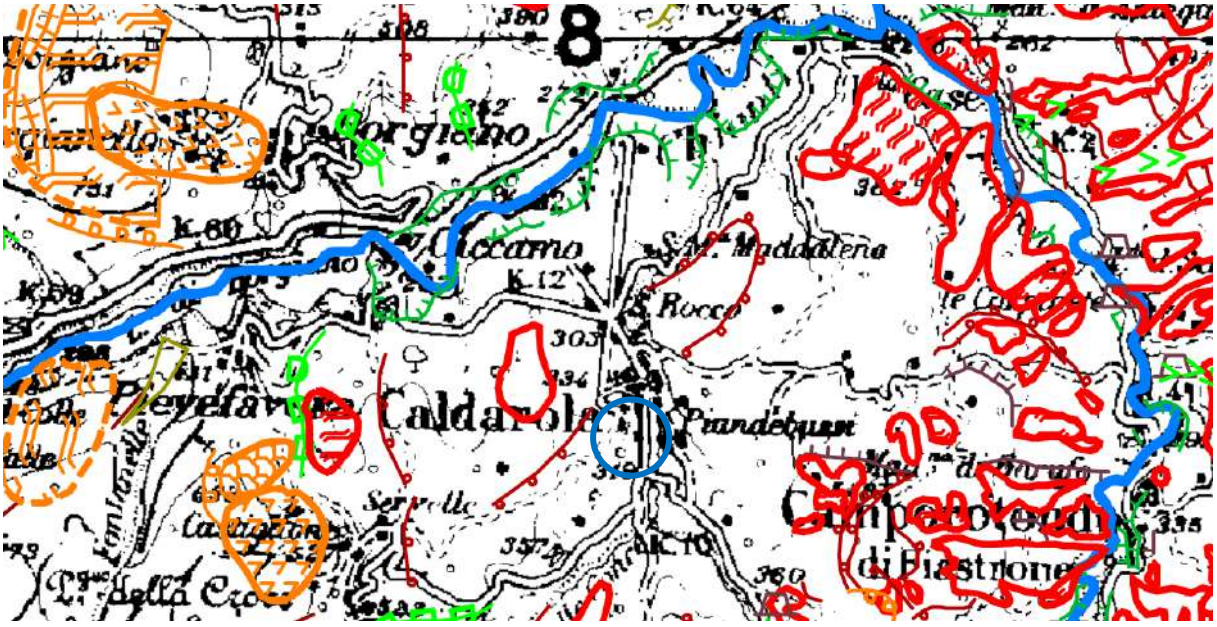


Figura 6 – Stralcio tavola EN_03b del P.T.C. "Categoria della struttura geomorfologica". In blu, l'area oggetto di indagine.



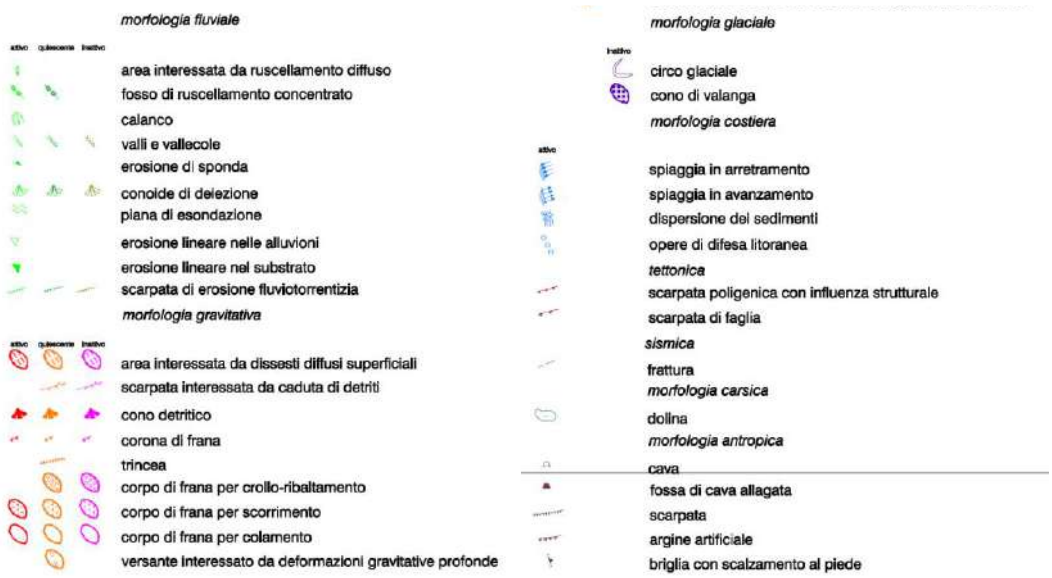


Figura 7 – Stralcio tavola EN_04 del P.T.C. "Aree dei dissesti e dei fenomeni gravitativi". In blu, l'area oggetto di indagine.

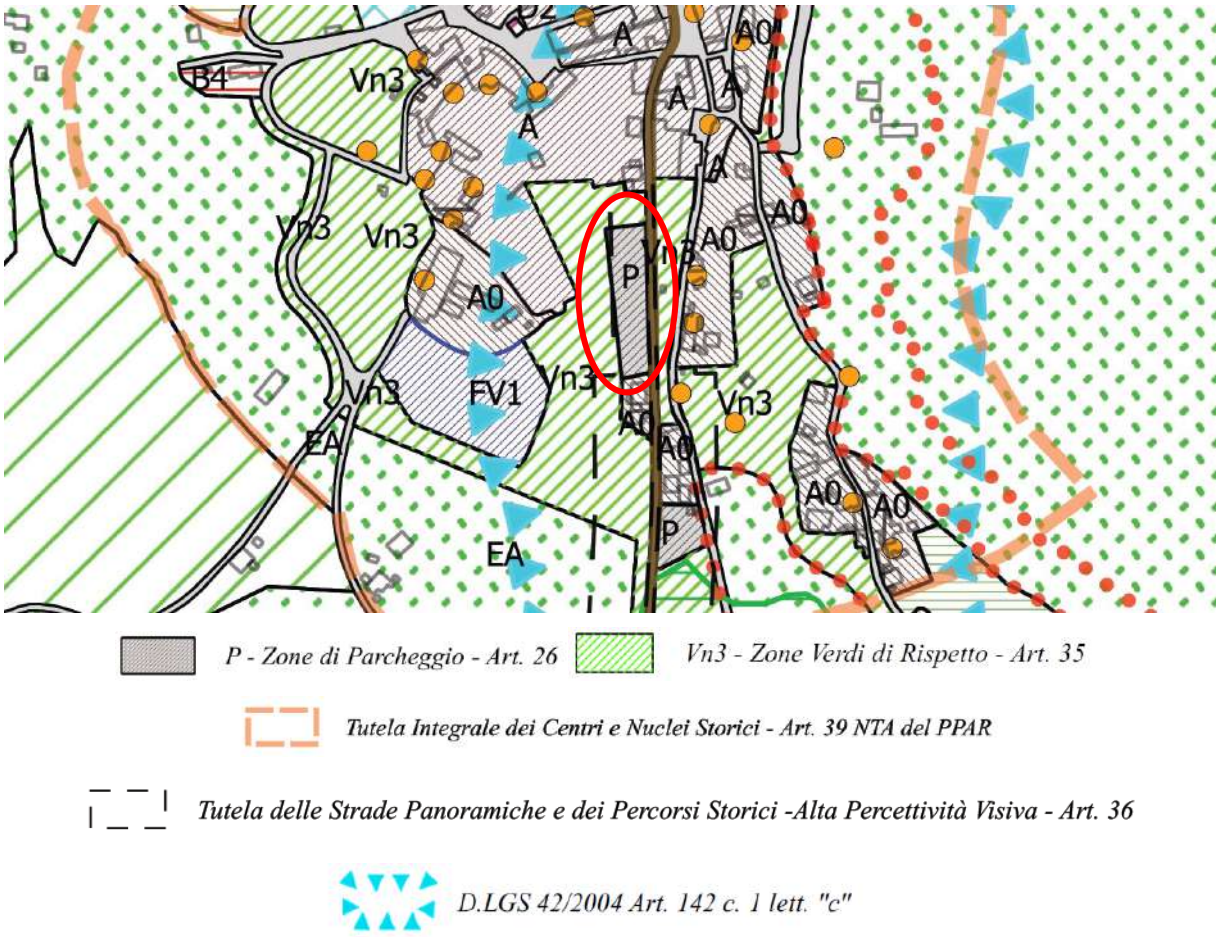


Figura 8 – Stralcio tavola C1 – Azzonamento Territorio Comunale, Inquadramento generale variante 2. In rosso, l'area oggetto di indagine.

4.3 PIANO STRALCIO DI BACINO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO

L'area oggetto di intervento ricadeva nella giurisdizione dell'Autorità di Bacino della Regione Marche, attraverso lo strumento denominato Piano stralcio di bacino per l'Assetto Idrogeologico - P.A.I. (Deliberazione di Consiglio Regionale del 21.01.2004 n. 116, Supplemento n. 5 BUR Marche n. 15 del 13.02.2004). Nel 2016, in prima adozione con D.C.I. n. 68 del 08/08/2016 e D.G.R. n. 982 del 08/08/2016, è stato approvato l'aggiornamento.

Dall'analisi della cartografia allegata (Figura 9), tratta dalla tavola "RI_57 c" del PAI, si nota che l'area oggetto di variante al PRG NON RICADE in tale vincolistica.

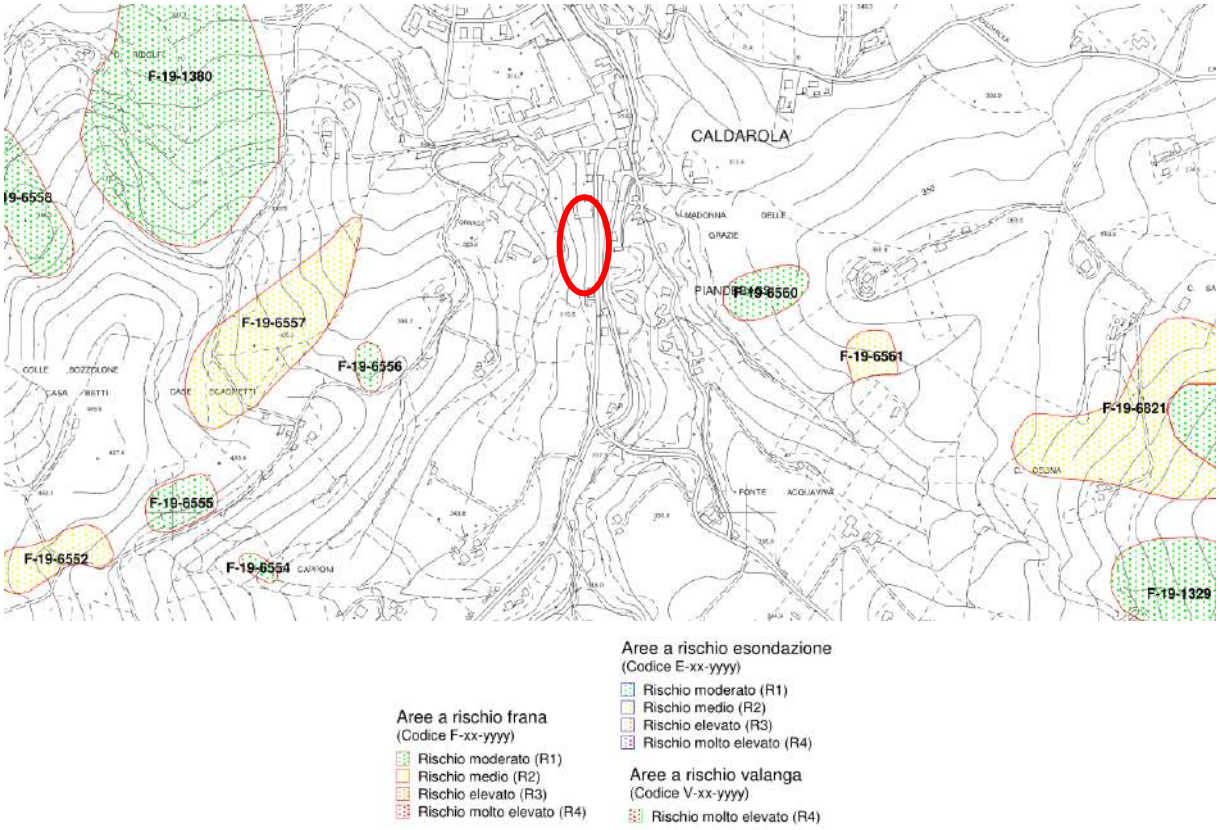


Figura 9 - Vincolo P.A.I.. In rosso, l'area oggetto di indagine.

5.0 CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOLOGICA DEL SITO

La caratterizzazione e la modellazione geologica del sito consistono nella ricostruzione dei caratteri litologici, stratigrafici, strutturali, idrogeologici, geomorfologici e, più in generale, di pericolosità geologica e geomorfologica del territorio.

5.1 ASPETTI LITOSTRATIGRAFICI E STRUTTURALI GENERALI DELL'AREA DI STUDIO

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, deposti 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.

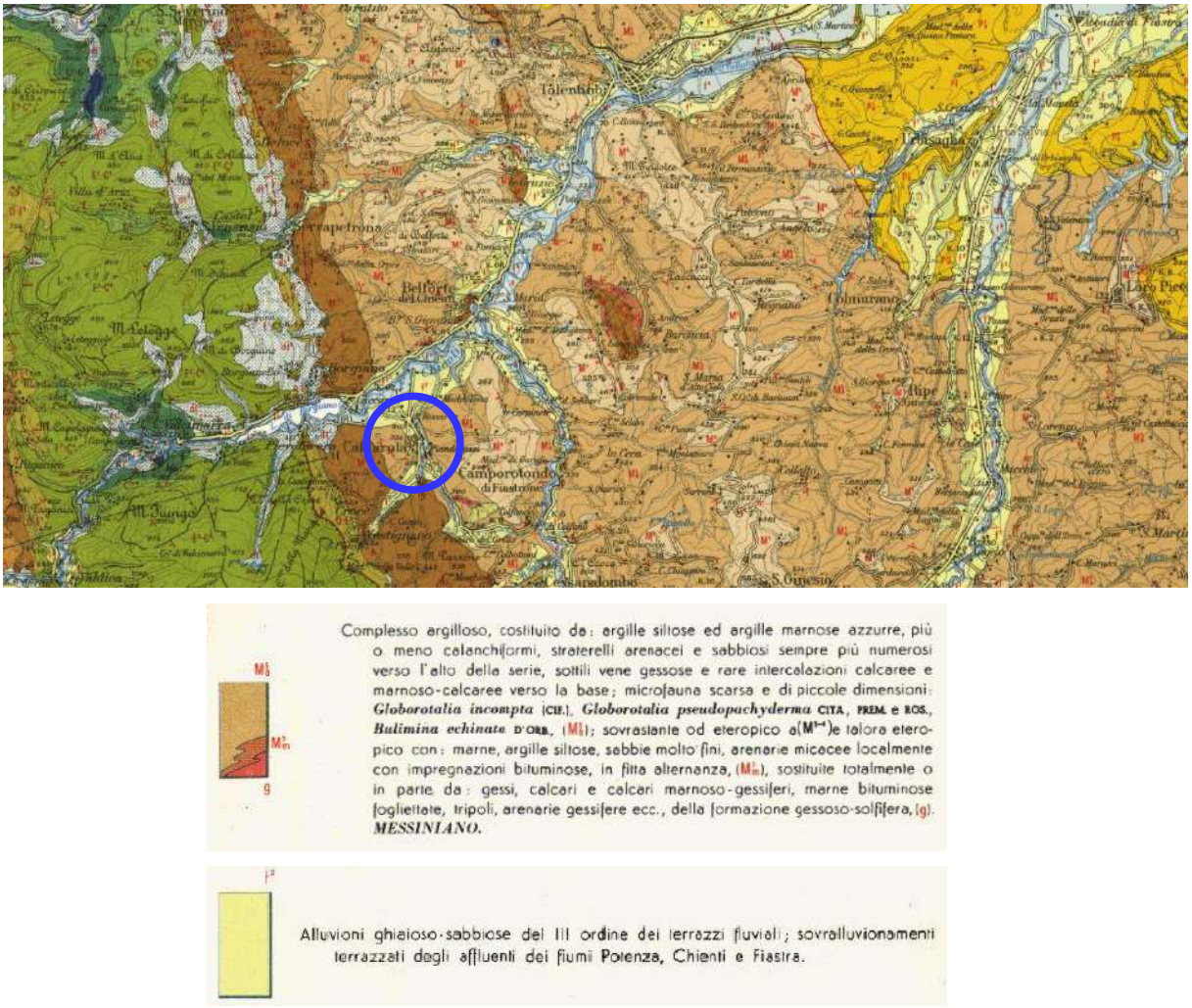


Figura 10 - Inquadramento geologico. Stralcio della Carta Geologica d'Italia (scala 1: 100.000) - Foglio 124 "Macerata". Nel cerchio, in blu, l'area oggetto di indagine.

Nel caso in esame (Figura 10), è ben visibile come i litotipi presenti, deposti in periodi a partire dal Messiniano (7,246 Ma) in ambiente sottomarino e torbiditico, siano riconducibili ad unità appartenenti al complesso argilloso, formato da argille e argille sabbiose grigio-azzurre e giallognole, con intercalazioni sabbiose e arenacee verso l'alto e calcareo-marnose verso la base. La sedimentazione del complesso argilloso è uniforme durante quasi tutto il Messiniano ed eteropica sia con la formazione delle molasse inferiori dei bacini interni e sia con la formazione gessosa, costituita da marne, argille siltose con cristalli di gesso, marne sabbiose, sabbie molto fini, arenarie micacee in sottili strati e con impregnazioni bituminose.

Per quanto riguarda la copertura alluvionale, in genere si presenta degradante da SW a NE con le originarie superfici terrazzate che si manifestano del tutto smembrate in corrispondenza dei depositi alluvionali più antichi (f^1); incise dagli affluenti dei corsi d'acqua principali in corrispondenza delle alluvioni medie (f^2); continue, infine, in corrispondenza delle più recenti alluvioni pleistoceniche (f^3). Su quest'ultime si sono venute a sovrapporre le alluvioni degli affluenti che alterano, con conoidi alluvionali, l'uniformità e la continuità delle superfici terrazzate principali. I terrazzi pleistocenici si trovano a quote variabili rispettivamente da 130 a 90 m (f^1), da 80 a 60 m (f^2) e da 40 a 20 m (f^3) sull'alveo attuale dei principali corsi d'acqua e sono tra loro separati da scarpate talora notevoli. Tali terrazzi alluvionali sono prodotti con ogni probabilità in ambiente freddo, come testimoniato dalla presenza al lori interno di forme singenetiche di crioturbazione (convoluzioni, ciottoli verticalizzati, ecc…) e dalle frequenti interdigitazioni con depositi stratificati di versante riferibili a clima periglaciale.

5.2 STRATIGRAFIA E MODELLO GEOLOGICO DEL TERRENO

In riferimento alla figura seguente (Figura 11) e ad un rilievo geologico di dettaglio effettuato (Tavola 04, scala 1: 2.000), è possibile determinare, dal termine più recente a quello più antico, la seguente successione stratigrafica:

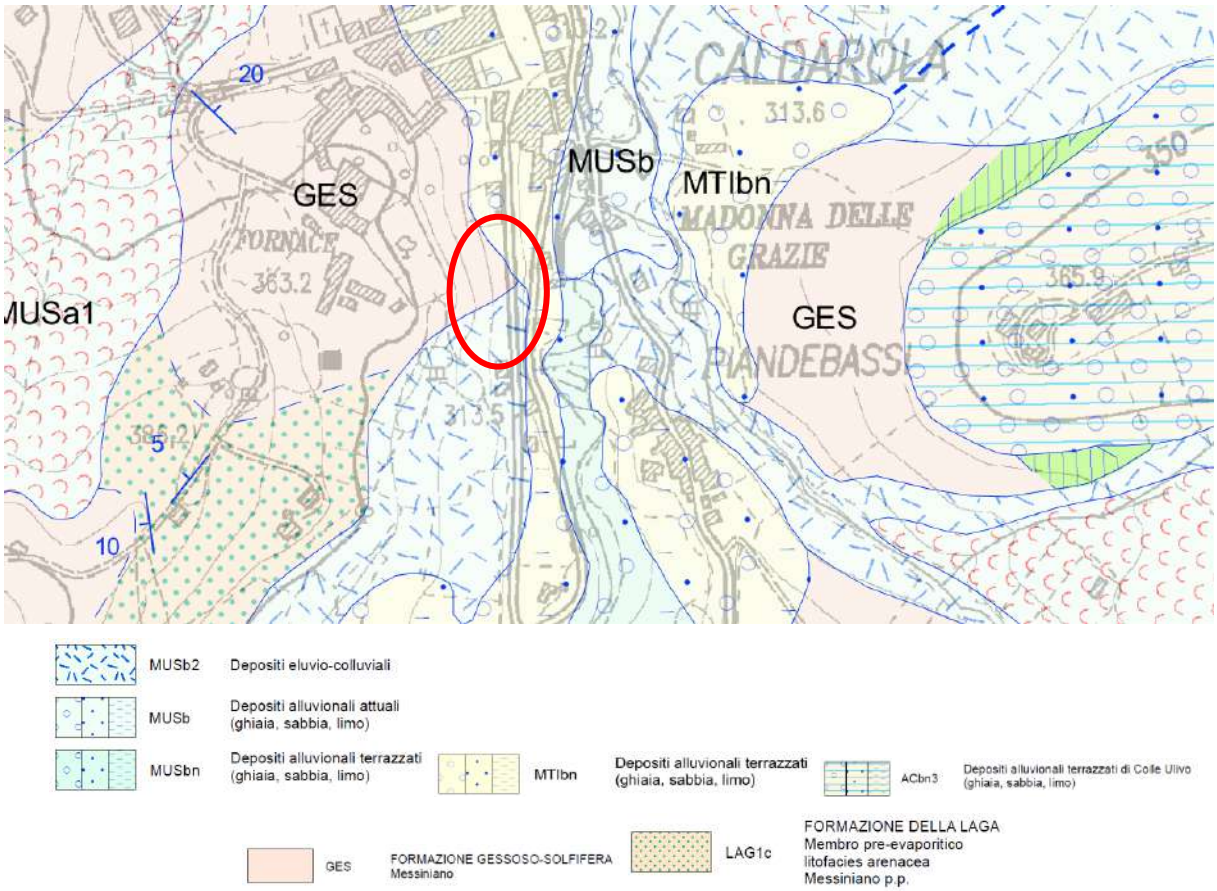


Figura 11 – Stralcio della Carta Geologica Regionale (Scala 1: 10.000) – Sezione 313070 "Caldarola". In rosso, l'area oggetto di indagine.

COPERTURA

SINTEMA DEL FIUME MUSONE *(Olocene)*

DEPOSITI ELUVIO-COLLUVIALI [MUSb2]

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.

DEPOSITI ALLUVIONALI ATTUALI [MUSb]

DEPOSITI ALLUVIONALI TERRAZZATI DEL IV ORDINE [MUSbn]

I depositi alluvionali di epoca olocenica sono costituiti dalle alluvioni d'alveo attuale lungo tutti i corsi d'acqua, anche di piccola portata e, eventualmente, da quelle terrazzate aventi un dislivello di 5-10 m sul fondovalle. In genere sono separate da deboli scarpate ma talora sfumano dolcemente l'una nell'altra. 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-pelitiche. Rispetto alle alluvioni pleistoceniche questi depositi si presentano freschissimi e del tutto inalterati. I

depositi del 4° ordine presentano una genesi diversa rispetto ai depositi precedenti: i materiali ciottolosi sono stati messi in posto soprattutto come conseguenza di estesi disboscamenti effettuati per l'approvvigionamento di legname, per pascolo o per fini agricoli in epoca storica, mentre la loro incisione si è verificata in tempi molto recenti a seguito di attività che hanno rallentato l'apporto detritico dei versanti (rimboschimenti, sistemazioni montane e agricole) o hanno interrotto il transito dei materiali lungo gli alvei (impianto di bacini artificiali e di traverse, estrazione di inerti dai letti fluviali).

SINTEMA DI MATELICA *(Pleistocene superiore)*

DEPOSITI ALLUVIONALI TERRAZZATI DEL III ORDINE [MTIbn]

SUPERSINTEMA DI COLLE ULIVO-COLONIA MONTANI *(Pleistocene medio-sommitale)*

DEPOSITI ALLUVIONALI TERRAZZATI DEL II ORDINE [ACbn3]

I depositi di II e III ordine si presentano in lembi estesi e continui, con spessori fino a 20-30 metri. Essi sono costituiti da ciottoli a granulometria più uniforme, con diametri compresi mediamente tra 2 e 5 cm, anche se non mancano talora elementi molto grossolani (specie alla base dei depositi). I clasti sono spesso iso-orientati ed embriciati e presentano un certo grado di appiattimento, soprattutto se provengono dalla litologia della Scaglia rossa. Per quanto riguarda la composizione litologica, nei depositi di II e III ordine aumentano progressivamente gli elementi provenienti dai terreni più antichi della Scaglia rossa, dato il graduale approfondimento delle valli fluviali che incidevano via via i terreni al nucleo delle strutture anticlinaliche. Spesso si rinvengono lenti e livelli limosi e sabbiosi e clasti arenacei, più frequenti nei bacini modellati in substrati arenacei e arenaceo-pelitici. Spesso i depositi del II ordine appaiono cementati in superficie a seguito di processi pedogenetici, ai quali sono dovuti anche suoli fersiallitici più o meno troncati che si osservano alla loro sommità.

SUBSTRATO

FORMAZIONE GESSOSO-SOLFIFERA [GES] *(Messiniano)*

È rappresentata da marne color tabacco o scure, euxiniche, da diatomiti, 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. L'unità in esame giace, quasi sempre, in discordanza sulle varie litofacies del membro pre-evaporitico, salvo qualche eccezione, ad esempio sulle dorsali, dove è sovrapposta direttamente sullo Schlier.

FORMAZIONE DELLA LAGA

MEMBRO PRE-EVAPORITICO [LAG1] *(Messiniano p.p.)*

Vi si riconoscono diverse 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, ed arenaceo-pelitici. Nei dintorni di Caldarola (ad E e a W di questa località) l'associazione arenacea è sostituita completamente dall'associazione arenaceo-pelitica (più spesso pelitico-arenacea) che affiora poi anche sul bordo occidentale della dorsale Taccoli-Villa Rofanello (*L'Ambiente Fisico delle Marche, 1991*).

5.3 TETTONICA E SUBSIDENZA

È noto che la regione marchigiana è interessata da uno stile tettonico prevalentemente plicativo, con pieghe e sovrascorrimenti ad andamento NW-SE, cioè, grosso modo, parallelo al bordo costiero adriatico, spesso rovesciate verso oriente. Dall'osservazione dello schema strutturale del Foglio 124 (Figura 12), si nota che tutto il territorio comunale di Caldarola risulta essere a cavallo tra il settore indicato come "Anticlinale M. San Vicino – M. Letegge – M. Fiegni – M. Sassotetto" e la "Sinclinale Castel San Pietro – San Severino – Cessapalombo – Sarnano".

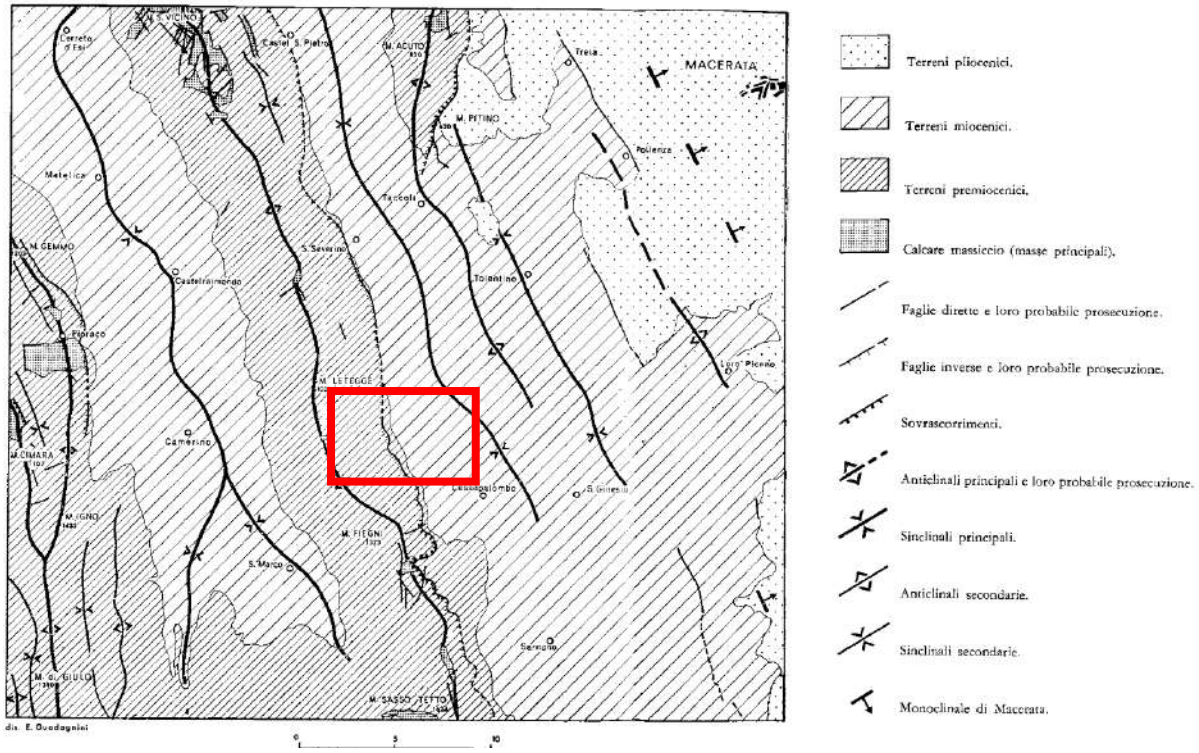


Figura 12 – Schema strutturale del Foglio 124. In blu, il settore oggetto di indagine.

L'anticlinale, nel territorio comunale di Caldarola, presenta una struttura tranquilla rispetto al proseguimento verso N e si avvertono, a tratti, motivi di rovesciamento verso E nel suo fianco orientale, complicato da un motivo compressivo (sovrascorrimento). La formazione che vi affiora più estesamente è la scaglia cretacica-eocenica che fa passaggio, in qualche punto, ai termini più antichi della serie, messi a nudo dall'erosione del fiume Chienti. Si rinviene così il modesto lembo di Calcare massiccio nei pressi di Campolarzo, vicino al nucleo abitato di Bistocco. Il tratto centrale dell'anticlinale è interessato da faglie di

tipo estensivo la cui maggiore evidenza, oltre ad una importante fascia cataclastica, è data dal contatto Calcare massiccio – Maiolica in destra idrografica del fiume Chienti e dal contatto Calcari diasprini – Maiolica, in sinistra. A Sud, la struttura anticlinalica si collega a quella più complessa dei Monti Sibillini attraverso i monti Fiegni e Sasso Tetto.

Verso oriente, come detto in precedenza, si passa alla struttura sinclinalica costituita al nucleo da terreni del Messiniano. Questa struttura è interessata da fenomeni disgiuntivi, diretti da NNW a SSE, complicati da numerose fratture trasversali e tra loro parallele, a debole rigetto. I rapporti con l'anticlinale sono abbastanza regolari, con limitati fenomeni di rovesciamento dei termini della Scaglia cinerea appenninica, del Bisciaro e, in parte, dello Schlier al di sopra delle unità pre-evaporitiche.

I litotipi che costituiscono la struttura sinclinalica (Figura 13) si sono depositati a partire dal Miocene, quando viene a cessare la relativa uniformità delle condizioni ambientali e sedimentarie instauratasi nel bacino umbro-marchigiano a partire dal Cretaceo inferiore. Questo è raggiunto dalla compressione che, in rapida progressione da W verso E, ne modificano continuamente la morfologia del fondo. Esso assume via via i caratteri di un'avanfossa torbiditica migrante verso E a spese dell'avampaese ed ubicata sul fronte della catena appenninica in evoluzione. Le torbiditi (Membro pre-evaporitico…ecc…) poggiano quindi sulle emipelagiti di avampaese (Bisciaro, Schlier) alle quali passano anche lateralmente.

Nel Messiniano medio, in relazione con la crisi di salinità del Mediterraneo occidentale, si instaura un diffuso ambiente evaporitico che porta alla deposizione della Formazione gessoso-solfifera.

Nel Messiniano superiore, l'area corrispondente all'attuale fascia appenninica è in via di corrugamento, mentre il bacino della Laga è ancora sede di deposizione torbiditica di mare profondo (Membro post-evaporitico, Formazione di San Donato). Nei bacini intrappenninici minori (*piggy-back basins*), in un ambiente decisamente salmastro, si depongono invece le Argille a Colombacci. Si hanno spesso discordanze tra depositi evaporitici e post-evaporitici, indicative di particolare intensità della tettonica compressiva dell'area marchigiana. I flussi gravitativi sono convogliati nelle aree deposizionali lungo strette valli trasversali controllate dalla tettonica (es. linea trasversale Fiastrone-Fiastrella).

L'area si solleva ed emerge intorno al Pliocene superiore, in relazione al perdurare di compressioni iniziate nel Pliocene inferiore-medio. Tale attività compressiva cessa nel Pleistocene inferiore: a questo punto si sviluppano esclusivamente movimenti verticali, almeno sino al Pleistocene medio-superiore, differenziati a causa delle faglie trasversali che creano una divisione in blocchi. Tali sistemi di faglie presentano un andamento generale del tipo NE-SW. La sedimentazione è strettamente controllata dalla tettonica che condizione l'impostazione dell'attuale reticolo idrografico.

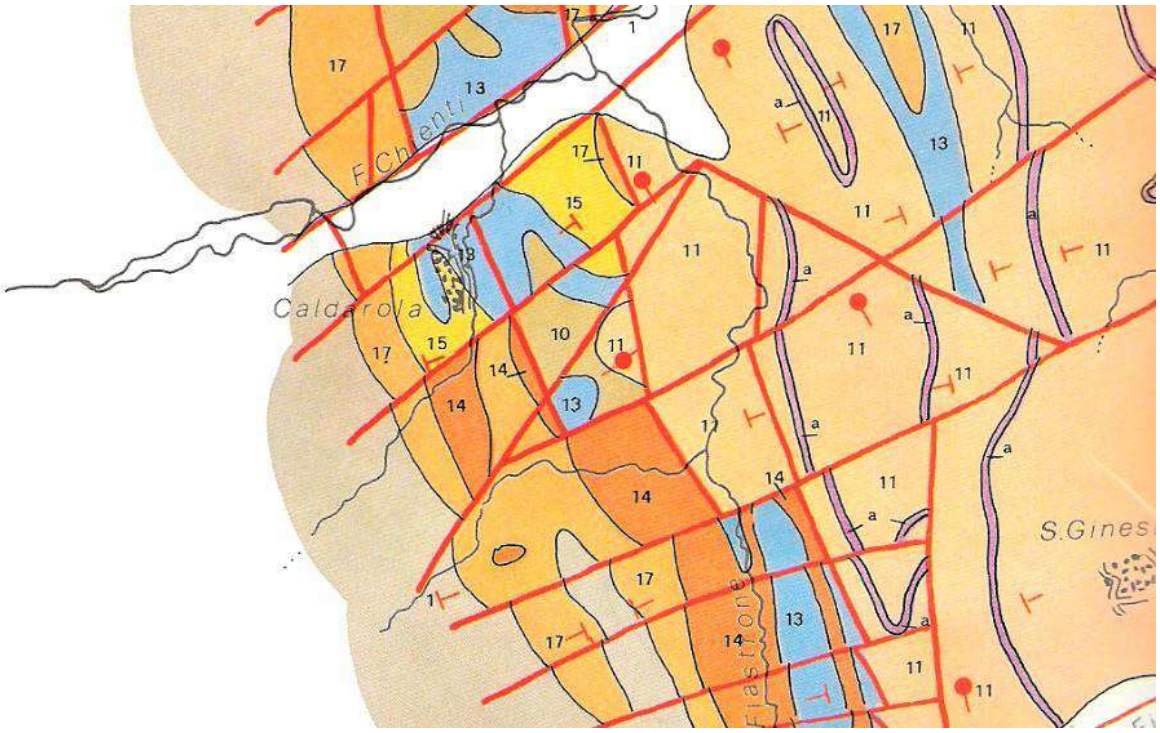


Figura 13 – Estratto della Carta geologica dei depositi neogenico-quaternari tra il f. Potenza e il f. Tronto. Istituto di Geologia – Università di Camerino. (10) Argille a Colombacci, (11) Membro post-evaporitico con (a) livello guida vulcanoclastico, (12) Membro evaporitico con (a) livello guida con gessareniti torbiditiche, (13) Formazione gessoso-solfifera, (14) Membro pre-evaporitico - facies arenacea, (15) Membro pre-evaporitico – facies arenaceo-pelitica, (17) Bisciaro/Schlier.

5.4 ASPETTI GEOMORFOLOGICI DELL'AREA DI STUDIO E DEL SITO DEGLI INTERVENTI

Per quanto concerne le forme del terreno e i processi geomorfici, l'area mostra i caratteri tipici del sistema precedentemente denominato "Ba": le quote sono variabili, comprese tra i 250 e i 600 m, l'energia di tale rilievo è medio o medio-basso, generalmente non supera i 100 m, l'acclività è medio-bassa, dell'ordine del 20% e la morfologia dei versanti è caratterizzata da gradini e scarpate di altezza variabile, raramente superiore a 20 m.

Nel territorio, i processi morfogenetici prevalenti sono rappresentati dalle diverse tipologie franose, con netta prevalenza di colamenti interessanti per lo più i depositi colluviali ed eventualmente la porzione alterata del substrato. L'indice di franosità è di 0,24 frane/kmq.

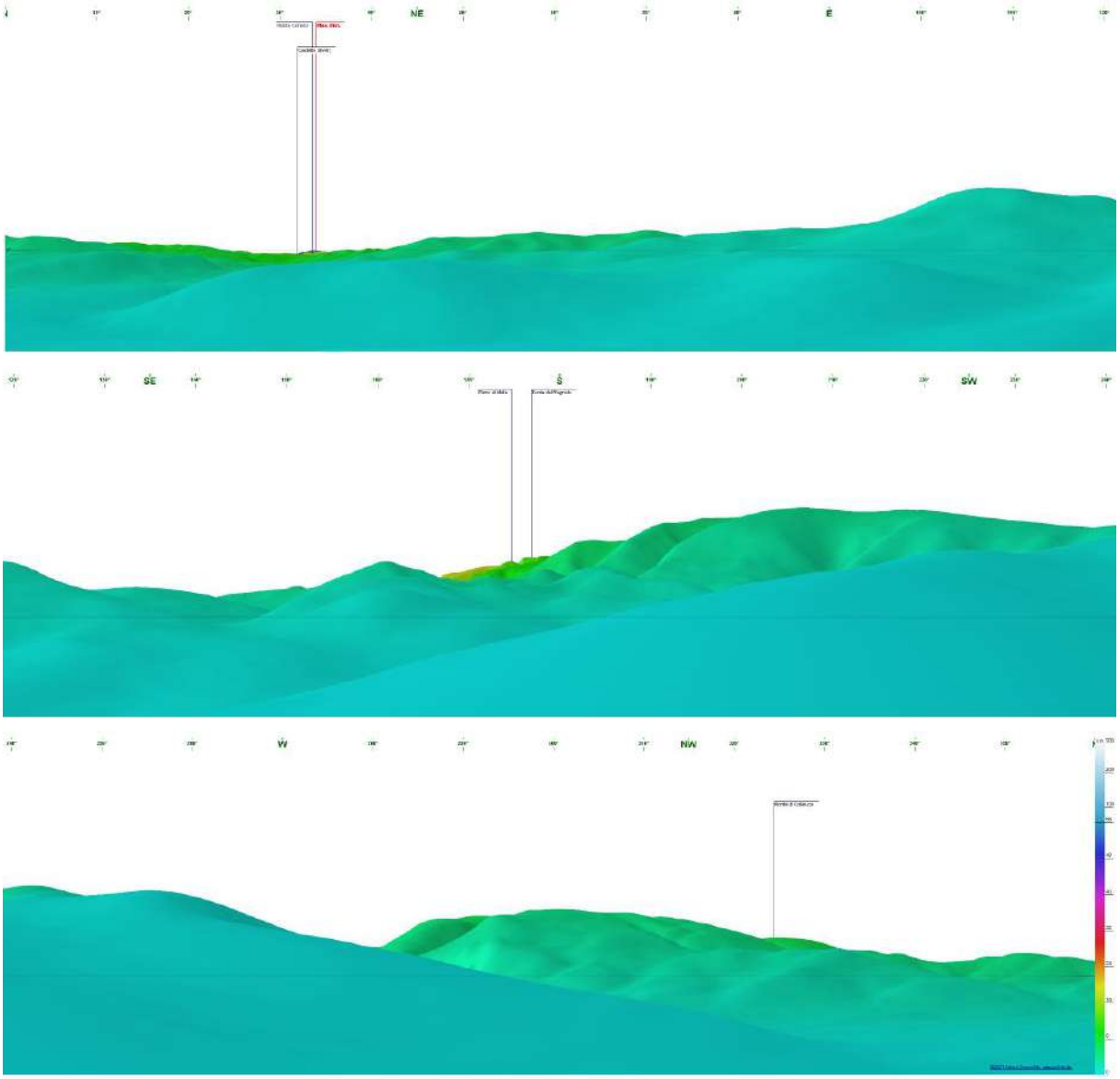


Figura 14 – Assetto geomorfologico: ricostruzione 3D, con vista a 360°, delle morfologie presenti intorno all'area oggetto di studio (http://www.udeuschle.selfhost.pro/panoramas/makepanoramas_en.htm).

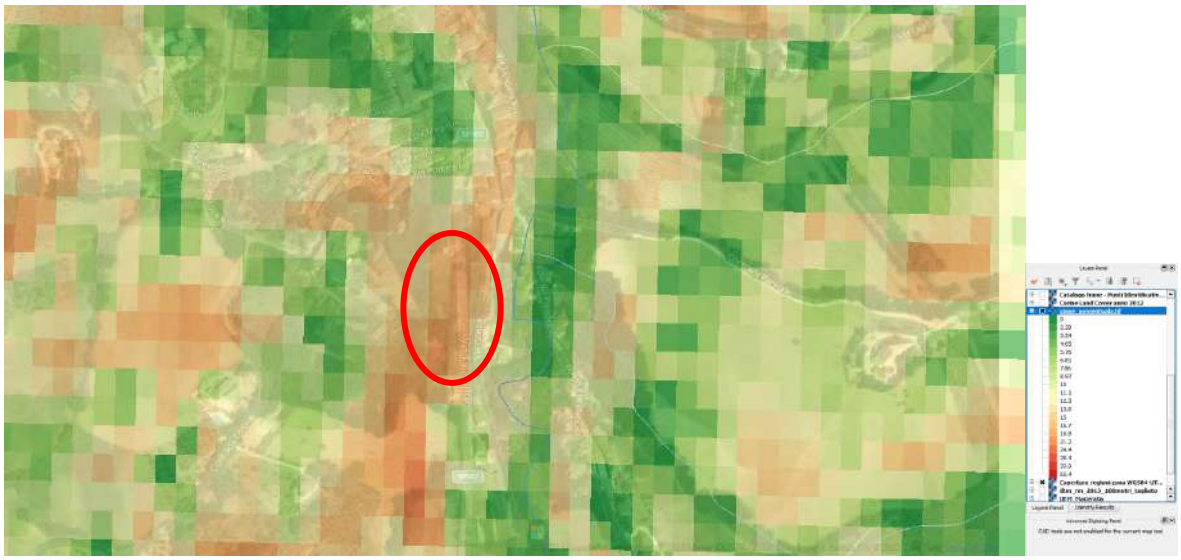
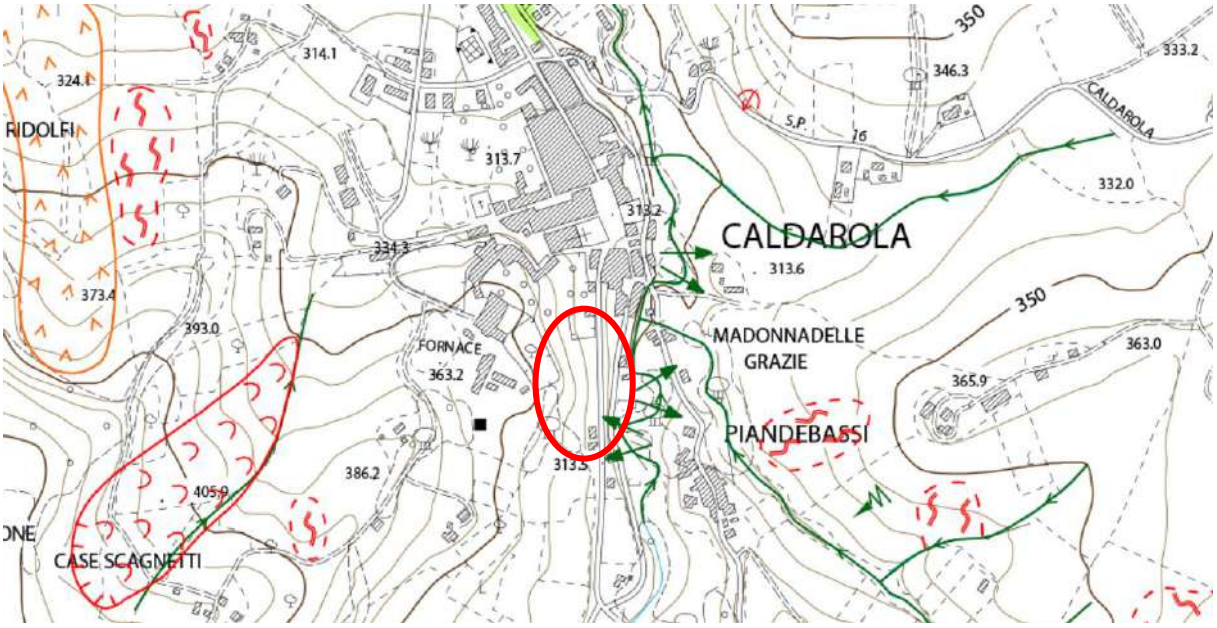


Figura 15 – Carta delle pendenze realizzata mediante il comando "r.slope" dell'applicativo GIS GRASS. In rosso, l'area oggetto di indagine.



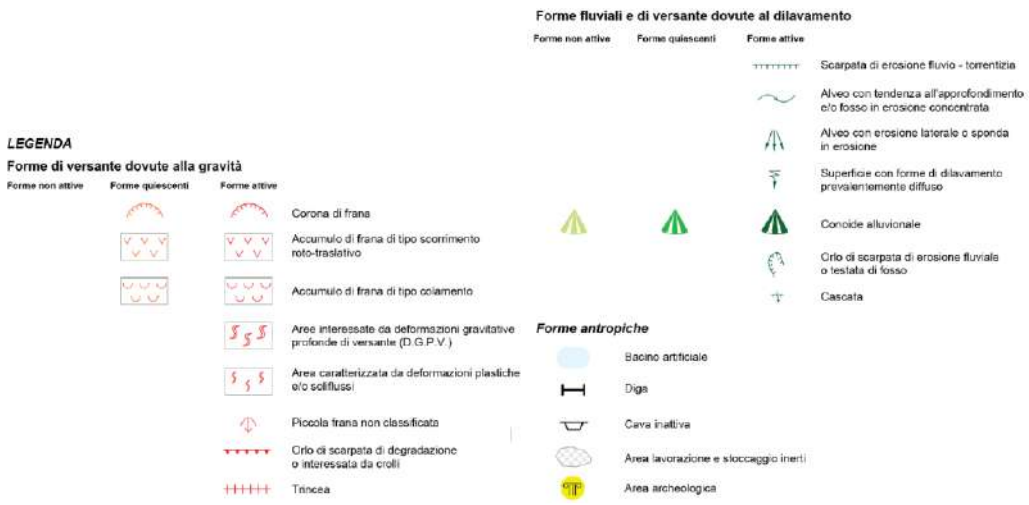


Figura 16 – Stralcio della Carta geomorfologica – adeguamento al PTC. In rosso, l'area oggetto di indagine.

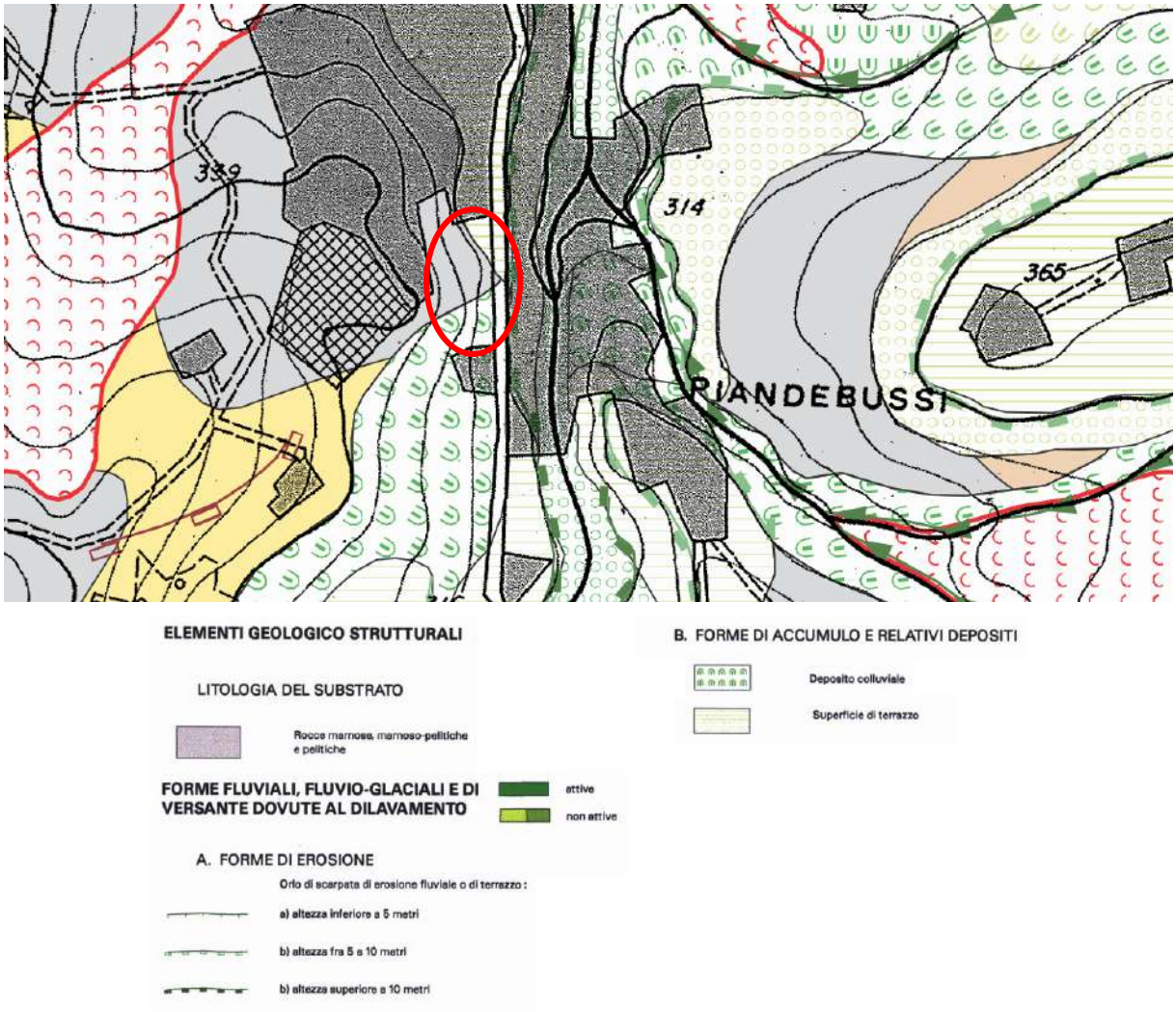


Figura 17 – Stralcio della Carta Geomorfologica Regionale (Scala 1: 10.000) – Sezione 313070 "Caldarola". In rosso, l'area oggetto di indagine.

Nello specifico, come riportato in precedenza, l'aera oggetto di indagine si sviluppa intorno alla quota di 325 m s.l.m., lungo un versante situato alla sinistra idrografica del Rio o Fosso delle Conce ed esposto ad E in maniera piuttosto articolata in tratti a pendenza variabile (pendenza media ~ 30,4% - pendenza massima ~ 66,3%).

Dall'analisi della cartografia esistente (Figure 16 e 17) e nel corso di un sopralluogo eseguito nel sito oggetto di intervento, vengono rilevate le seguenti morfologie:

FORME DI EROSIONE E DI ACCUMULO FLUVIALI, FLUVIO-GLACIALI E DOVUTE AL DILAVAMENTO: l'area vede la presenza di terrazzi o ripiani alluvionali, depositati dal Fosso delle Conce o del Fiume Chienti prevalentemente in epoca sia pleistocenica finale (III ordine) che olocenica (IV ordine) e costituiti da granulometrie grossolane, ben visibili in affioramento a monte di Via Falerense (Foto 1 e 2). Tali terrazzi sono dislocati da scarpate di erosione fluviale aventi altezza raramente superiore a 10 m. Il Fosso delle Conce si presenta confinato con sviluppo planimetrico sinuoso, alveo in alluvionale e, localmente, in approfondimento su roccia. Sempre localmente, vengono riportate diverse dinamiche di erosione laterale.

FORME ANTROPICHE: Si rileva la presenza di scarpate di scavo, piccoli terrazzamenti, muri di sostegno (Foto 3), opere di difesa di sponda fluviale (gabbionate e massi ciclopici) e briglie. Inoltre, vengono rilevate nel settore di intervento, antiche tracce e sentieri (Foto 4), ben visibili anche da foto aerea.

Foto 1 – Affioramento di depositi alluvionali terrazzati (Pleistocene superiore) nella parte dell'area di intervento.

Foto 2 – Affioramento di depositi alluvionali terrazzati (Pleistocene superiore) nella parte dell'area di intervento.

Foto 3 – Foto aerea in cui risultano ben visibili il muro lungo Via Falerense e l'antico muraglione a monte dell'area di intervento che racchiude l'orto del Monastero di Santa Caterina.

Foto 4 – Antica traccia di sentiero a monte dell'area oggetto di intervento.

5.5 ASPETTI IDROLOGICI E IDROGEOLOGICI DELL'AREA DI STUDIO

Per quanto riguarda le caratteristiche idrologiche superficiali dell'area oggetto di studio, è evidente che il Fosso delle Conce rappresenta la via di drenaggio naturale preferenziale per le acque superficiali.

La configurazione idrogeologica che caratterizza il sottosuolo dei siti di indagine (Figura 18) vede sostanzialmente la presenza di coperture con livelli ghiaiosi e ghiaioso-sabbiosi che hanno la trasmissività che varia da $1{,}5x10^{-2}$ a $9{,}0x10^{-3}$ m^2/s, la permeabilità da $7{,}0x10^{-2}$ a $2{,}0x10^{-3}$ m/s (classe di permeabilità buona e/o discreta), la velocità effettiva, misurata nei depositi ghiaiosi in condizioni di moto perturbato, da 2 a 30 m/h; la porosità dinamica dal 2 al 7%. Per quanto riguarda le porzioni argilloso-limose e limoso-argillose, costituenti anche i depositi eluvio-colluviali, la permeabilità scende variando da $1{,}5x10^{-4}$ a $5{,}5x10^{-5}$ m/s (classe di permeabilità discreta e/o bassa).

Per quanto riguarda il substrato, l'area rientra nel "Complesso idrogeologico della Formazione Gessoso-Solfifera (Messiniano)". Tale complesso, costituito da gessi, arenarie gessose, gessareniti e argille bituminose, emergono sorgenti a facies solfato-calcica con arricchimenti in bicarbonati, magnesio e stronzio con tenore salino superiore anche a 3 g/l. La ricarica degli acquiferi gessosi deriva soprattutto dalle piogge e dalle acque vadose presenti nei corpi arenacei pre e post evaporitici in contatto coi gessi. La circolazione delle acque è superficiale, non dispersiva, in circuiti brevi e legata al ciclo idrologico.

Nel complesso, la vulnerabilità degli acquiferi in genere è estremamente elevata e la pericolosità potenziale di inquinamento è bassa, a causa della non ingente concentrazione degli insediamenti, dell'attività produttiva e della rete infrastrutturale e tecnologica.

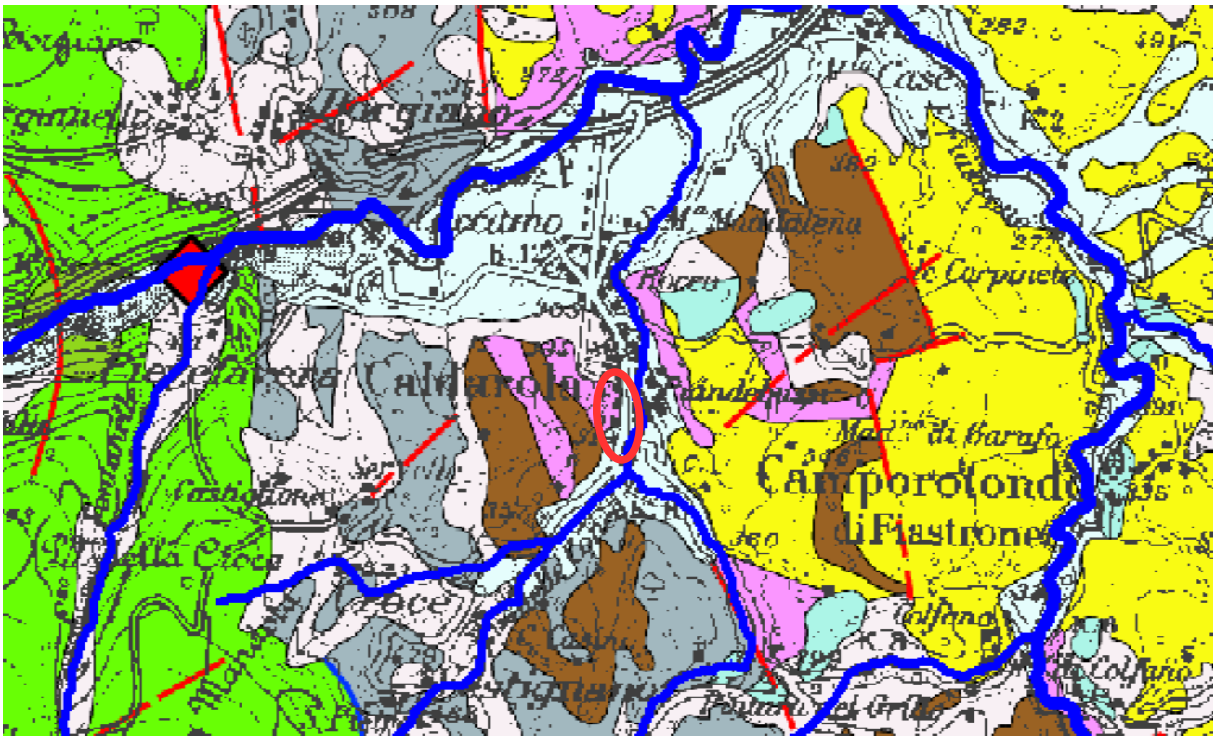


Figura 18 - Stralcio delle Schema idrologico della Regione Marche (2002). In rosso, l'area oggetto di studio. Il "celeste" indica il Complesso idrogeologico delle pianure alluvionali e dei depositi fluvio-lacustri e lacustri (Olocene – Pleistocene superiore e medio).

5.6 VALUTAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ E DEL RISCHIO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO DEL TERRITORIO IN ESAME E DEL SITO OGGETTO DEGLI INTERVENTI

Per pericolosità geologica, si intende quella relativa a processi erosivi, franosi, alluvioni e legata esclusivamente alla natura litologica del terreno.

Il rischio viene invece definito come "valutazione dell'intensità del fenomeno" dove per fenomeno si intende tutta la tipologia dei processi visti in precedenza.

Già il P.A.I. identifica e quantifica le situazioni di degrado sotto il profilo idrogeologico ed individua le relative presumibili cause, in funzione del livello di conoscenza già raggiunto e con la previsione di aggiornamenti dinamici in funzione del completamento delle conoscenze e dell'evoluzione dei fenomeni, In particolare sono individuate:

- le situazioni di pericolosità dell'assetto fisico-territoriale (assetto idrogeologico), che si determinano in seguito dell'alterazione degli equilibri naturali del sistema stesso sotto il profilo della stabilità del terreno (frane ed erosioni) e di regolamentazione del deflusso delle acque;
- le situazioni di rischio per il sistema antropico, che si determinano quando esso interferisce con la dinamica del sistema fisico-territoriale, provocando danni a persone o cose.

Attualmente, come si è visto sia dalla cartografia esistente del P.A.I. sopra-citato (Figura 9), dallo stralcio della cartografia dell'Inventario dei Fenomeni Franosi in Italia (Progetto IFFI – Figura 19) e dal rilievo geologico e geomorfologico eseguito, l'area oggetto di studio non risulta essere interessata da processi morfogenici dovuti alla gravità (movimenti di versante).

Figura 19 - Stralcio della carta Inventario dei Fenomeni Franosi in Italia (Progetto IFFI). Nel cerchio, in rosso, l'area oggetto di studio.

Comunque, per l'eventuale presenza di spostamenti a danni dell'edificato, è stato eseguito in via preliminare un confronto di foto aeree e foto storiche (Figure da 20 a 32) ed è stata effettuata un'analisi dei dati interferometrici (*Persistent Scatterers Interferometry o PSI*) attraverso i dati acquisiti dai satelliti ESA ERS-1 (1991-2000), ERS-2 (1995-2011), ENVISAT (2002-2012) e COSMO-SkyMed a partire dal 2007: il sito in esame presenta numerosi punti misura ma non vengono mai evidenziate situazioni arealmente apprezzabili di dissesto, confermando la stabilità del sito (Figure da 33 a 37).

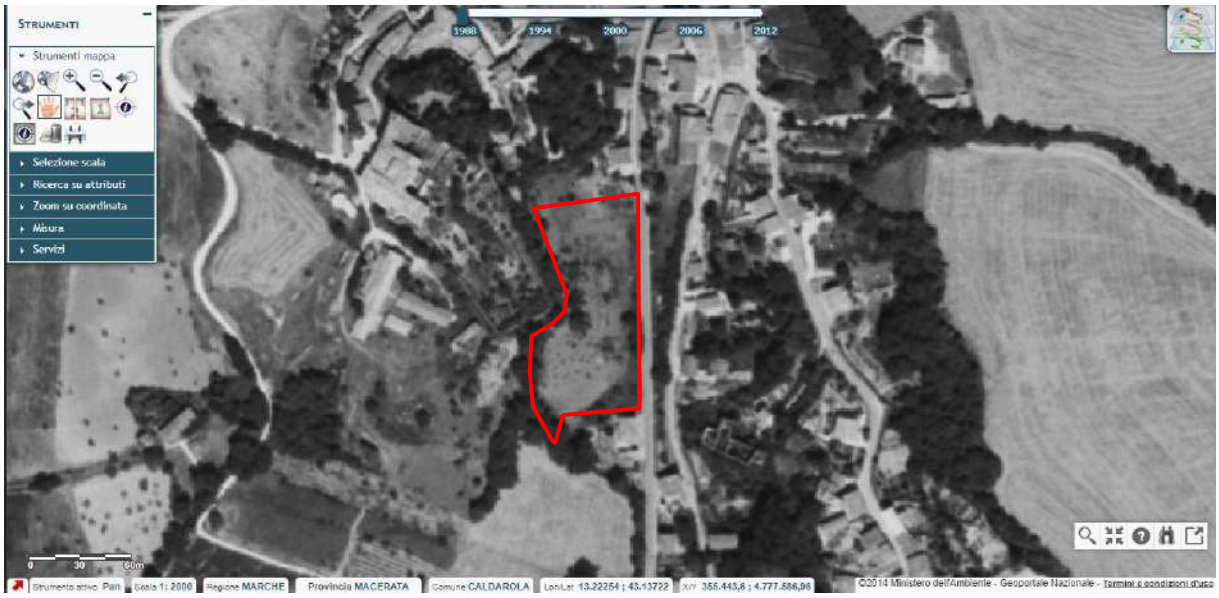


Figura 20 – Foto aerea, 1988. In rosso, l'area oggetto di intervento.

Figura 21 – Foto aerea, 1994. In rosso, l'area oggetto di intervento.

Figura 22 – Foto aerea, 2006. In rosso, l'area oggetto di intervento.

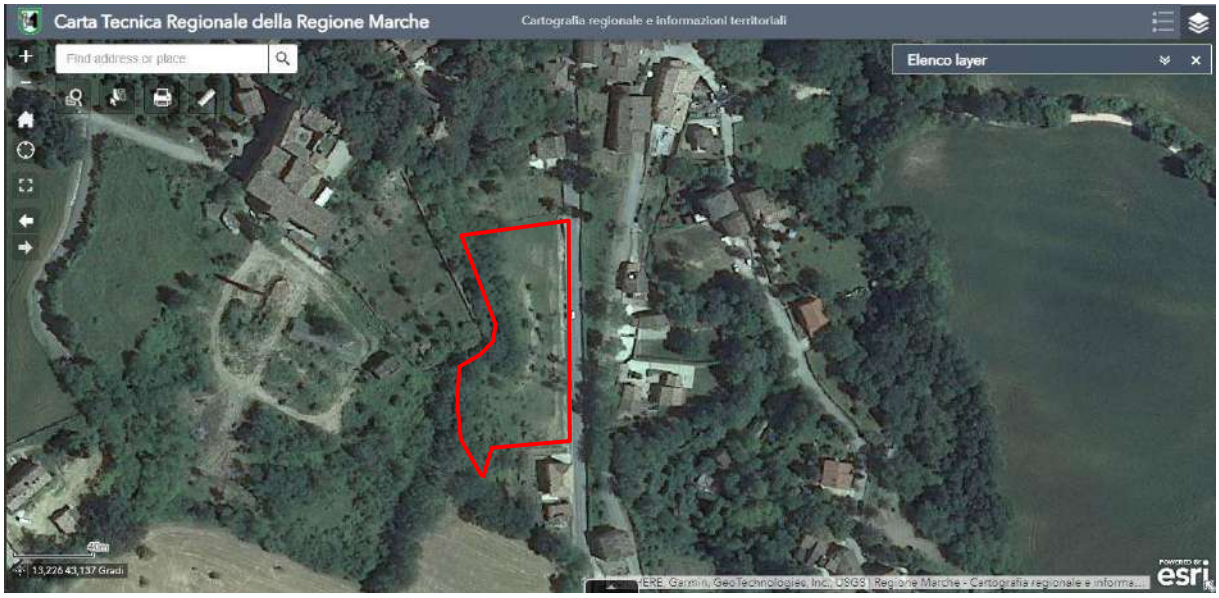


Figura 23 – Foto aerea, 2010. In rosso, l'area oggetto di intervento.

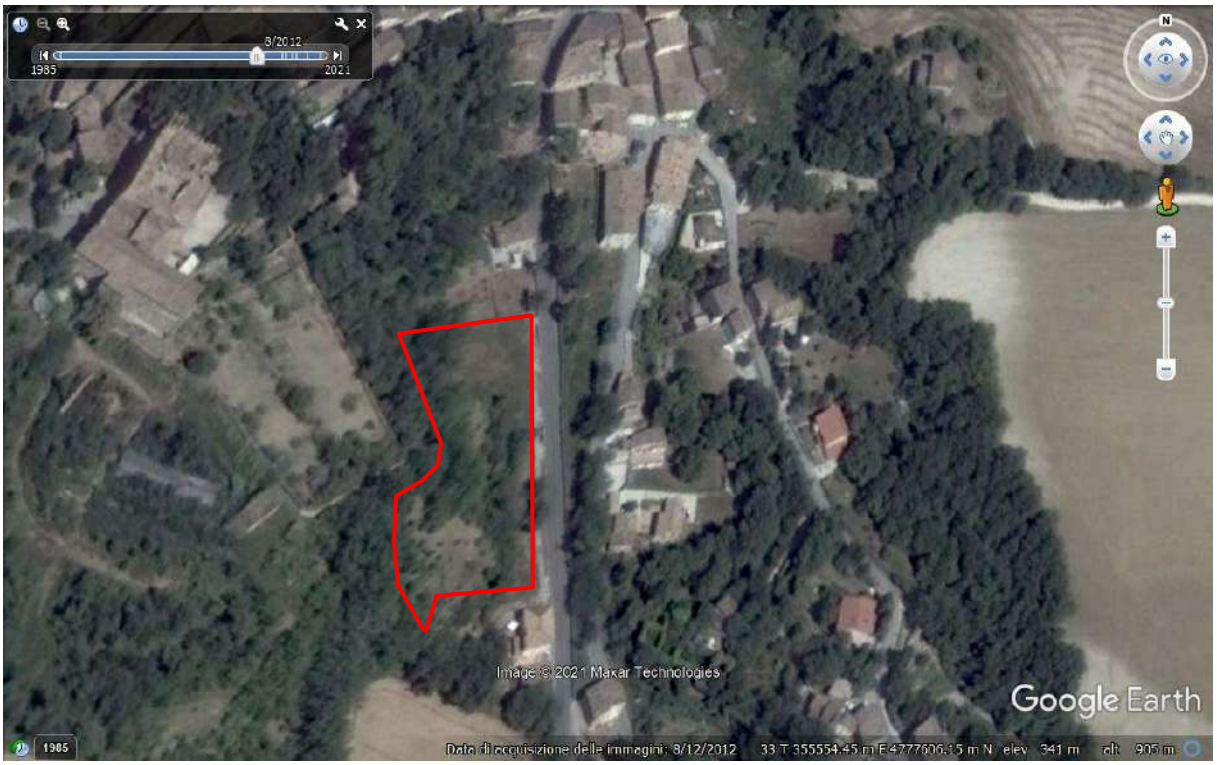


Figura 24 – Foto aerea, 2012. In rosso, l'area oggetto di intervento.

Figura 25 – Foto aerea, 2013. In rosso, l'area oggetto di intervento.

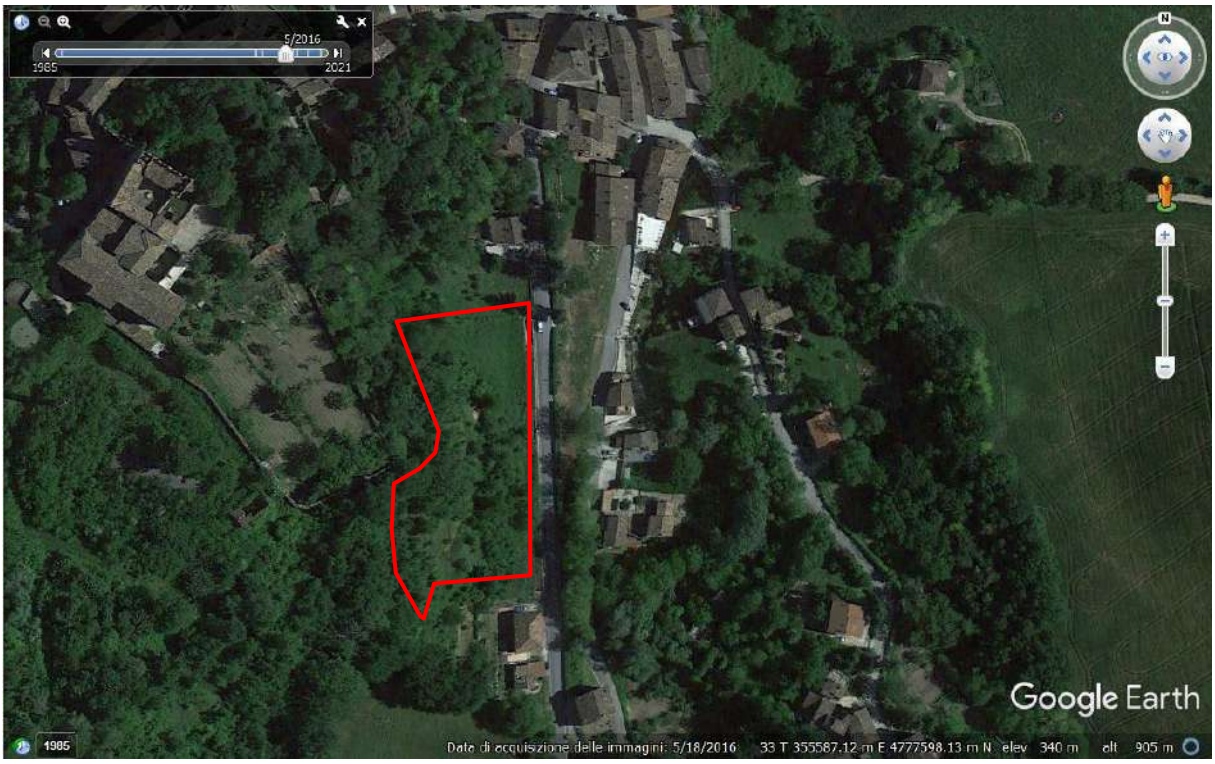


Figura 26 – Foto aerea, 2016. In rosso, l'area oggetto di intervento.

Figura 27 – Foto aerea, 2017. In rosso, l'area oggetto di intervento.

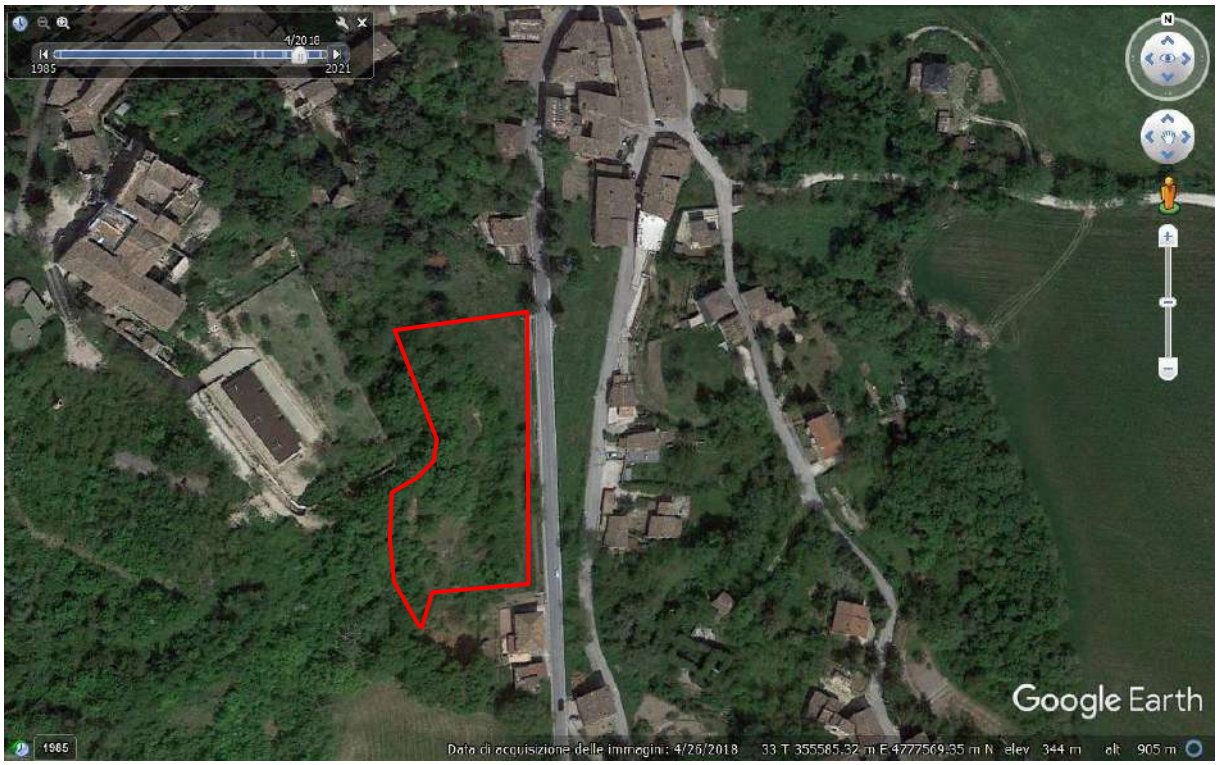


Figura 28 – Foto aerea, 2018. In rosso, l'area oggetto di intervento.

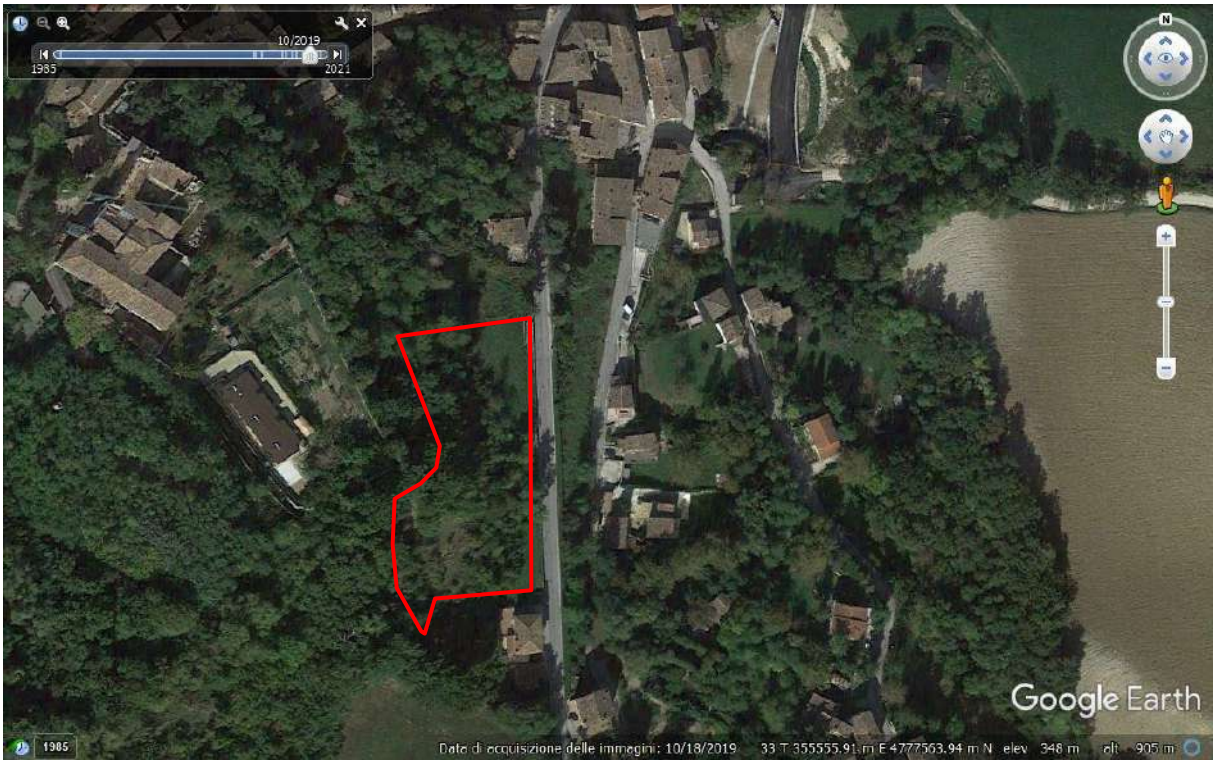


Figura 29 – Foto aerea, 2019. In rosso, l'area oggetto di intervento.

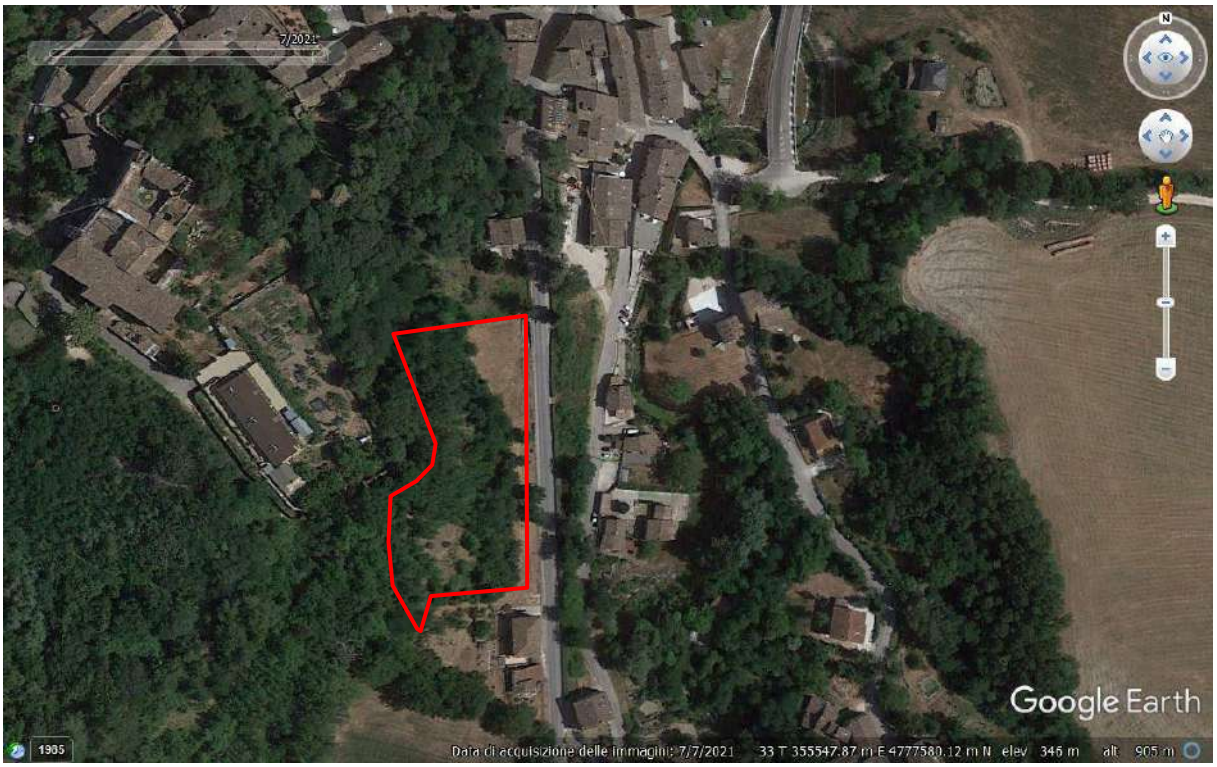


Figura 30 – Foto aerea, 2021. In rosso, l'area oggetto di intervento.

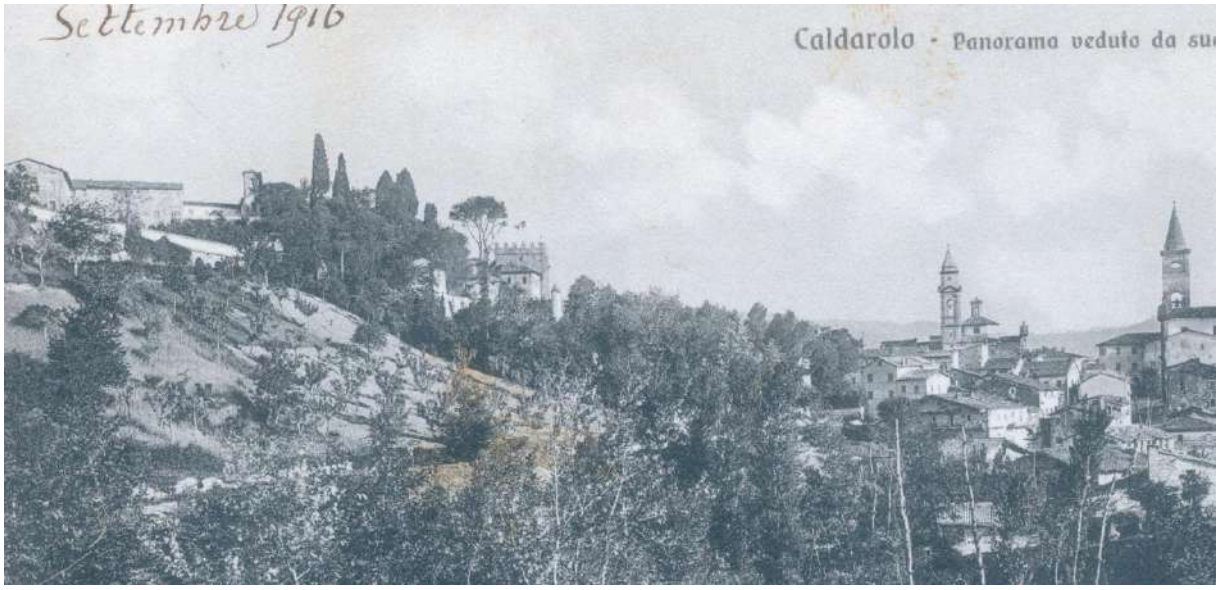


Figura 31 – Dettaglio della scarpata da una foto del 1916. Il versante si presenta piuttosto regolare e non vengono mostrate forme di erosione e di accumulo dovute alla gravità.

Figura 32 – Dettaglio della scarpata da una foto del 1950. Il versante si presenta piuttosto regolare e non vengono mostrate forme di erosione e di accumulo dovute alla gravità.

Figura 33 – Dati interferometrici satellitari ERS (ascending).

Figura 34 – Dati interferometrici satellitari ERS (descending).

Figura 35 – Dati interferometrici satellitari ENVISAT (ascending).

Figura 36 – Dati interferometrici satellitari ENVISAT (descending).

Figura 37 – Dati interferometrici satellitari COSMO-SkyMed (descending).

In definitiva, per quanto riguarda l'attribuzione del grado di pericolosità dell'area, similmente all'allegato "B" del P.A.I., *Ricognizione dei dissesti gravitativi*, in cui si fa riferimento all'analisi critica dei dissesti presenti, in particolare alla tipologia e stato di attività e alla presenza di cavità, è stato suddiviso il territorio in esame sulla base degli elementi presenti nella tabella di seguito (Tavola 06 – Carta delle pericolosità geomorfologiche ed idrauliche). Per quanto riguarda l'area oggetto di variante n. 2 al PRG, si conferma, allo stato attuale, l'assenza di pericolosità geologiche e geomorfologiche.

Tabella 1 - Attribuzione grado di pericolosità (Allegato "B" - Ricognizione dei dissesti gravitativi, Piano Assetto Idrogeologico P.A.I.).

Definizione grado di pericolosità	*Indice di pericolosità*	*Indicatori*
ELEVATA	P3	Evidenziata da movimenti di massa in atto, con una dinamica geomorfologica tendente più o meno all'estensione areale della pericolosità. Presenza di cavità sotterranee con episodi di distacco.
MEDIA	P2	Evidenziata da indicatori geomorfologici diretti, quali l'esistenza di antichi corpi di frana, di segni precursori di movimenti gravitativi (ondulazioni, contropendenze, periodiche lacerazioni, ecc...)
MODERATA	P1	Evidenziata sulla base di caratteri fisici territoriali (litologia e caratteri geotecnici dei materiali, struttura e giacitura, processi di degradazione meteorica, dinamica geomorfologica in atto), vegetazionali e di uso del suolo, ma prive al momento di indicazioni morfologiche dei fenomeni, sia superficiali che profondi, che possono riferirsi a processi erosivi capaci di innescare fenomeni franosi o a movimenti gravitativi veri e propri.

5.7 VALUTAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ E DEL RISCHIO IDRAULICO DEL TERRITORIO IN ESAME E DEL SITO OGGETTO DEGLI INTERVENTI

Per *inondazione* si intende il fenomeno di invasione ed espansione delle acque su vaste aree prodotto da una rottura o un sormonto d'argine naturale o artificiale, connesso ad un evento di piena di un corso d'acqua. I territori coperti dalle acque sono inondati, mentre il corso d'acqua che esce dal suo letto esonda. Il termine generale *alluvione* è utilizzato per indicare tutti i danni prodotti da un evento di piena di un corso d'acqua, sia quelli legati all'inondazione di territori, sia quelli più profondamente connessi con l'instabilità delle sue sponde, l'erosione accelerata alla testata del bacino e l'instabilità dei versanti.

Il fenomeno di inondazione di un territorio o esondazione di un corso d'acqua risulta sempre connesso ad un evento di piena del corso d'acqua stesso. Per piena di un corso d'acqua si intende il fenomeno del rapido sopraelevamento della superficie libera dovuto all'aumento della portata che, a sua volta, è causato da precipitazioni di forte intensità e, più raramente nel nostro paese, dalla rapida fusione di nevai e ghiacciai.

Il rischio idraulico scaturisce dalla possibilità di danno a persone e/o beni in conseguenza dei principali fenomeni di trasporto in alveo e può essere suddiviso in:

- rischio da esondazione: connesso al trasporto di massa liquida;
- rischio da dinamica d'alveo: connesso al trasporto di massa solida;

- rischio da inquinamento: connesso al trasporto di massa inquinante.

5.7.1 VERIFICA DI COMPATIBILITÀ IDRAULICA

L'ambito di applicazione territoriale della L.R. 22/2011 riguarda l'intero territorio regionale; in particolare si considerano in grado di modificare il regime idraulico e conseguentemente da assoggettare a VCI per previsione legislativa:

a) Strumenti di pianificazione territoriale generale e loro varianti che comportano maggiore capacità edificatoria o un incremento del rapporto di copertura vigenti alla data di approvazione dei presenti criteri (per rapporto di copertura di intende quello tra la superficie fondiaria e la superficie territoriale complessiva);
b) Strumenti di pianificazione territoriale generale e loro varianti, pur non incrementando il rapporto di copertura vigente, riguardino aree comunque denominate, interessanti superfici maggiori di 2 ha, che non possono essere considerate di completamento in quanto non rispondenti ai requisiti di cui all'art. 2, lett. b) del D.M. 1444/1968;
c) Strumenti di pianificazione territoriale generale e loro varianti che, pur non rientrando nelle fattispecie delle precedenti lettere a) e b), introducono destinazioni d'uso che possono determinare un aumento dell'esposizione al rischio idraulico, valutate secondo lo schema riportato in Appendice, tra le Definizioni, alla voce "Esposizione";
d) Strumenti di pianificazione territoriale attuativa previsti dalla Legge Regionale 34/1992 e dalle vigenti disposizioni normative di altri settori.

La verifica si sviluppa su diversi livelli di approfondimento che possono corrispondere a fasi successive:

a) Verifica Preliminare: Analisi Idrografica-Bibliografica-Storica;
b) Verifica Semplificata: Analisi Idrografica-Bibliografica-Storica e Analisi Geomorfologica;
c) Verifica Completa: Analisi Idrografica-Bibliografica-Storica, Analisi Geomorfologica e Analisi Idrologica-Idraulica di dettaglio;

La Verifica Preliminare (Analisi Idrografica-Bibliografica-Storica) è da sviluppare sempre.

Ad esito della Verifica Preliminare verrà valutato se sottoporre lo strumento di pianificazione ai successivi livelli di analisi della Compatibilità Idraulica (Semplificata e/o Completa).

I successivi livelli di approfondimento della Verifica di Compatibilità Idraulica, attraverso l'Analisi Geomorfologica ed eventualmente l'Analisi Idrologica-Idraulica, vanno sviluppati per i corsi d'acqua:

a) che rientrano tra quelli demaniali, individuati nelle mappe catastali;

b) per i quali sono individuate criticità legate a fenomeni di esondazione/allagamento in strumenti di programmazione o in altri studi eventualmente disponibili;
c) sui quali si sono verificati in passato eventi di esondazione/allagamento.

Per quanto riguarda il rischio idraulico da esondazione, oggetto del presente capitolo, trae origine dalla eventualità che una determinata area sia invasa dalle acque fuoriuscite dalle reti di drenaggio naturali e/o artificiali per insufficiente capacità di smaltimento delle portate in transito nella stessa rete, oppure per rotture di opere di contenimento. Per capacità di smaltimento, si deve intendere la capacità di un tratto di un corso d'acqua a far transitare una determinata portata con un'altezza d'acqua contenibile entro le sommità spondali o arginali. A parità di portata, la capacità di smaltimento del tratto può variare nel tempo per cause sistematiche e/o accidentali quali, ad esempio:

- interventi plano-altimetrici;
- variazioni di scabrezza;
- occlusioni localizzate.

La rottura delle opere di contenimento è conseguente alla perdita di stabilità di strutture arginali e di opere di sbarramento: si manifesta in generale durante l'evento alluvionale (es. sifonamento e/o scalzamento di un rilevato arginale).

In parte, connesso al rischio di esondazione, è il fenomeno del ristagno che si verifica in quelle zone che per caratteristiche geomorfologiche non dispongono di efficienti capacità di drenaggio superficiale e/o profondo e pertanto suscettibili al trattenimento di acque sulla superficie del terreno, siano esse di esondazione, meteoriche o di falda.

Nel caso specifico, la Verifica Preliminare (Analisi Idrografica-Bibliografica-Storica) ha permesso di individuare che:

- il Piano stralcio di bacino per l'Assetto Idrogeologico - PAI (Figura 9), il Piano Gestione Rischio Alluvioni - PGRA 2021 e il progetto Areas of Potential Significant Flood Risk – APSFR (Figura 38) non individuano alcuna zona inondabile, con tempi di ritorno fino ad almeno 200 anni;
- non sono disponibili informazioni su eventi di esondazione/allagamento che hanno interessato la zona in passato;
- non viene comunque ritenuta l'area inondabile per piene eccezionali, in quanto è posta ad una quota e ad una distanza tale, rispetto al corso d'acqua più vicino (Fosso delle Conce), da non essere interessabile (inequivocabilmente e senza alcuna incertezza) da potenziali fenomeni di inondazione e allagamento.

In considerazione di quanto espresso, la Compatibilità Idraulica dell'area risulta verificata.

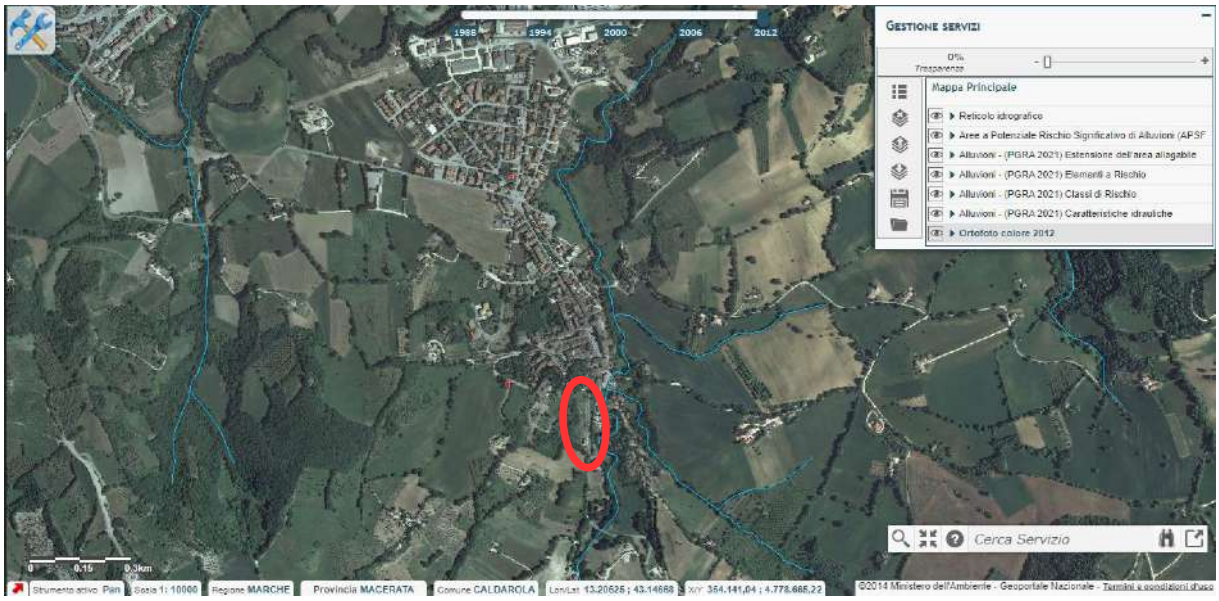


Figura 38 – Valutazione preliminare del rischio alluvioni. In rosso l'area oggetto di intervento.

5.7.2 INVARIANZA IDRAULICA DELLE TRASFORMAZIONI TERRITORIALI

Ogni intervento che provoca impermeabilizzazione dei suoli ed aumento delle velocità di corrivazione deve prevedere azioni correttive volte a mitigarne gli effetti e tali azioni sono da rilevare essenzialmente nella realizzazione di volumi di invaso finalizzati alla laminazione; se la laminazione è attuata in modo da mantenere i colmi di piena prima e dopo la trasformazione inalterati, si parla di *invarianza idraulica* delle trasformazioni di uso del suolo (*L.R. 23.11.2011, ART. 10, C. 4 – DELIBERA DI GIUNTA REGIONALE N. 53/27-1-2014, Criteri, modalità e indicazioni tecnico operative per la redazione della verifica di compatibilità idraulica degli strumenti di pianificazione territoriale e per l'invarianza idraulica delle trasformazioni territoriali*).

Il principio dell'invarianza idraulica stabilisce che la portata di colmo di piena risultante dal drenaggio di un'area urbana debba essere costante prima e dopo la trasformazione dell'uso del suolo dell'area.

Nel caso specifico, se all'interno dell'area oggetto di indagine saranno previsti interventi che provocheranno trasformazione delle superfici, nel rispetto della tabella 1 del paragrafo 3.4 della normativa sopracitata, dovranno essere introdotte soluzioni tecnologiche atte a garantire un drenaggio sostenibile (es. manto permeabile tipo *Drenatech*). Si fa presente che in ogni caso, laddove sussistano condizioni idrogeologicamente compatibili, vanno favoriti prioritariamente i processi di infiltrazione delle acque nel sottosuolo oggetto di trasformazione o comunque in un suo intorno significativo. In tal caso, non sarà necessaria la realizzazione di sistemi di mitigazione quali vasche, invasi, ecc… così come recita il punto a) del paragrafo 3.3 – Titolo III Invarianza idraulica nelle trasformazioni urbanistiche della L.R. 23 novembre 2011 n. 22 (art. 10, comma 4): "Le presenti disposizioni non si applicano ad attività di trasformazione non comportanti variazioni di permeabilità superficiale".

6.0 CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE SISMICA DEL SITO

L'O.P.C.M. n. 3519 del 28.04.2006, *Criteri generali per l'individuazione delle Zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone* e il D.M. 17.01.2018, *Aggiornamento delle "Norme Tecniche per le Costruzioni"*, pongono l'attenzione del progettista sulla determinazione delle azioni sismiche di progetto, in base alle quali valutare il rispetto dei diversi stati limite considerati, a partire dalla "pericolosità sismica di base" del sito di costruzione.

6.1 SISMICITÀ STORICA

È stata compiuta una ricerca degli eventi sismici più rilevanti dal DataBase Macrosismico Italiano 2015 v3.0 utilizzato per la composizione del Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani (CPTI15 v4.0), disponibile per un lasso di tempo che va dall'anno 1000 fino al 2020 e che fornisce un set omogeneo di intensità da diverse fonti relativo a terremoti con intensità massima $\geq$5 (Figura 39).

Effects — Reported earthquakes

Int.	Year	Mo	Da	Ho	Mi	Se	Epicentral area	NMDP	Io	Mw
8	1799	07	28	22	05		Appennino marchigiano	70	9	6.18
4-5	1889	11	28	19	10		Monti Sibillini	10	4-5	4.19
4	1889	12	08				Gargano	122	7	5.47
4	1891	06	07	01	06	1	Valle d'Illasi	403	8-9	5.87
F	1893	08	02	00	59		Valnerina	84	5-6	4.55
NF	1895	05	18	19	55	1	Fiorentino	401	8	5.50
2-3	1895	05	20	15	32	5	Valle Umbra	27	5-6	4.49
2-3	1895	08	09	17	38	2	Adriatico centrale	103	6	5.11
2-3	1895	08	25	00	17	1	Bellano	13	5	4.25
6	1897	09	21				Marche settentrionali	44	7	5.40
F	1897	10	28	10	40		Fermano	25	4-5	4.16
3-4	1897	12	18	07	24	2	Alta Valtiberina	132	7	5.09
4	1898	06	27	23	38		Reatino	186	8	5.50
4	1898	08	25	16	37	4	Valnerina	67	7	5.03
5	1898	11	27	01			San Ginesio	35	5-6	4.38
3	1899	04	21	00	57	5	Narni	45	4	3.96
3-4	1899	06	22	13	20		Corridonia	30	5	4.08
4-5	1903	11	02	21	52		Valnerina	33	6	4.81
3	1904	06	20	01	24		Assisi	24	5	4.10
5	1904	09	02	11	21		Maceratese	59	5-6	4.63
2-3	1904	11	17	05	02		Pistoiese	204	7	5.10
4	1905	11	30	22			Caldarola	9	4	3.70
3	1905	12	09	21	41		Valle Umbra	42	5	4.24
3	1906	02	05	16	36		Valnerina	55	5	4.41
3-4	1907	01	23	00	25		Adriatico centrale	93	5	4.75
5	1908	03	17	03	59		Marche meridionali	54	5-6	4.61
3	1909	01	13	00	45		Emilia Romagna orientale	867	6-7	5.36
3	1910	06	29	13	52		Valnerina	58	7	4.93
3	1910	12	22	12	34		Monti della Laga	19	5	4.30
4	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
7	1921	08	28	10	45		Monti Sibillini	12	7	4.66
6-7	1922	06	08	07	47		Valle del Chienti	47	6	4.73
2-3	1930	11	09	01	33		Monti Sibillini	17	5	4.31
4	1933	09	26	03	33	2	Maiella	325	9	5.90
7-8	1936	12	09	07	34		Caldarola	31	6-7	4.76
5-6	1943	10	03	08	28	2	Ascolano	170	8	5.67
6-7	1951	09	01				Monti Sibillini	80	7	5.25
4-5	1960	02	24	01	51		Appennino umbro-marchigiano	25	5	4.32
5-6	1962	10	05	23	00	4	Appennino maceratese	16	5-6	4.35
3	1971	04	02	01	43	5	Valnerina	68	6	4.50
5	1972	11	26	16	03		Marche meridionali	73	8	5.48
6	1979	09	19	21	35	3	Valnerina	694	8-9	5.83
5	1980	02	28	21	04	4	Valnerina	146	6	4.97
5-6	1980	05	24	20	16	0	Monti Sibillini	58	5-6	4.48
4-5	1984	04	29	05	02	5	Umbria settentrionale	709	7	5.62
3	1986	10	13	05	10	0	Monti Sibillini	322	5-6	4.46
3	1989	09	11	02	46	2	Marche meridionali	60	5	4.04
2-3	1989	12	22	06	48	1	Valle Umbra	114	5	4.44
3-4	1993	06	04	21	36	5	Valle del Topino	90	5-6	4.39
3-4	1993	06	05	19	16	1	Valle del Topino	326	6	4.72
4-5	1995	12	30	15	22	0	Fermano	106	5	4.19
4	1996	01	01	12	21	4	Maceratese	91	5-6	4.20
4	1996	01	22	18	37	4	Fermano	76	5	3.96
3	1997	09	03	22	07	2	Appennino umbro-marchigiano	62	6	4.54
4	1997	09	07	23	28	0	Appennino umbro-marchigiano	57	5-6	4.19
3	1997	09	09	16	54	4	Appennino umbro-marchigiano	39	5-6	3.78
3	1997	09	10	06	46	5	Appennino umbro-marchigiano	47	5	3.85
6-7	1997	09	26	00	33	1	Appennino umbro-marchigiano	760	7-8	5.66
6	1997	09	26	09	40	2	Appennino umbro-marchigiano	869	8-9	5.97
5-6	1997	10	03	08	55	2	Appennino umbro-marchigiano	490		5.22
5	1997	10	06	23	24	5	Appennino umbro-marchigiano	437		5.47

Effects — Reported earthquakes

Int.	Year	Mo	Da	Ho	Mi	Se	Epicentral area	NMDP	Io	Mw
5	1997	10	14	15	23	1	Valnerina	786		5.62
4	1997	10	23	08	58	4	Appennino umbro-marchigiano	56		3.86
4-5	1997	11	09	19	07	5	Valnerina	180		4.87
4	1998	02	07	00	59	4	Appennino umbro-marchigiano	62		4.41
5	1998	03	21	16	45	0	Appennino umbro-marchigiano	141		5.00
5-6	1998	03	26	16	26	1	Appennino umbro-marchigiano	409		5.26
5	1998	04	05	15	52	2	Appennino umbro-marchigiano	395		4.78
4	1998	06	02	23	11	2	Appennino umbro-marchigiano	83		4.25
4	1999	11	29	03	20	3	Monti della Laga	62	5-6	4.15
4	2000	09	02	05	17	0	Appennino umbro-marchigiano	115	5	4.40
4-5	2000	10	24	07	52	2	Monti Sibillini	65	5	4.11
3	2003	05	25	17	15	1	Ascolano	88	4-5	3.81
3	2004	12	09	02	44	2	Teramano	213	5	4.09
4	2005	04	12	00	31	5	Maceratese	131	4	3.74
3	2005	12	15	13	28	3	Val Nerina	350	5	4.14
3-4	2006	04	10	19	03	3	Maceratese	211	5	4.06
4	2006	10	21	07	04	1	Anconetano	287	5	4.21
7-8	2016	10	30	06	40	1	Valnerina	379		6.61
F	2017	01	18	10	14	0	Aquilano	280		5.70

Caldarola

PlaceID	IT_51576
Coordinates (lat, lon)	43.137, 13.226
Municipality (ISTAT 2015)	Caldarola
Province	Macerata
Region	Marche
No. of reported earthquakes	81

Figura 39 - DBMI15 (v4.0), risultato dell'interrogazione per località (https://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15/query_place/).

L'interrogazione ha fornito l'estrazione di 81 risultati.

Gli eventi più significativi in termini di danni sono stati comunque i seguenti accadimenti:

Data	*Area epicentrale*	*Mw*	*Intensità nella località*
28/07/1799	Appennino marchigiano	6,18	VIII
09/12/1936	Caldarola	4,76	VII-VIII
30/10/2016	Valnerina	6,61	VII-VIII
28/08/1921	Monti Sibillini	4,66	VII
08/06/1922	Valle del Chienti	4,73	VI-VII
01/09/1951	Monti Sibillini	5,25	VI-VII
26/09/1997	Appennino umbro-marchigiano	5,66	VI-VII

Inoltre, sulla base di osservazioni effettuate su versioni obsolete di cataloghi precedenti (CPTI99, CPTI04, CPTI11, DBMI04, DBMI11), sicuramente vanno presi in esame anche i seguenti accadimenti:

Data	*Area epicentrale*	*Mw*
30/04/1279	Appennino umbro-marchigiano	6,20
01/12/1328	Valnerina	6,49
12/05/1730	Valnerina	6,04
24/04/1741	Fabrianese	6,17
17/04/1747	Appennino umbro-marchigiano	6,05
12/03/1873	Appennino marchigiano	5,85
19/09/1979	Valnerina	5,83

Infine, sono state analizzate due fonti di dati sismologici di lungo periodo, lo *European Archive of Historical EArthquake Data (AHEAD)* e lo *SHARE European Earthquake Catalogue (SHEEC)* da cui emerge come significativo per l'area oggetto di studio, l'evento occorso nel 1703, il cui impatto sul territorio fu sensibilmente più grave rispetto a quanto è emerso a seguito della fase sismica del 2016/17, in quanto accompagnato da una successiva scossa avente epicentro nell'aquilano (Mw 6,67 del 02/02/1703):

Data	*Area epicentrale*	*Mw*
14/01/1703	Valnerina	6,92

6.2 SISMICITÀ RECENTE

È stata compiuta una ricerca degli eventi sismici recenti più rilevanti attraverso l'Italian Seismological Instrumental and Parametric Data-basE (I.S.I.D.E. – Figura 40), servizio di sorveglianza sismica nazionale dell'INGV.

L'interrogazione, effettuata per un periodo di cinque anni, compreso tra Agosto 2016 e la data della stesura del presente paragrafo (Marzo 2022) e che ha riguardato un raggio di 30 km dal Comune di Caldarola e una magnitudo M_w compresa tra 2,0 e 10,0, ha fornito 5.202 risultati che rappresentano l'intensa sequenza sismica (sequenza sismica Amatrice-Norcia-Visso) seguente alle violente scosse di Amatrice, Accumuli e Norcia del 24/08/2016 (M_w 6,0 e 5,3), di Castelsantangelo sul Nera e Visso del

26/10/2016 (M_w 5,4 e 5,9), ancora Norcia del 30/10/2016 (M_w 6,5) e Montereale, Capitignano del 18/01/2017 (M_w 5,1, 5,5, 5,4 e 5,0) con ipocentri tra gli 8 e 11 km.

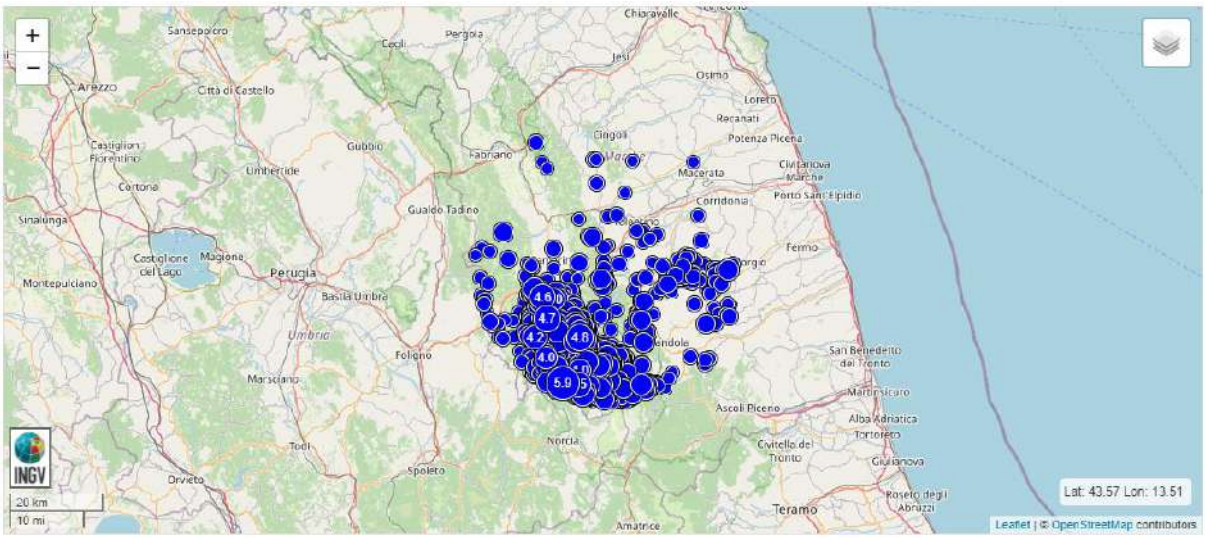


Figura 40 - Localizzazione degli ultimi eventi sismici significativi registrati (ISIDE - http://cnt.rm.ingv.it/iside).

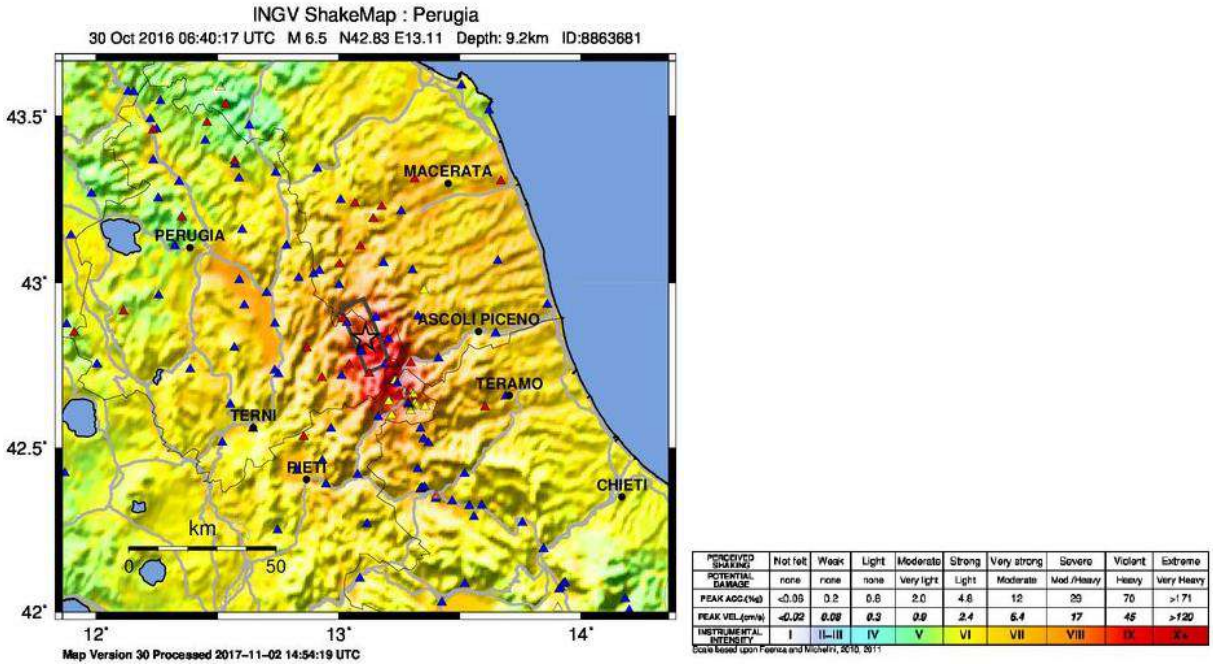


Figura 41 - Elaborazione ShakeMap del sisma occorso il 30/10/2016, per la stima dei parametri di scuotimento del suolo sulla base dei dati registrati dai sismometri e degli accelerometri e delle successive interpolazioni basate sulle conoscenze sismologiche (http://cnt.rm.ingv.it/event/8863681).

6.3 CONDIZIONE SISMICA LOCALE

6.3.1 ACCELERAZIONE E ZONAZIONE SISMICA

Per la determinazione delle azioni sismiche, l'elemento di conoscenza primario è costituito dalla pericolosità sismica. I criteri per l'aggiornamento della mappa di pericolosità sismica sono stati definiti dall'O.P.C.M. n. 3519/2006 che ha suddiviso l'intero territorio nazionale (*local hazard*) in quattro zone sismiche sulla base del valore di accelerazione orizzontale massima attesa a_g (*reference peak ground acceleration*) in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (di categoria A) e che ha una probabilità del 10% di essere superata in 50 anni.

Viene poi mostrata la disaggregazione della pericolosità sismica, operazione che permette di valutare i contributi delle diverse sorgenti sismiche alla pericolosità di un sito; la forma proposta è quella bidimensionale in magnitudo e distanza (M-R) che consente di definire il contributo delle sorgenti sismogenetiche poste a distanza R e capaci di generare terremoti di magnitudo M. In altre parole, la disaggregazione dei valori di a_g dei terremoti occorsi in magnitudo-distanza fornisce statisticamente il terremoto che domina lo scenario di pericolosità (terremoto di scenario) inteso come l'evento di magnitudo M a distanza R dal sito oggetto di studio che contribuisce maggiormente alla pericolosità sismica del sito oggetto di intervento (scuotimento stimato in termini probabilistici).

Tabella 2 – Suddivisione delle zone sismiche in relazione all'accelerazione di picco su suolo rigido (OPCM 3519/06).

Zona sismica	*Fenomeni riscontrati*	*Accelerazione con probabilità di superamento del 10% in 50 anni*
1	Zona con pericolosità sismica alta. Indica la zona più pericolosa, dove possono verificarsi forti terremoti	ag≥0,25g
2	Zona con pericolosità sismica media, dove possono verificarsi terremoti abbastanza forti	0,15≤ag<0,25g
3	Zona con pericolosità sismica bassa, che può essere soggetta a scuotimenti modesti	0,05≤ag<0,15g
4	Zona con pericolosità sismica molto bassa. È la zona meno pericolosa, dove le possibilità di danni sismici sono basse	ag<0,05g

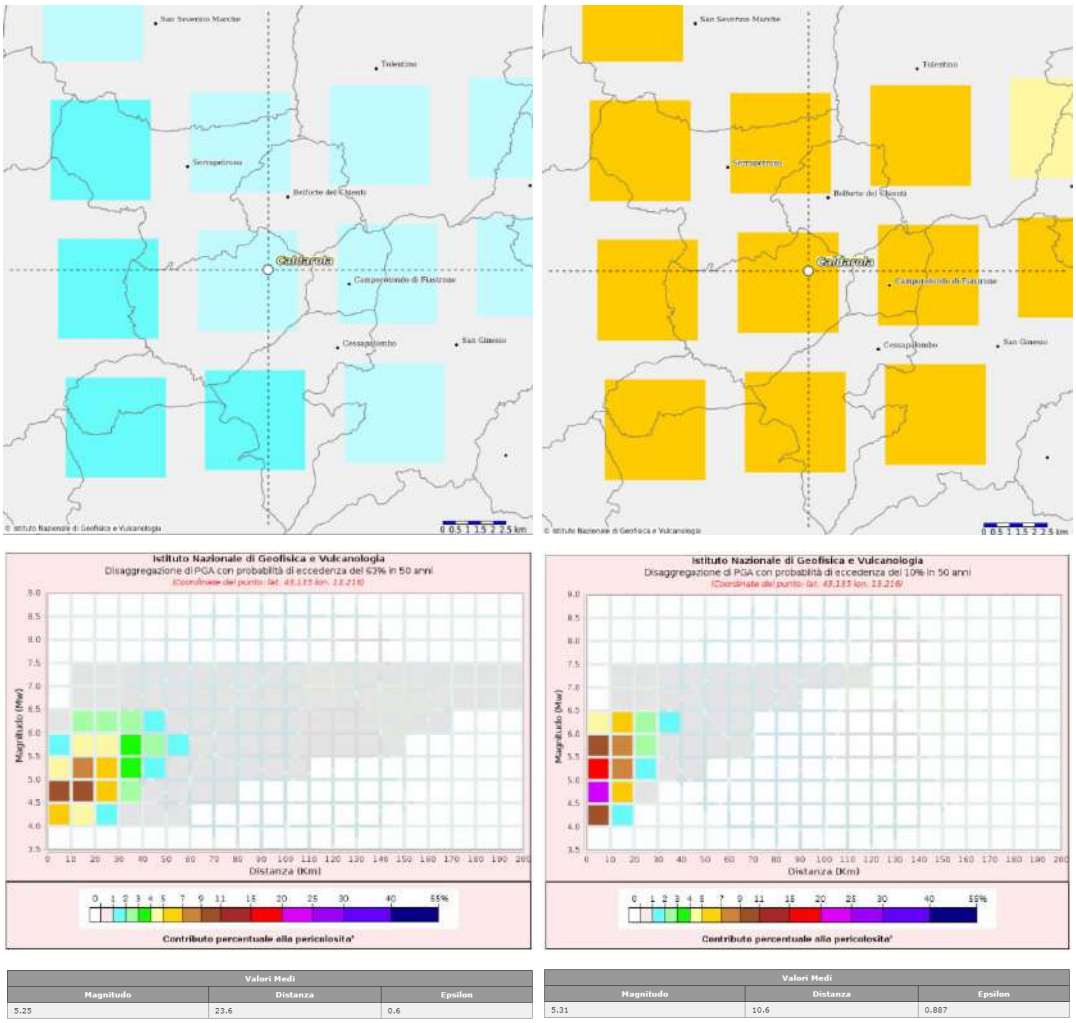


Figura 42 - Mappe interattive di pericolosità sismica allo SLD e SLV e grafico di disaggregazione del valore di ag con probabilità di eccedenza del 63% e del 10% in 50 anni.

Dal grafico si può osservare immediatamente come per tempi di ritorno uguali a 475 anni, il sito in esame sia caratterizzato da terremoti modesti (Mw 5,310 – terremoto di scenario) originati da sorgenti sismiche anche piuttosto vicine (R ~ 10 km). Tuttavia, sono possibili sismi molto forti aventi magnitudo Mw di circa 6,5 da sorgenti ubicate fino a 40 km dal sito oggetto di intervento.

6.3.2 ZONAZIONE SISMOGENETICA E VALUTAZIONE DELLA MAGNITUDO

Il database DISS è stato concepito negli anni '90 da un gruppo di scienziati dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia: è stato poi notevolmente migliorato attraverso rilasci successivi. Diversi autori, tra cui Bommer, definisce il DISS come il database più avanzato per le sorgenti sismogenetiche sviluppate in un contesto sismotettonico europeo.

Inoltre, rappresenta uno strumento indispensabile per lo sviluppo di futuri modelli di pericolosità sismica (Scotti, 2010).

Dopo la prima versione del DISS, rilasciata nel luglio del 2000, sono succedute altre versioni, fino a giungere all'attuale 3.3.0, rilasciata nel 2021 (Figura 43), consultabile anche su software gratuito Google Earth, che facilita la ricerca ai propri utenti ed espande le proprie capacità di diffusione dei dati.

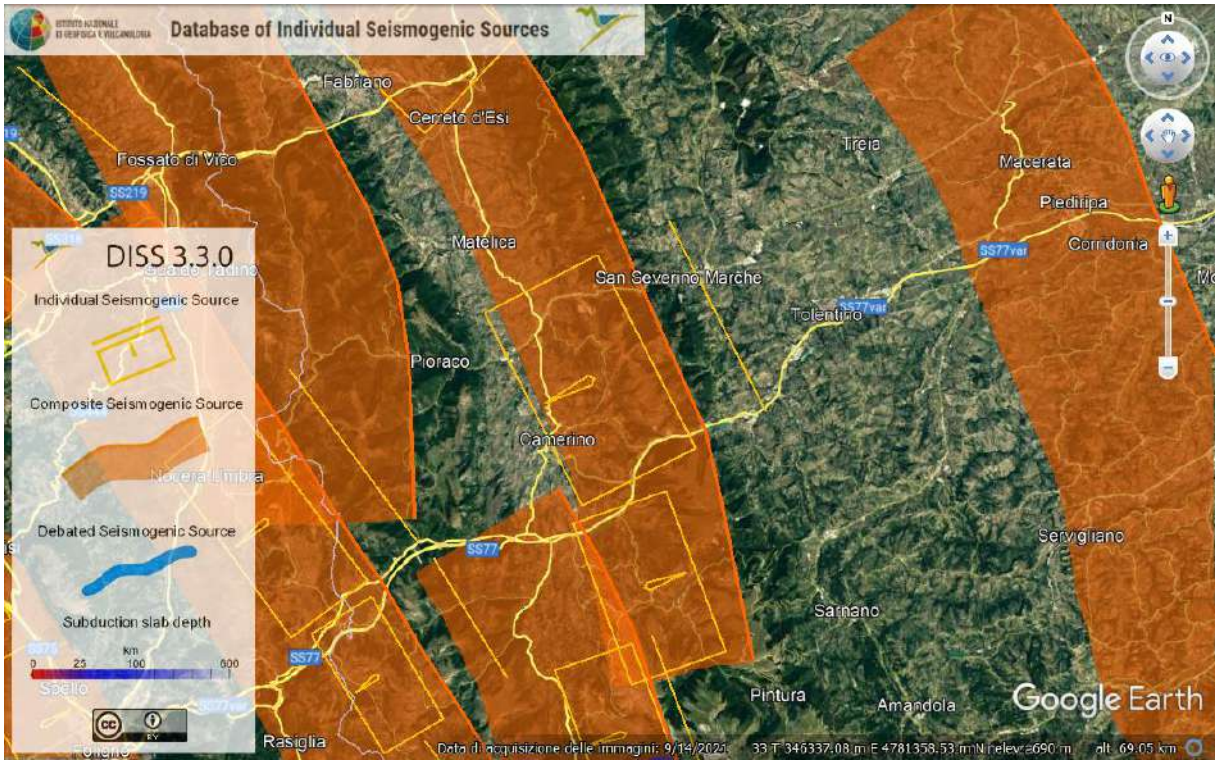


Figura 43 - Database delle strutture sismogeniche (DISS vers. 3.3.0).

Si può osservare che il territorio del Comune di Caldarola è prossimo ad una fascia simogenetica composita avente andamento NNW-SSE e indicata come ITCS136 "Urbino-Camerino", localizzata tra 2,8 e 9,2 km di profondità e rappresentata dalla proiezione di un thrust che emerge verso est lungo la costa adriatica, come ben individuato dal CROP03 (Barchi et al., 1998). Viene associata una magnitudo massima Mw max di 6,9 (terremoto di progetto) valutata usando la relazione di Wells & Coppersmith (1994).

All'interno di questa ampia fascia sono presenti singole sorgenti sismogenetiche, che da Nord a Sud sono: Cagli (ITIS047), Fabriano (ITIS048), Camerino (ITIS049) e Sarnano (ITIS055).

Attualmente la regione interna marchigiana che ricade in tale fascia è caratterizzata da una bassa attività sismica: tuttavia terremoti estremamente dannosi hanno colpito questa zona negli ultimi 3 secoli, con epicentri allineati lungo una stretta striscia: Fabriano (1741, Mw 6,2), Cagli (1781, Mw 6,2), Camerino (1799, Mw 5,8) e Appennino marchigiano/Sarnano (1873, Mw 6,0).

6.3.3 STUDI DI MICROZONAZIONE SISMICA ESISTENTI

Viene definita la Microzonazione Sismica (MS) come la "valutazione della pericolosità sismica locale attraverso l'individuazione di zone del territorio caratterizzate da comportamento sismico omogeneo. In

sostanza, la MS individua e caratterizza le zone stabili, le zone stabili suscettibili di amplificazione locale del moto sismico e le zone suscettibili di instabilità (ora Zone di attenzione per instabilità, N.d.R.)".

Per quanto riguarda il Comune di Caldarola, uno studio riguardante indagini di Microzonazione Sismica di Livello 1 è stato condotto a seguito dell'emanazione dell'O.C.D.P.C. 293/2015 "*Individuazione dei territori della Regione Marche dove attuare il programma degli studi e indagini di microzonazione sismica e analisi CLE - V annualità*". Tale studio di Livello 1 è stato svolto seguendo gli "Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica" del 2008.

Successivamente, a seguito dei forti eventi sismici che hanno caratterizzato il Centro Italia a partire dal 24/08/2016, è stato emanato il D.L. n. 8 del 9 febbraio 2017, Nuovi interventi urgenti in favore delle popolazioni colpite dagli eventi sismici del 2016 e del 2017, convertito con modificazioni dalla Legge n. 45 del 7 aprile 2017 mentre il 12 maggio 2017, è stata emanata l'Ordinanza n. 24 da parte del Commissario del Governo per la ricostruzione, "*Assegnazione dei finanziamenti per gli studi di microzonazione sismica di III livello ai Comuni interessati dagli eventi sismici verificatisi a far data dal 24 agosto 2016*", in cui, all'Appendice 2 – Elenco dei Comuni interessati dagli studi di MS e raggruppamenti territoriali, risulta essere presente anche il Comune di Caldarola. Lo scopo di tale livello 3 è quello di associare valori dei fattori di amplificazione FA e spettri medi di risposta alle zone stabili soggette ad amplificazione, già definite nel precedente livello 1, successivamente aggiornate durante gli studi per il livello 3. Il livello 1 può essere applicato alla sola pianificazione del territorio, mentre il livello 3 si applica alla pianificazione del territorio e può fornire elementi di supporto alle valutazioni che il progettista responsabile degli interventi sui manufatti deve comunque fare sotto la sua esclusiva responsabilità, anche indipendentemente dai risultati della Microzonazione di livello 3. Vengono inoltre definite 3 classi di intervallo dei periodi di vibrazione di interesse in relazione al numero dei piani in elevazione degli edifici presenti, o di futura edificazione, nell'area studiata (con caratteristiche omogenee): 0,1 – 0,5 s, 0,4 – 0,8 s e 0,7 – 1,1 s. Tali risultati vengono riportati nell'elaborato G05 – Carta delle zone a maggiori pericolosità sismiche locali.

Infine, in ottemperanza alle disposizioni contenute nell'Ordinanza n. 79 del 23 maggio 2019 "*Assegnazione dei finanziamenti per gli approfondimenti conoscitivi e studi prototipali in zone di attenzione per cavità e instabilità di versante, sismoindotte o in conseguenza di dissesti idrogeologici, individuate con gli studi di microzonazione sismica condotti ai sensi dell'Ordinanza n. 24 del 12 maggio 2017*" è stato effettuato un aggiornamento dello studio di Microzonazione Sismica del Comune di Caldarola (studio di approfondimento delle instabilità di versante del Capoluogo/Castello Pallotta, località Colle e località Valle di Valcimarra.

Da tale studio è emerso che: "*il professionista incaricato afferma che, sulla base del modello geologico e geotecnico ricostruito tramite rilievi di sito ed indagini, non sussistono condizioni di criticità e, pertanto, non ha condotto analisi di stabilità preliminari. Il centroMS, nel rispetto della responsabilità in capo al professionista, non*

ha pertanto potuto condurre analisi più approfondite. È tuttavia importante segnalare che il centroMS, anche grazie ai sopralluoghi effettuati in sito nella prima fase del lavoro, condivide sostanzialmente le affermazioni del professionista in quanto non si rilevano evidenze di campo che mettano in luce la presenza di dissesti in atto (attivi o quiescenti) né sussistono le condizioni geometriche e geotecniche per l'insorgenza di fenomeni significativi.".

6.3.4 MISURA DI RUMORE SISMICO AMBIENTALE A STAZIONE SINGOLA – METODO HVSR

Scopo della normativa vigente in Italia (O.P.C.M. n. 3274 del 20.03.2003; D.M. 17.01.2018) e derivante dalla normativa europea (Eurocodice 8) è lo sviluppo di una classificazione dei suoli al fine di stimare lo spettro di risposta elastico per la componente orizzontale del moto. Quest'ultimo, ed in particolare la frequenza principale di risonanza del sottosuolo, costituisce il parametro fondamentale per gli ingegneri, i quali devono assolutamente evitare la doppia risonanza (impropriamente detta), vera causa delle distruzioni da terremoto.

La scelta del $V_{S,30}$ come parametro di riferimento deriva innanzitutto dall'evidenza "ovvia" che quanto più un terreno è rigido, tanto più esso offre una base solida per l'edificazione.

Infatti, poiché la rigidità μ è legata alla velocità delle onde S e alla densità ρ come:

$$\mu = \rho \times V_S^2$$

si evince che una velocità V_S bassa vicino alla superficie indica terreno poco rigido. Il secondo motivo è che particolari combinazioni di valori di V_S e relativi spessori dei sedimenti possono portare all'insorgere della doppia risonanza.

In linea di principio, visto che il suolo è assimilabile ad un corpo viscoelastico, è possibile misurarne le frequenze proprie di oscillazione in ogni punto. Queste frequenze vengono determinate dalle proprietà meccaniche e dalla morfologia attorno al punto di misura. Nella prassi ingegneristica la misura delle frequenze di risonanza avviene applicando ad un corpo una sollecitazione nota, solitamente un impulso singolo oppure una sollecitazione sinusoidale, e misurando poi la risposta del corpo in termini di spostamenti o accelerazioni. La risposta del suolo può essere studiata in questa maniera utilizzando come funzione di eccitazione le onde di un terremoto o di una sorgente artificiale. Esiste un'alternativa, allo stesso tempo efficace, assolutamente non invasiva e gratuita: l'utilizzo del rumore sismico di fondo come funzione di eccitazione.

Il rumore sismico, generato dai fenomeni atmosferici (onde oceaniche, vento) e dall'attività antropica, è presente ovunque sulla superficie terreste. Si chiama anche microtremore poiché riguarda oscillazioni molto più piccole di quelle indotte dai terremoti nel campo prossimo all'epicentro. Nelle zone in cui non è presente alcuna sorgente di rumore locale e in assenza di vento, lo spettro in frequenza del rumore di fondo, in un terreno roccioso e pianeggiante, ha l'andamento illustrato in Figura 44, dove la curva blu rappresenta il rumore di fondo "minimo" di riferimento, mentre la curva verde rappresenta il "massimo" di tale rumore, e dove i picchi a 0,14 e 0,07 Hz sono prodotti delle onde oceaniche sulle coste. Tali

componenti spettrali vengono attenuate relativamente poco anche dopo tragitti di migliaia di chilometri per effetto di guida d'onda.

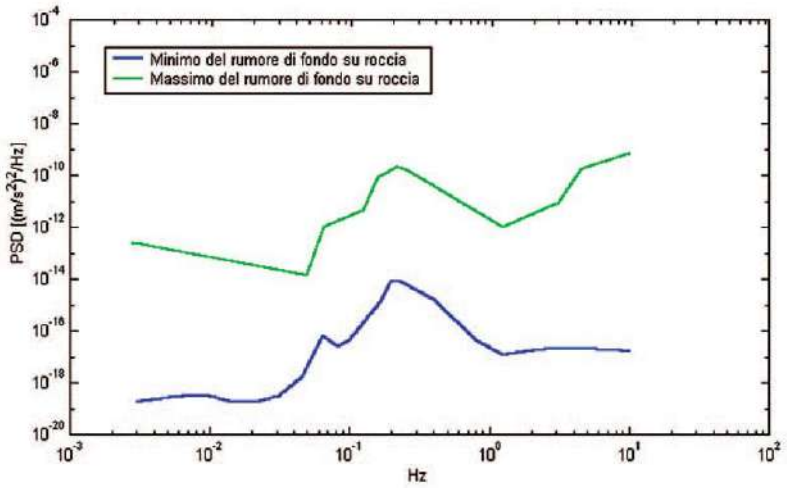


Figura 44 - Modelli standard del rumore sismico massimo (in verde) e minimo (in blu) per la Terra (secondo USGS). Gli spettri di potenza sono espressi in termini di accelerazione e sono relativi alla componente verticale del moto.

A questo rumore di fondo, che è sempre presente, si sovrappongono le sorgenti locali, antropiche (traffico, industrie ecc.) e naturali. I microtremori sono solo in parte costituiti da onde di volume, P o S. In essi giocano un ruolo fondamentale le onde superficiali, che hanno velocità prossima a quella delle onde S (vedi ad es. Lachet e Bard, 1994), il che spiega la dipendenza di tutta la formulazione dalla velocità di queste ultime.

Dai primi studi di Kanai (1957) in poi, diversi metodi sono stati proposti per estrarre l'informazione relativa al sottosuolo dal rumore sismico registrato in un sito. Tra questi, la tecnica che si è maggiormente consolidata nell'uso è quella dei rapporti spettrali tra le componenti del moto orizzontale e quella verticale (Horizontal to Vertical Spectral Ratio, HVSR o H/V), proposta da Nogoshi e Igarashi (1970). La tecnica è universalmente riconosciuta come efficace nel fornire stime affidabili della frequenza fondamentale di risonanza del sottosuolo (Field e Jacob, 1993; Lachet e Bard, 1994; Lermo e Chavez-Garcia, 1993, 1994; Bard, 1998; Ibs-von Seht e Wohlenberg, 1999; Fah et al., 2001; solo per citarne alcune).

Le basi teoriche dell'H/V sono relativamente facili da comprendere in un mezzo del tipo strato + bedrock (o strato assimilabile al bedrock) in cui i parametri sono costanti in ciascuno strato (1-D). Consideriamo il sistema di Figura 45 in cui gli strati 1 e 2 si distinguono per le diverse densità (ρ1 e ρ2) e le diverse velocità delle onde sismiche (V1 e V2). Un'onda che viaggia nel mezzo 1 viene (parzialmente) riflessa dall'interfaccia che separa i due strati. L'onda così riflessa interferisce con quelle incidenti, sommandosi e raggiungendo le ampiezze massime (condizione di risonanza) quando la lunghezza dell'onda incidente (λ) è 4 volte (o suoi multipli dispari) lo spessore H del primo strato. La frequenza fondamentale di risonanza (fr) dello strato 1 relativa alle onde S è pari a

$fr = V_{S1} / (4H)$ [1]

Questo effetto è sommabile, anche se non in modo lineare e senza una corrispondenza 1:1.

Ciò significa che la curva H/V relativa ad un sistema a più strati contiene l'informazione relativa alle frequenze di risonanza (e quindi allo spessore) di ciascuno di essi, ma non è interpretabile semplicemente applicando l'equazione [1].

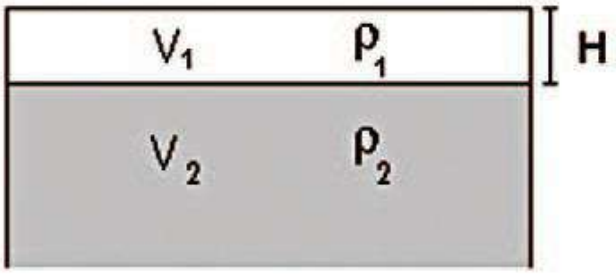


Figura 45 - Mezzo a 2 strati caratterizzati da densità ρ e velocità di propagazione delle onde sismiche V.

L'inversione richiede l'analisi delle singole componenti e del rapporto H/V, che fornisce un'importante normalizzazione del segnale per a) il contenuto in frequenza, b) la risposta strumentale e c) l'ampiezza del segnale quando le registrazioni vengono effettuate in momenti con rumore di fondo più o meno alto.

La situazione, nel caso di un suolo reale, è spesso più complessa. Innanzitutto, il modello di strato piano al disopra del bedrock si applica molto raramente. Poi, la velocità aumenta con la profondità, possono esserci eterogeneità laterali importanti ed infine la topografia può non essere piana. L'inversione delle misure di tremore a fini stratigrafici, nei casi reali, sfrutta quindi la tecnica del confronto degli spettri singoli e dei rapporti H/V misurati con quelli "sintetici", cioè con quelli calcolati relativamente al campo d'onde completo di un modello 3D. L'interpretazione è tanto più soddisfacente, e il modello tanto più vicino alla realtà, quanto più i dati misurati e quelli sintetici sono vicini (per le basi teoriche si veda ad es. Aki, 1964; Ben-Menahem e Singh, 1981; Arai e Tokimatsu, 2004).

L'applicabilità pratica della semplice formula [1] per il calcolo delle frequenze fondamentali di risonanza dei suoli è stata dimostrata in molti studi sia nell'ambito della prospezione geofisica che nell'ambito ingegneristico (per un riassunto cfr. Gallipoli et al., 2000; Castellaro et al., 2005). Dal punto di vista empirico, è noto che la frequenza di risonanza di un edificio è governata principalmente dall'altezza e può essere pertanto calcolata, in prima approssimazione, secondo la formula (cfr. es. Pratt).

freq. naturale edificio ≈ 10 Hz / numero piani [2]

È la coincidenza di risonanza tra terreno e struttura

freq. naturale edificio ≈ frequenza naturale coperture [3]

ad essere particolarmente pericolosa, perché dà luogo alla massima amplificazione. La combinazione della [1], [2] e della [3] porta alla

10 Hz / numero piani ≈ V_S / (4H) [4]

da cui si può ricavare una relazione di prima approssimazione tra il numero di piani dell'edificio e lo spessore delle coperture nel sito dell'edificio stesso che possono determinare situazioni pericolose e devono quindi essere oggetto di studi approfonditi. Se consideriamo, ad esempio, una fascia di velocità delle onde di taglio tipica dei terreni alluvionali medio-fini (200-300 m/s), possiamo riscrivere la [4] come:

10 Hz / numero piani ≈ 200-300 m/s / (4H) [5]

Uno studio italiano effettuato da Masi, *et alii* (2007) su un gran numero di edifici in c.a. mettendo in relazione le frequenze di oscillazione caratteristiche con le altezze, ha evidenziato alcune deviazioni rispetto alla [5], ottenendo la relazione illustrata in Figura 46.

L'Eurocodice fornisce comunque una relazione finalizzata alla determinazione del periodo elastico in funzione dell'altezza totale H in quanto, più di ogni altro parametro, riassume il rapporto tra la rigidezza e la massa dell'edificio:

$$T_1 = C_t H^{3/4}$$

Dove C_t è una costante che vale:

0,085 per costruzioni con struttura a telaio di acciaio o di legno;

0,075 per costruzioni con struttura a telaio di calcestruzzo armato;

0,050 per costruzioni in muratura o per qualsiasi altro tipo di struttura.

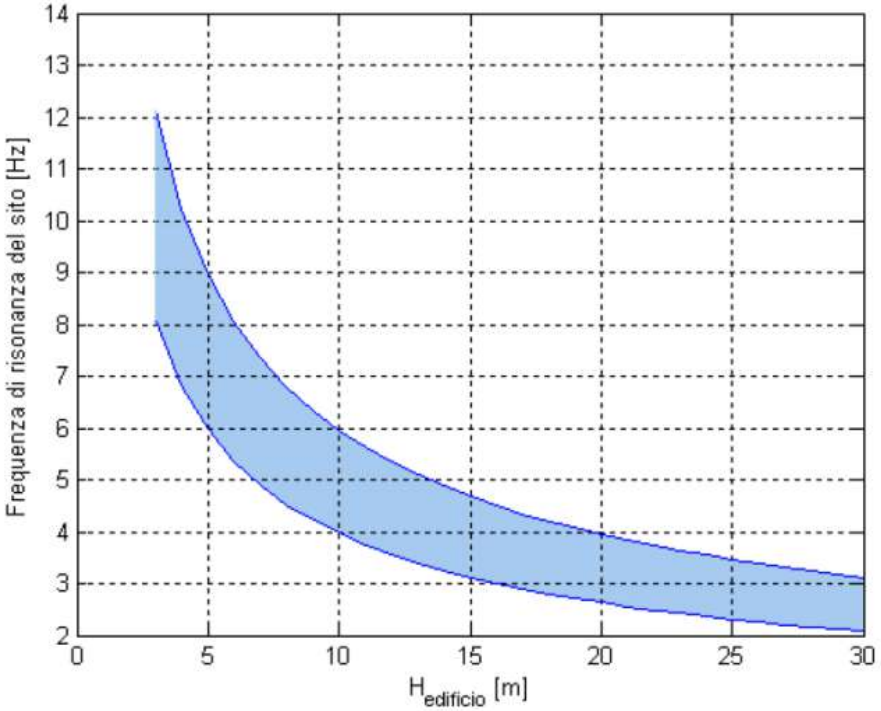


Figura 46 – Relazione tra altezza di un edificio in c.a. e la frequenza di risonanza del sito investigato: la zona in blu indica l'area più vulnerabile dal punto di vista dei fenomeni di doppia risonanza.

In allegato è presente il report completo delle misure a stazione singola effettuate secondo il metodo Horizontal to Vertical Spectral Ratio, HVSR o H/V, per la stima della frequenza fondamentale di risonanza del sottosuolo, che nel caso specifico, presentano un picco intorno alla frequenza di 1,912-1,985 Hz. Inoltre, entrambe le misure presentano dei picchi ad andamento blando a frequenze superiori a 5 Hz.

6.3.5 VITA NOMINALE, CLASSI D'USO E PERIODO DI RIFERIMENTO

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.

Tabella 3 – Valori minimi della Vita nominale V_N di progetto per diversi tipi di costruzioni (da NTC 2018).

	Tipi di costruzione	*Valori minimi di V_N (anni)*
1	Costruzioni temporanee e provvisorie	10
2	Costruzioni con livelli di prestazioni ordinarie	50
3	Costruzioni con livelli di prestazioni elevate	100

In presenza di azioni sismiche, con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso, le costruzioni sono suddivise in classi d'uso così definite:

Tabella 4 – Classi d'uso (da NTC 2018).

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 D.M. 5 novembre 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 produzioni di energia elettrica.

Le azioni sismiche su ciascuna costruzione vengono valutate in relazione ad un periodo di riferimento V_R che si ricava, per ciascun tipo di costruzione, moltiplicandone la vita nominale V_N per il coefficiente d'uso C_U:

$$V_R = V_N \cdot C_U$$

Il valore del coefficiente d'uso C_U è definito, al variare della classe d'uso come mostrato qui sotto:

Tabella 5 – Valori del coefficiente d'uso C_U (da NTC 2018).

CLASSE D'USO	I	II	III	IV
COEFFICIENTE C_U	0,7	1	1,5	2

Se $V_R \leq 35$ anni, si pone comunque $V_R = 35$ anni.

6.3.6 TIPO DI SOTTOSUOLO E CONDIZIONI TOPOGRAFICHE

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, si è fatto riferimento ad un approccio semplificato che si basa sulla classificazione del sottosuolo in funzione della velocita di propagazione delle onde di taglio, Vs.

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

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

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

Con

Hi spessore dell'i-esimo strato;

Vs,i velocità delle onde di taglio nell'i-esimo strato;

N numero di strati;

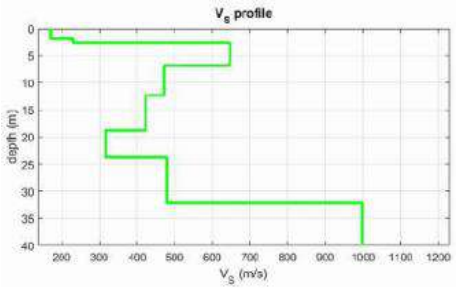
H profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzato da Vs non inferiore a 800 m/s.

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

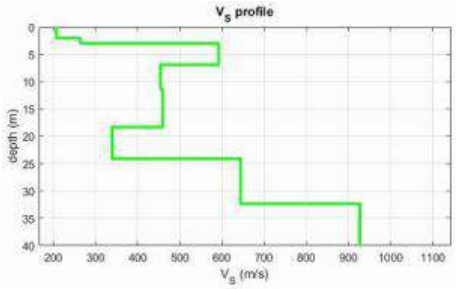
Per il caso in esame, per la determinazione della categoria di sottosuolo, sono state reperite n. 4 analisi MASW effettuate in adiacenza al sito di indagine (Figura 47) che hanno fornito i seguenti valori di Vs,30:

METODOLOGIA	$V_{S,eq} = V_{S,30}$ (m/s)
MASW1shot1	392
MASW1shot2	421
MASW2shot1	557
MASW2shot2	489



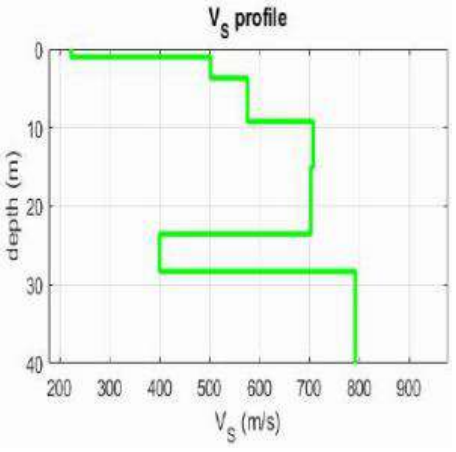
Vs model (Vs30 & VsE: 392 392 m/s)

layer	Vs (m/s)	thickness (m)	depth (m)
1	171	1.9000	1.9000
2	229	0.7000	2.6000
3	647	4.1900	6.7900
4	472	5.5000	12.2900
5	422	6.5000	18.7900
6	317	5	23.7900
7	479	8.3800	32.1700
8	998	57.9700	90.1400
9	1016	81.2700	171.4100
10	1522	0	0



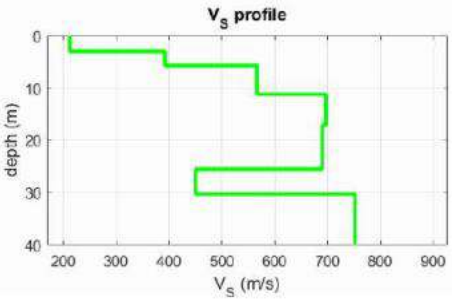
Vs model (Vs30 & VsE: 421 421 m/s)

layer	Vs (m/s)	thickness (m)	depth (m)
1	207	2	2
2	264	1	3
3	592	3.9000	6.9000
4	454	4.4200	11.3200
5	459	7	18.3200
6	339	5.7700	24.0900
7	644	8.2400	32.3300
8	927	41.4100	73.7400
9	939	78.0200	151.7600
10	1370	0	0



Vs model (Vs30 & VsE: 557 557 m/s)

layer	Vs (m/s)	thickness (m)	depth (m)
1	222	1	1
2	502	2.6900	3.6900
3	576	5.5000	9.1900
4	707	5.8300	15.0200
5	703	8.5000	23.5200
6	400	4.7700	28.2900
7	792	25.2900	53.5800
8	1209	118.0900	171.6700
9	1309	60.8600	232.5300



Vs model (Vs30 & VsE: 489 489 m/s)

layer	Vs (m/s)	thickness (m)	depth (m)
1	212	3	3
2	392	2.6900	5.6900
3	566	5.5000	11.1900
4	697	5.8300	17.0200
5	690	8.5000	25.5200
6	450	4.7700	30.2900
7	752	20.2900	50.5800
8	1059	118.0900	168.6700
9	1489	85.8600	254.5300
10	1604	0	0

Figura 47 – Profili sismostratigrafici in onde S relativi a n. 4 indagini MASW reperite (dall'alto in basso: MASW1-SHOT1, MASW1-SHOT2, MASW2-SHOT1, MASW2-SHOT2).

Tabella 6 - categorie di sottosuolo che permettono l''utilizzo dell''approccio semplificato (da NTC 2018).

Categoria	
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 con spessore massimo pari a 3 m.
B	*Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o di 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 di 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.

Per qualsiasi condizione di sottosuolo non classificabile nelle categorie precedenti, è necessario predisporre specifiche analisi di risposta sismica locale per la definizione delle azioni sismiche.

Per condizioni topografiche complesse è necessario predisporre specifiche analisi di risposta sismica locale. Per configurazioni superficiali semplici si può adottare la seguente classificazione:

Tabella 7 – Categorie topografiche (da NTC 2018).

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media i ≤ 15°
T2	Pendii con inclinazione media i > 15°
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media 15°≤ i ≤ 30°
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media i > 30°

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

6.3.7 VALUTAZIONE DELL'AZIONE SISMICA E SPETTRI DI RISPOSTA

La rappresentazione principale dell'azione sismica in un assegnato punto della superficie libera è lo spettro di risposta elastico (*elastic response spectrum*).

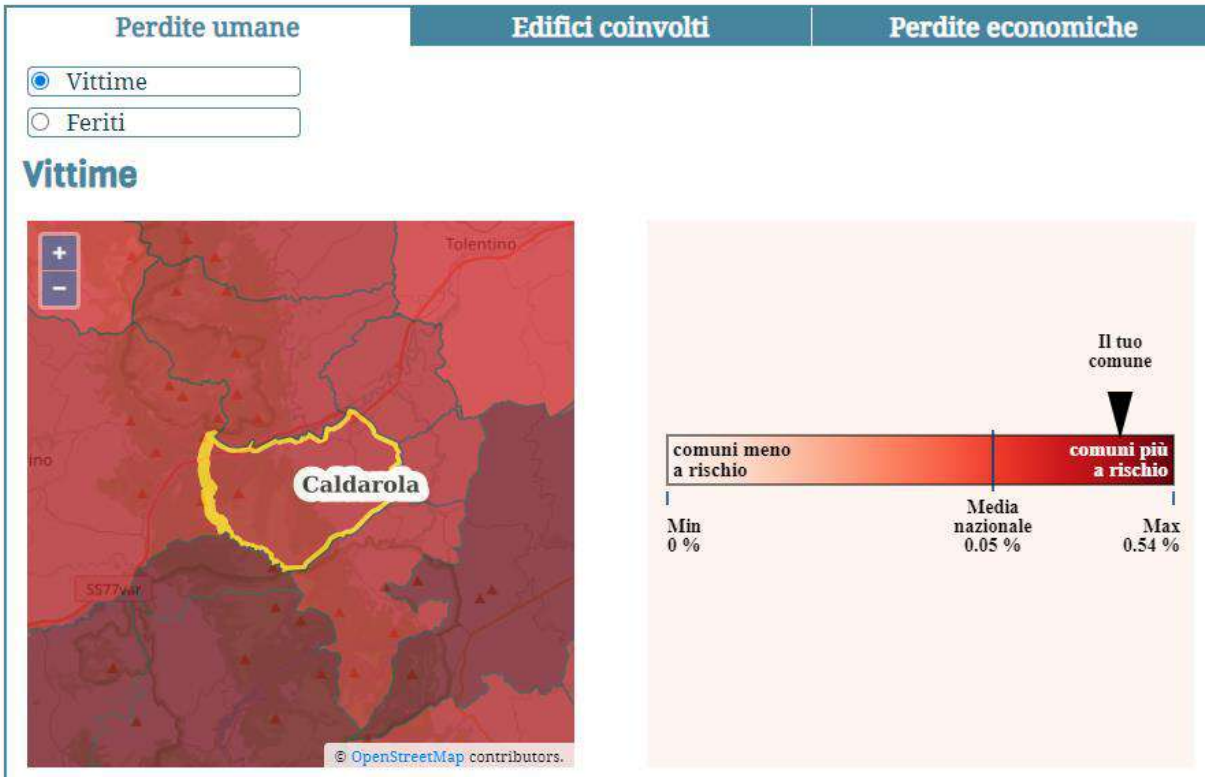
Vengono allegati nel testo, i valori di progetto dei parametri sismici (ag, F0, Tc*) per gli stati limite SLO, SLD, SLV, SLC tipici del luogo in esame e i coefficienti sismici kh e kv orizzontali e verticali per le fondazioni. Attraverso tali valori è possibile generare degli spettri di risposta elastici delle componenti orizzontali e verticali di Esercizio (SLE) e agli Stati Limite Ultimi (SLU). In particolare, il rispetto dei vari stati limite si considera conseguito nella verifica dei soli Stati Limite di Danno (SLD) e Stati Limite di salvaguardia della Vita (SLV).

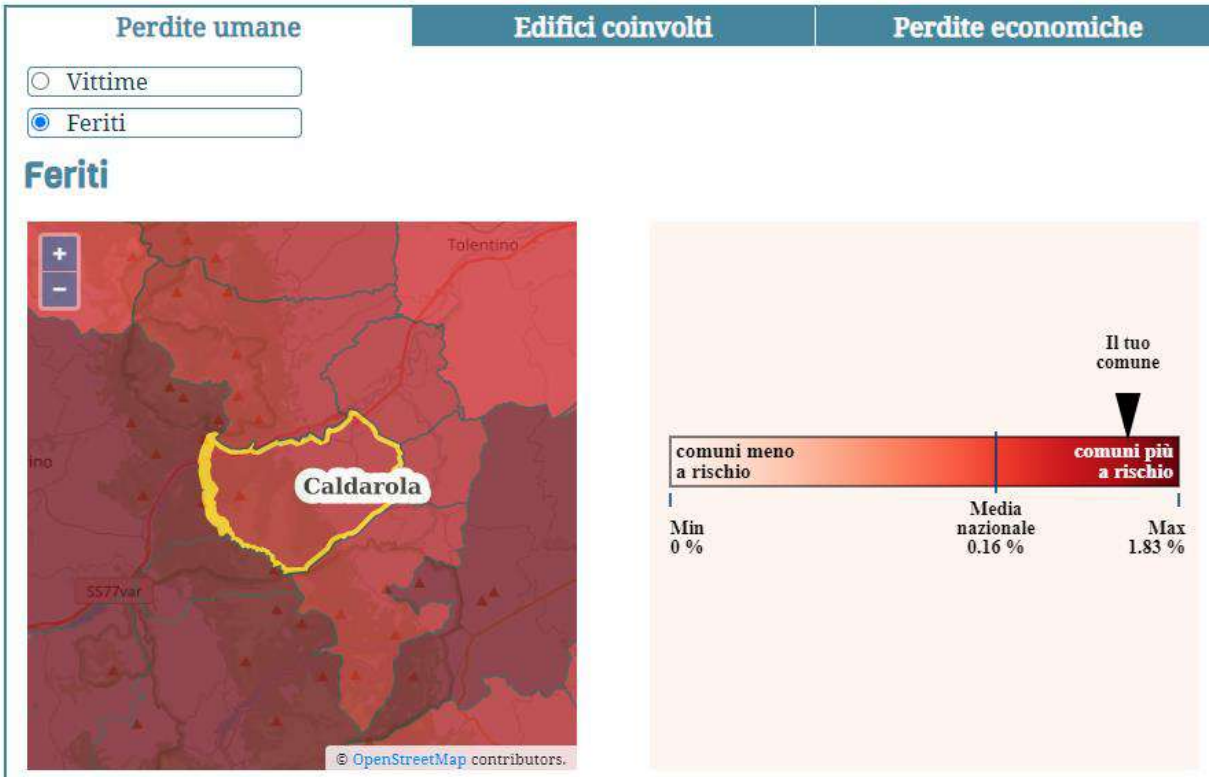
6.4 VALUTAZIONE DEL RISCHIO SISMICO DEL TERRITORIO

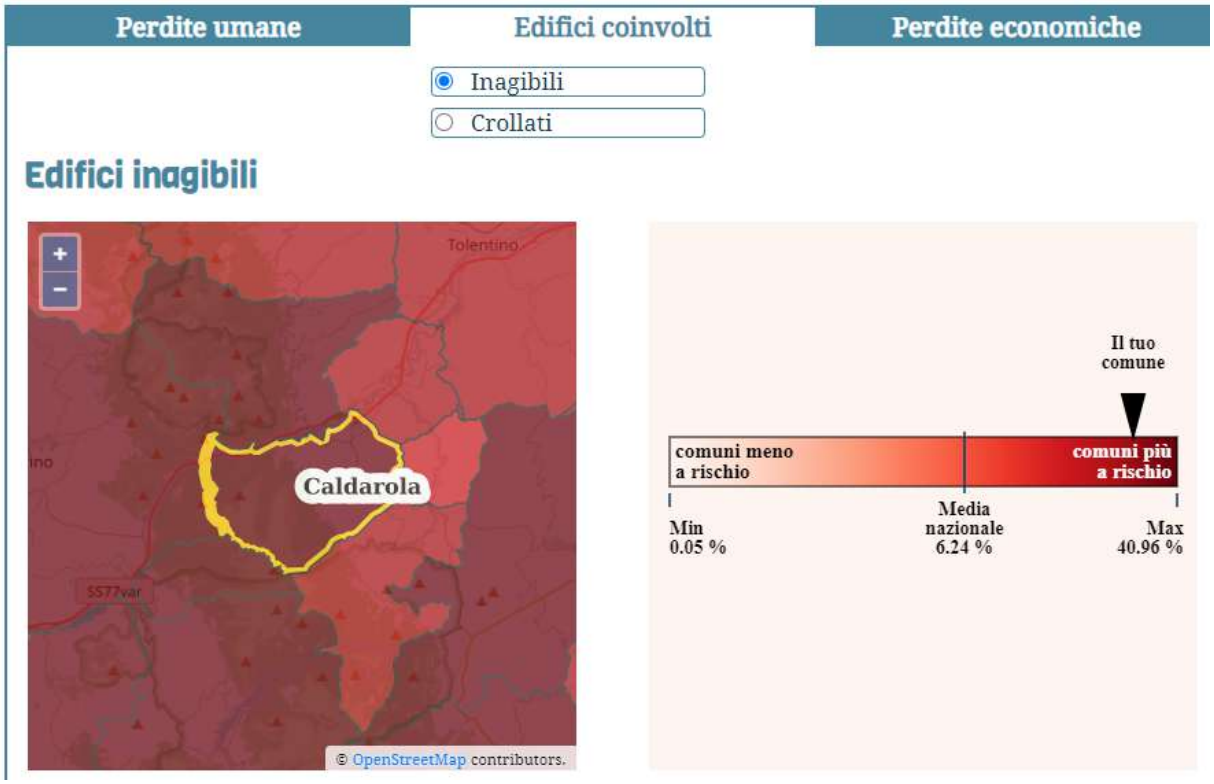
Da un'analisi della Tav. EN_07b del P.T.C. della Provincia di Macerata (Figura 44), risulta che il Comune di Caldarola, caratterizzato da una popolazione residente pari a 1.681 (ISTAT all'01/01/2021), possieda un grado di sismicità pari a 9 e un indice di sismicità pari a 0,4673: essendo quest'ultimo superiore alla media nazionale (0,0455), il sito oggetto di intervento viene fatto ricadere nella categoria "Comuni ad elevato rischio sismico".

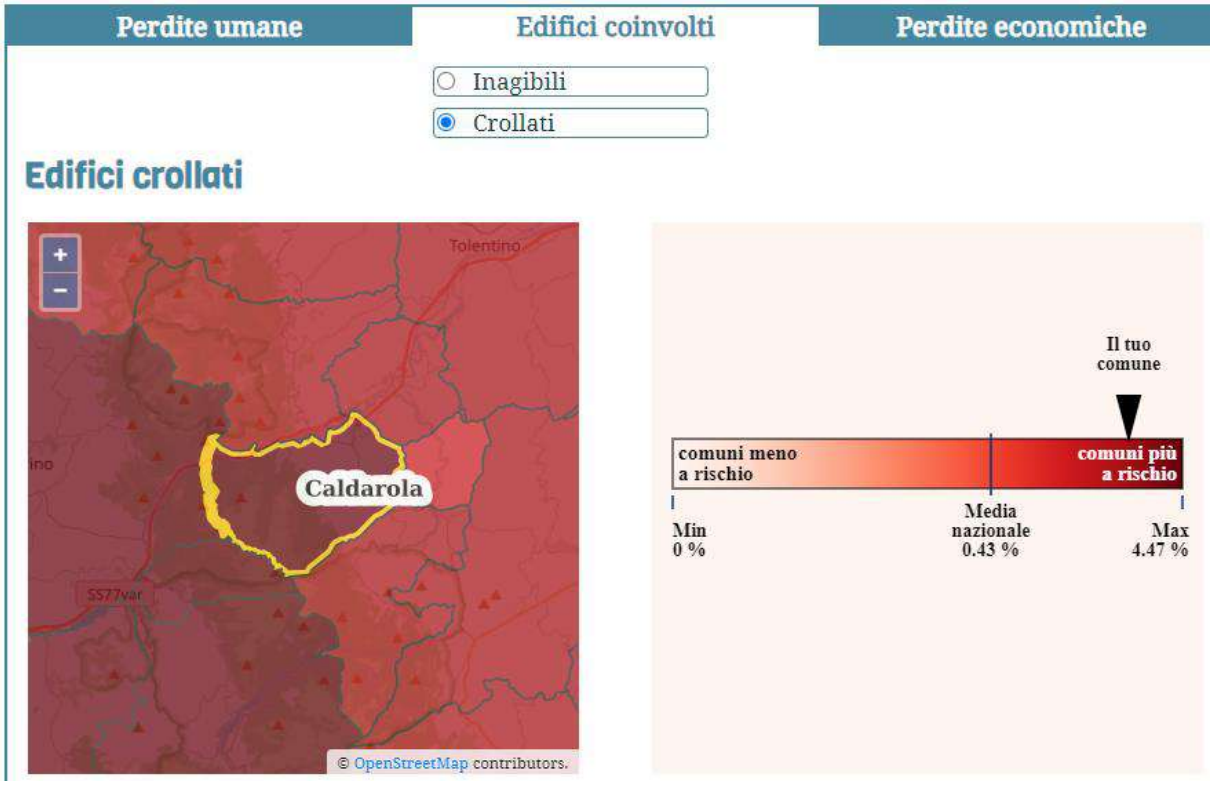
Figura 48 – Intensità massime osservate nei comuni nella Provincia di Macerata (PTC Tav. EN_07b).

Inoltre, attraverso il nuovo portale SICURO⁺, disponibile al link *sicuropiu.it/index.html,* viene fornito il rischio sismico di ogni comune, ossia una valutazione delle possibili conseguenze negative sugli edifici (inagibilità, crollo, perdite economiche) e sulla popolazione residente (vittime, feriti) dovute a terremoti che possono accadere in futuro. Di seguito vengono mostrati i risultati per quanto riguarda il Comune di Caldarola, relativamente a perdite umane (vittime e feriti), edifici coinvolti (inagibili e crollati) e perdite economiche.


Perdite umane
Edifici coinvolti
Perdite economiche
Vittime
Feriti
Vittime
Tolentino
Caldarola
© OpenStreetMap contributors.
Il tuo comune
comuni meno a rischio
comuni più a rischio
Min 0 %
Media nazionale 0.05 %
Max 0.54 %


Perdite umane
Edifici coinvolti
Perdite economiche
Vittime
Feriti
Feriti
Tolentino
Caldarola
© OpenStreetMap contributors.
Il tuo comune
comuni meno a rischio
comuni più a rischio
Min 0 %
Media nazionale 0.16 %
Max 1.83 %


Perdite umane
Edifici coinvolti
Perdite economiche
Inagibili
Crollati
Edifici inagibili
Tolentino
Caldarola
SS77var
© OpenStreetMap contributors.
Il tuo comune
comuni meno a rischio
comuni più a rischio
Min 0.05 %
Media nazionale 6.24 %
Max 40.96 %


Perdite umane
Edifici coinvolti
Perdite economiche
Inagibili
Crollati
Edifici crollati
Tolentino
Caldarola
SS77var
© OpenStreetMap contributors.
Il tuo comune
comuni meno a rischio
comuni più a rischio
Min 0 %
Media nazionale 0.43 %
Max 4.47 %

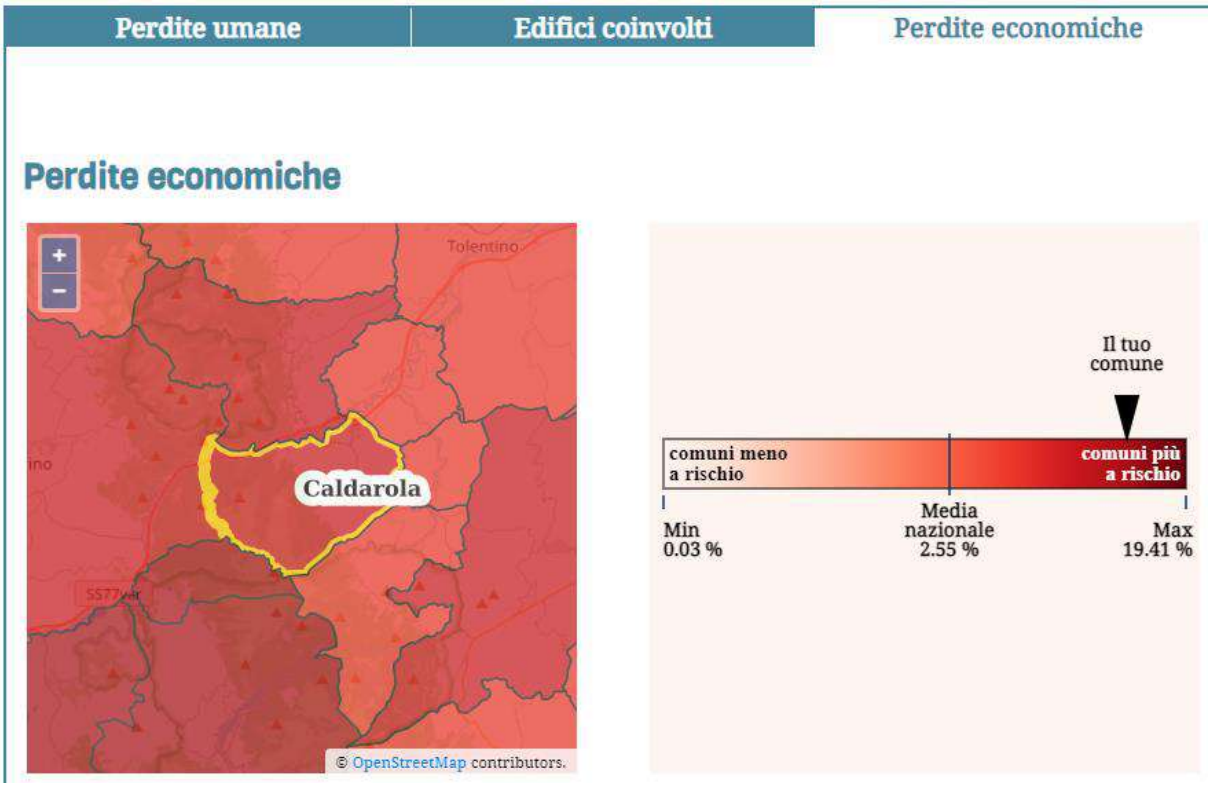


Figura 49 – Espressione del rischio sismico del Comune di Caldarola attraverso il progetto Sistema Informativo di ComUnicazione del RischiO - SICURO⁺.

In definitiva:

PERDITE UMANE – VITTIME: nel tuo comune in 50 anni le vittime potrebbero essere meno dell'1% (circa 1 vittima su 804). A livello nazionale, in termini di vittime, l'11% dei comuni ha un rischio superiore a quello del tuo comune.

PERDITE UMANE – FERITI: nel tuo comune in 50 anni i feriti potrebbero essere meno dell'1% (circa 1 ferito su 231). A livello nazionale, in termini di feriti, il 10% dei comuni ha un rischio superiore a quello del tuo comune.

EDIFICI COINVOLTI – INAGIBILI: nel tuo comune in 50 anni gli edifici inagibili potrebbero essere il 20% (circa 1 edificio inagibile su 5). A livello nazionale, in termini di edifici inagibili, il 5% dei comuni ha un rischio superiore a quello del tuo comune.

EDIFICI COINVOLTI – CROLLATI: nel tuo comune in 50 anni gli edifici crollati potrebbero essere l'1% (circa 1 edificio crollato su 78). A livello nazionale, in termini di edifici crollati, il 9% dei comuni ha un rischio superiore a quello del tuo comune.

PERDITE ECONOMICHE: nel tuo comune in 50 anni le perdite economiche potrebbero essere il 7% (pari a € 7.006.447,65) rispetto al totale del valore dell'edificato. A livello nazionale, in termini di perdite economiche, l'8% dei comuni ha un rischio superiore a quello del tuo comune.

6.5 VALUTAZIONE DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE

Il sito presso il quale è ubicato il manufatto deve essere stabile nei confronti della liquefazione, intendendo con tale termine quei fenomeni associati alla perdita di resistenza al taglio o ad accumulo di deformazioni plastiche in terreni saturi, prevalentemente sabbiosi, sollecitati da azioni cicliche e dinamiche che agiscono in condizioni non drenate.

Se il terreno risulta suscettibile di liquefazione e gli effetti conseguenti appaiono tali da influire sulle condizioni di stabilità di pendii o manufatti, occorre procedere ad interventi di consolidamento del terreno e/o trasferire il carico a strati di terreno non suscettibili di liquefazione.

In assenza di interventi di miglioramento del terreno, l'impiego di fondazioni profonde richiede comunque la valutazione della riduzione della capacità portante e degli incrementi delle sollecitazioni indotti nei pali.

In base al D.M. 17.01.2018, *Aggiornamento delle "Norme Tecniche per le Costruzioni"*, la verifica a liquefazione può però essere omessa, qualora sia verificata almeno una delle seguenti condizioni (§ 7.11.3.4.2):

- accelerazioni massime al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1g;
- profondità media stagionale della falda superiore ai 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
- depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N_1)_{60}$>30 oppure q_{c1N}>180, dove $(N_1)_{60}$ è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e q_{c1N} è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;
- distribuzione granulometrica esterna a determinate fasce critiche (Figura 50).

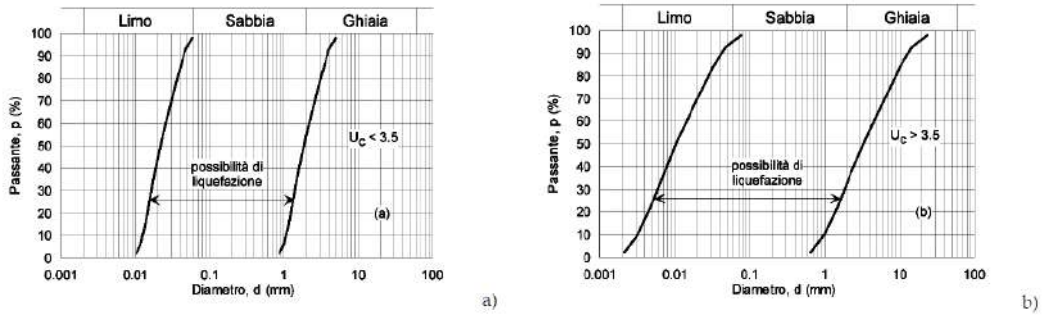


Figura 50 - Fusi granulometrici di terreni suscettibili di liquefazione.

Nel territorio in esame, la verifica nei confronti del fenomeno della liquefazione può essere omessa in quanto le granulometrie emerse durante le indagini sono esterne alle fasce critiche sopracitate.

7.0 CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOTECNICA DEL SITO

Vengono esplicati i risultati ottenuti da eventuali indagini e prove geotecniche, descritte la caratterizzazione e la modellazione geotecnica dei terreni interagenti con l'opera. Inoltre, vengono riassunti i risultati delle analisi svolte per la verifica delle condizioni di sicurezza e la valutazione delle prestazioni nelle condizioni di esercizio del sistema costruzione – terreno. L'intero studio riguarda essenzialmente il volume significativo.

7.1 LITOSTRATIGRAFIA E CARATTERIZZAZIONE FISICA E MECCANICA DEI TERRENI E DELLE ROCCE

Per quanto riguarda la ricostruzione dell'assetto litostratigrafico e successiva caratterizzazione geomeccanica, si è fatto ricorso al reperimento di n. 5 sondaggi a carotaggio continuo e n. 6 indagini penetrometriche dinamiche (Tavola 08, scala 1: 2.000). Inoltre, è stata reperita un'indagine geoelettrica che attraversa per intero l'area oggetto di intervento (Figura 51) evidenziando le litologie presenti nel sottosuolo e rappresentate prevalentemente da ghiaie addensate e dalle sottostanti ghiaie e sabbie.

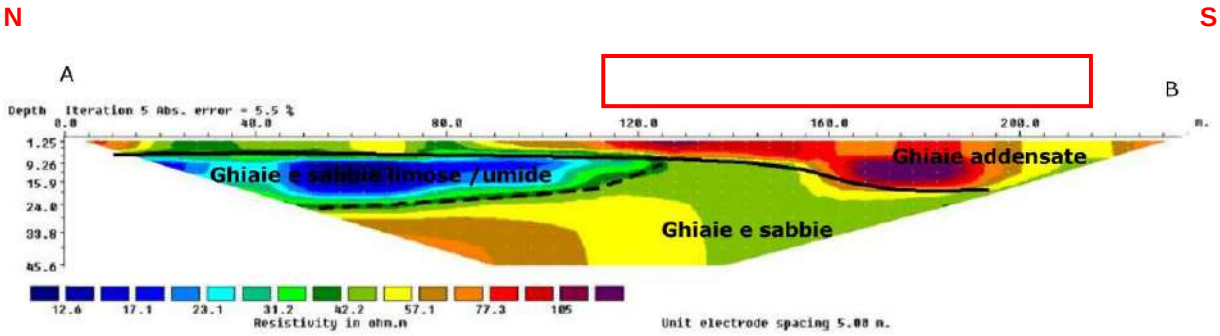


Figura 51 – Sezione derivata dalla tomografia elettrica reperita (ERT). In rosso, l'area oggetto di intervento.

Tali dati, trattati con spirito critico e con esperienza geologica acquisita in zona, vengono illustrati di seguito (Tavola 05, scala 1: 2.000).

Litotipo "ML" (in subordine "CL") – Limi inorganici, limi argillosi, limi sabbiosi, argille limose di bassa plasticità

Di colore marrone bruno o chiaro, con frequenti concrezioni biancastre. Poco consistente e mediamente coesivo. Presenta capacità portante e stabilità scarsa. L'incremento di intensità risentita rispetto ai terreni a più elevata rigidità è compreso tra 4 e 5 n; inoltre, tale incremento sismico risente delle condizioni idrologiche e nel caso di sollecitazioni sismiche possono verificarsi stati di incipiente instabilità con cedimenti e fessurazioni.

PARAMETRO	*UNITÀ*	
Peso di volume	γ (t/m³)	1,85-1,95
Resistenza non drenata	cu (kPa)	20-50
Angolo di resistenza al taglio	φ' (°)	22-25
Modulo elastico	E (kPa)	5.000-8.000

Litotipo "GW" (in subordine "GP" e "GM") – Ghiaie, ghiaie sabbiose, ghiaie limose

Di colore avana. Da mediamente a molto addensato. Presenta capacità portante e stabilità da buona a ottima. L'incremento di intensità risentita rispetto ai terreni a più elevata rigidità è compreso tra 1 e 2 n.

PARAMETRO	*UNITÀ*	
Peso di volume	γ (t/m³)	1,80-1,95
Resistenza non drenata	cu (kPa)	0,00
Angolo di resistenza al taglio	φ' (°)	28-35
Modulo elastico	E (kPa)	>30.000

Litotipo "SM" – Sabbie limose, limi sabbiosi

Di colore marrone chiaro, con concrezioni/calcinelli. Da poco a mediamente addensato. Presenta capacità portante e stabilità mediocre. L'incremento di intensità risentita rispetto ai terreni a più elevata rigidità è compreso tra 2 e 3 n.

PARAMETRO	*UNITÀ*	
Peso di volume	γ (t/m³)	1,95-2,05
Resistenza non drenata	cu (kPa)	5-15
Angolo di resistenza al taglio	φ' (°)	22-28
Modulo elastico	E (kPa)	15.000-20.000

Litotipo "ALS" – argille siltose, argille marnose, gessi, peliti e arenarie gessose

Di colore grigio scuro. Molto compatto e addensato, con sottili livelli plastici. Presenta capacità portante e stabilità buona.

PARAMETRO	*UNITÀ*	
Peso di volume	γ (t/m³)	2,00-2,15
Resistenza non drenata	cu (kPa)	100-500
Angolo di resistenza al taglio	φ' (°)	30-35
Modulo elastico	E (kPa)	>30.000

Sulla base degli accorgimenti contenuti nelle N.T.C. del 17.01.2018, si consiglia di considerare i parametri geotecnici precedentemente riportati come valori medi (valori nominali) e non caratteristici (*stima ragionata e cautelativa del valore considerato nello stato limite considerato*) o di progetto.

8.0 CONCLUSIONI

Sulla base di quanto esplicato nel presente elaborato, si possono sintetizzare le sottoelencate conclusioni.

- Il rilievo geologico e geomorfologico di dettaglio eseguito in un intorno significativo nell'area di studio, confrontato con la cartografia ufficiale e con sondaggi geognostici, prove penetrometriche ed una tomografia elettrica effettuata parallelamente al versante oggetto di intervento, mostrano la presenza di depositi alluvionali terrazzati esclusivamente del III ordine (Pleistocene superiore) costituiti da ghiaia, ghiaia sabbiosa e ghiaia limosa (litotipo GW) dotati di buona stabilità e capacità portante; in misura minore si rilevano depositi eluvio-colluviali di natura limoso-argillosa (litotipo CL). Il substrato, costituito da argille siltose, argille marnose, gessi e arenarie gessose, viene individuato a circa 10 m dal p.c. e attribuito alla Formazione gessoso-solfifera (Messiniano) o al membro pre-evaporitico della Formazione della Laga (Messiniano p.p.).
- Allo stato attuale, l'area oggetto di studio non risulta essere interessata da processi morfogenici dovuti alla gravità (movimenti di versante); è stata comunque effettuata un'analisi di foto aeree, foto storiche e dati interferometrici che hanno confermato l'assenza di dissesti confermando pertanto la stabilità del sito. Pertanto, viene attribuito un grado di pericolosità geologica e geomorfologica nulla.
- Per quanto riguarda il rischio idraulico, considerando le caratteristiche idrografiche e geomorfologiche dell'area oggetto di studio, è stata ritenuta esaustiva una Verifica di Compatibilità Idraulica di tipo Preliminare in quanto è posta ad una quota e ad una distanza tale, rispetto al corso d'acqua più vicino (Fosso delle Conce), da non essere interessabile (inequivocabilmente e senza alcuna incertezza) da potenziali fenomeni di inondazione e allagamento.
- Per quanto riguarda la verifica del rispetto dell'invarianza idraulica, si consiglia l'uso di soluzioni tecnologiche atte a garantire un drenaggio sostenibile e che favoriscano prioritariamente i processi di infiltrazione delle acque nel sottosuolo oggetto di trasformazione.
- Le n. 2 misure HVSR presentano un picco intorno alla frequenza di 1,912-1,985 Hz. Inoltre, entrambe le misure presentano dei picchi ad andamento blando a frequenze superiori a 5 Hz.
- Per la determinazione della categoria di sottosuolo, sono state reperite n. 4 analisi MASW effettuate in adiacenza al sito di indagine che hanno fornito valori di Vs,30 compresi tra 392 e 557 m/s. La categoria di sottosuolo è pertanto di tipo B (*Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o di 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.). La categoria topografica è di tipo T2 (Pendii con inclinazione media i > 15°).

- L'area, classificata come Zona sismica 2, è prossima ad una fascia simogenetica composita avente andamento NNW-SSE e indicata come ITCS136 "Urbino-Camerino" individuata nel D.I.S.S. versione 3.3.0, a cui viene associata una magnitudo massima (Mw) di 6,9 (terremoto di progetto). L'eventuale terremoto di scenario, derivato invece da calcoli di disaggregazione del valore di ag e considerando una probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni è pari a Mw 5,310 e distanza di circa 10 km. Tuttavia, sono possibili sismi forti aventi magnitudo di circa Mw 6,5 da sorgenti ubicate fino a 40 km dal sito oggetto di intervento. Il rischio sismico è dunque elevato.
- La verifica alla suscettibilità alla liquefazione e la valutazione del potenziale è stata omessa in quanto, come detto in precedenza, si è in presenza di depositi costituiti da granulometrie esterne a determinate fasce critiche.

TAVOLE

E

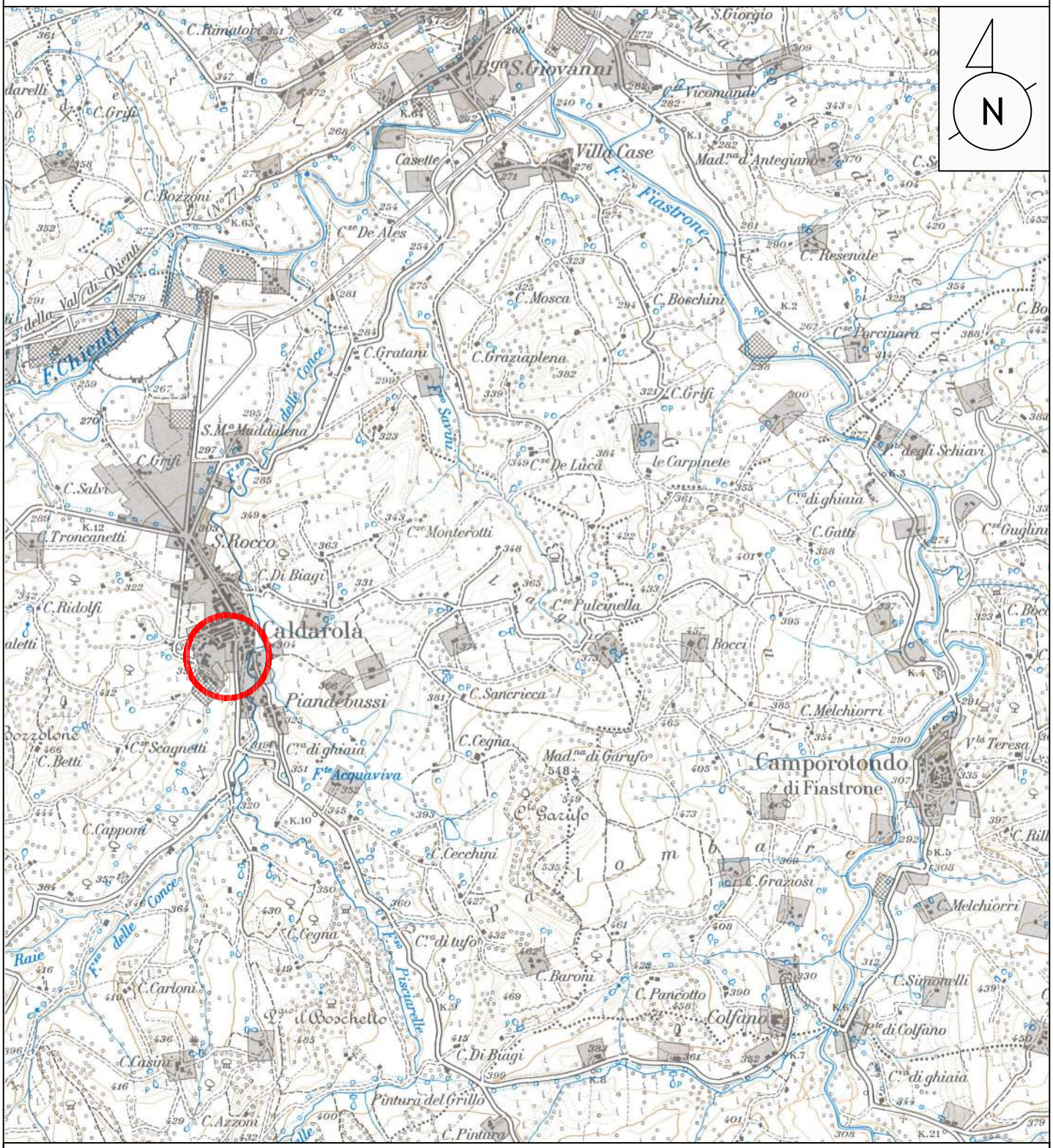
ALLEGATI

INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

CARTA TOPOGRAFICA D'ITALIA

FOGLIO 124 "MACERATA" – QUADRANTE II – TAVOLETTA NO "SAN GINESIO"

SCALA 1: 25.000 TAVOLA 01



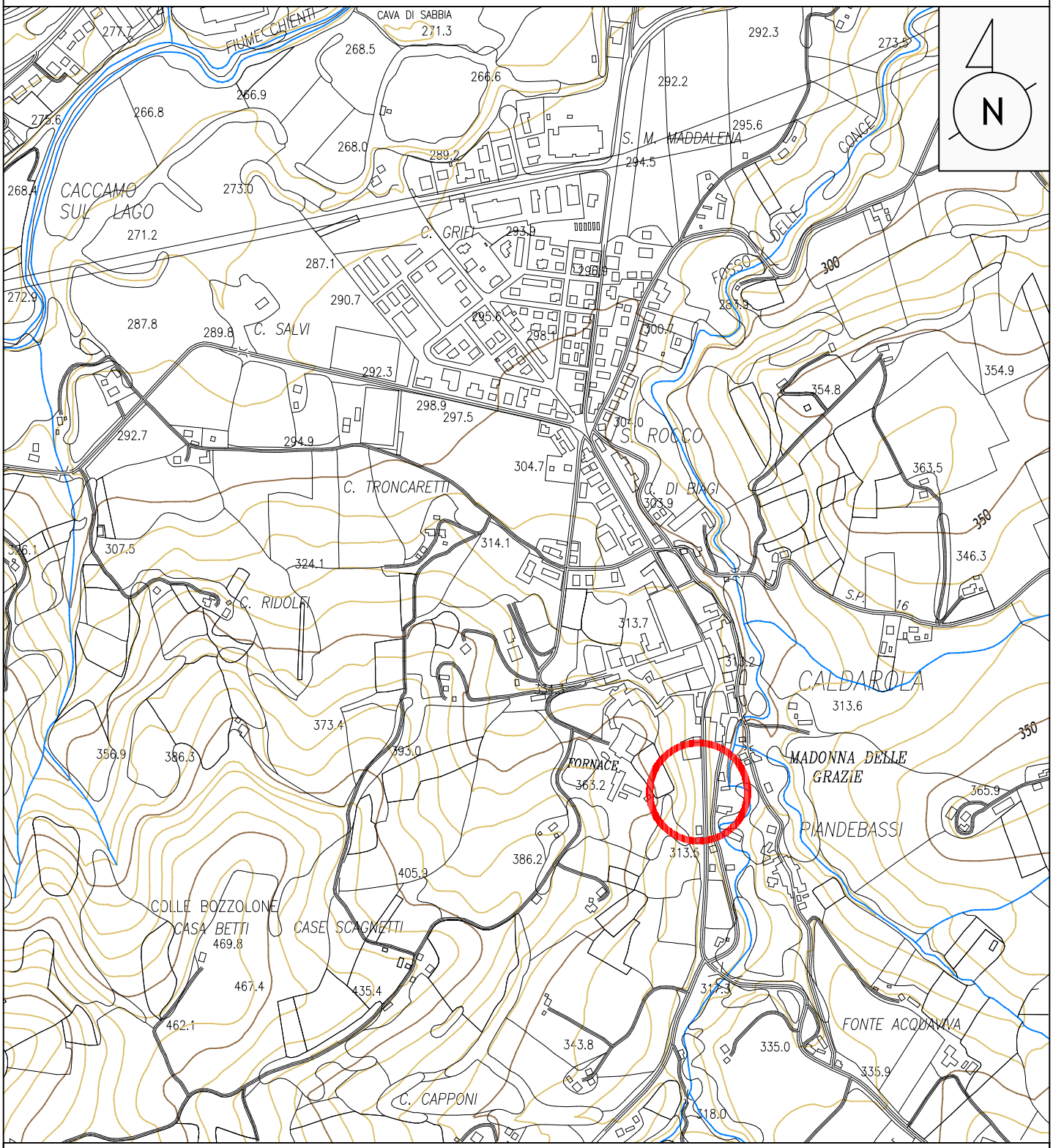
INQUADRAMENTO TOPOGRAFICO

CARTA TECNICA REGIONALE

FOGLIO 313 "CAMERINO" – SEZIONE 313070 "CALDAROLA"

SCALA 1: 10.000

TAVOLA 02



Area oggetto di indagine

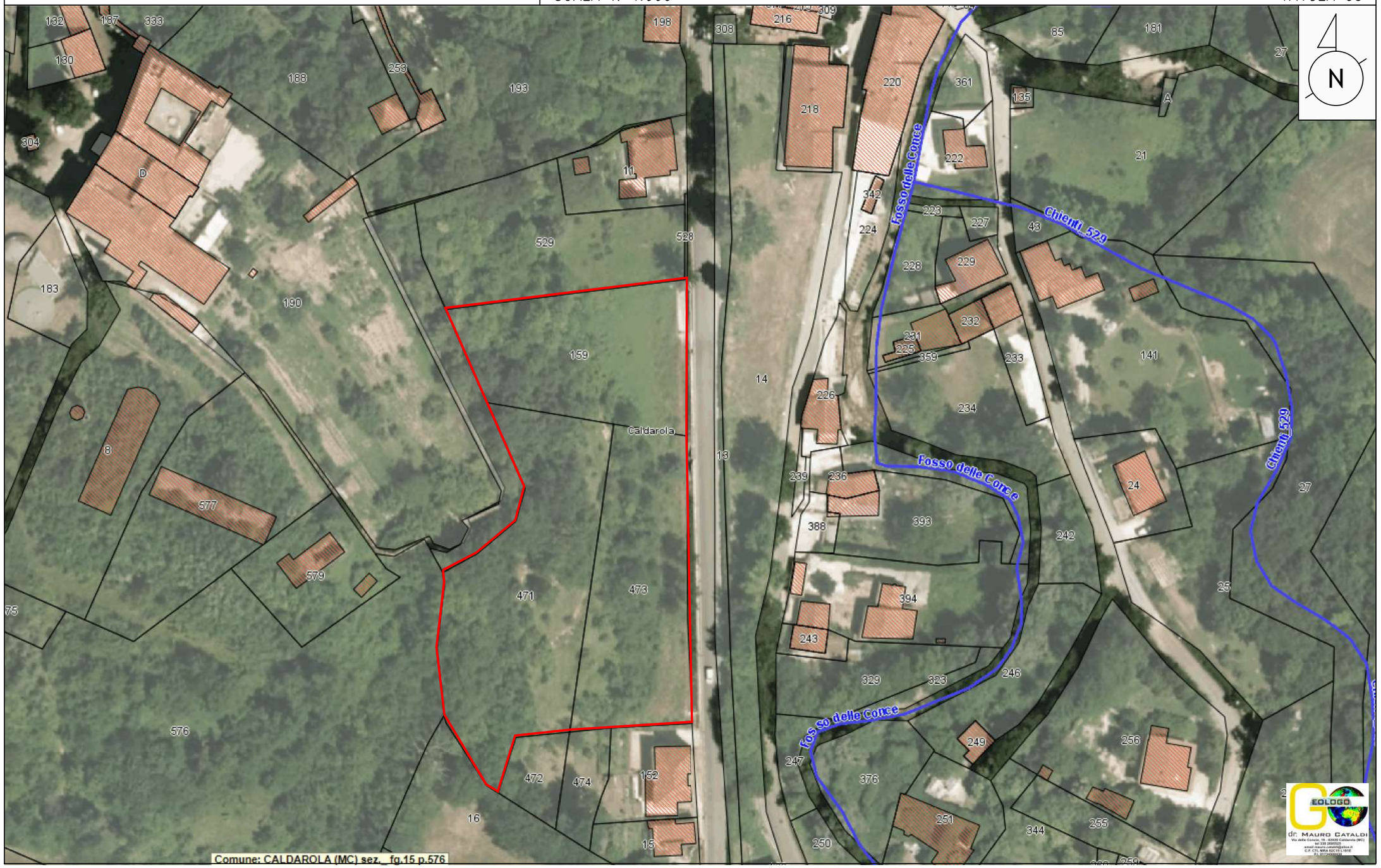
EDOLOGO
dr. MAURO CATALDI

INQUADRAMENTO CATASTALE

COMUNE DI CALDAROLA – FOGLIO 15, P.LLE 159, 471 e 473

SCALA 1: 1.000

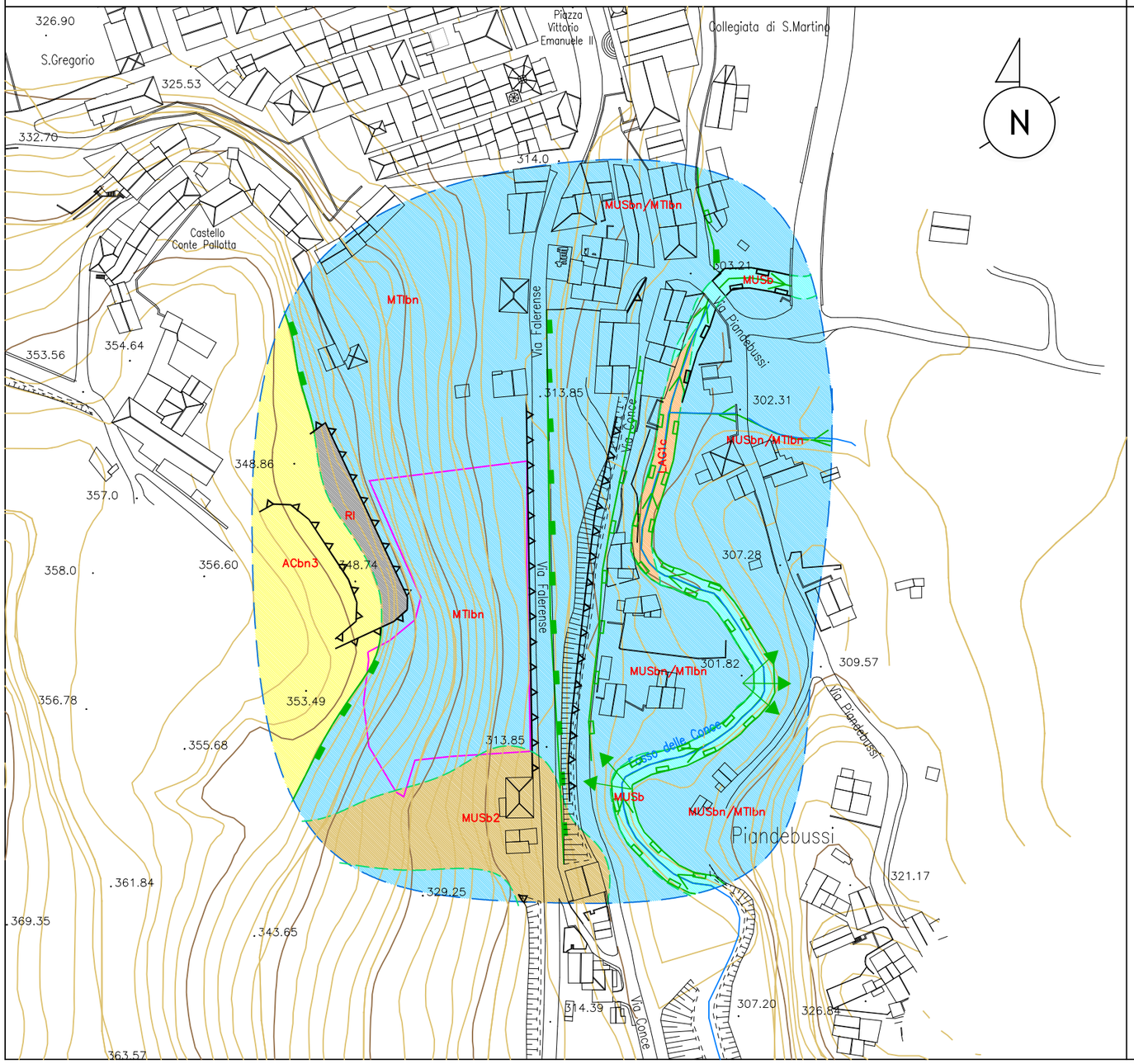
TAVOLA 03



CARTA GEOLOGICA E GEOMORFOLOGICA CON INQUADRAMENTO IDROLOGICO/IDRAULICO ED IDROGEOLOGICO

SCALA 1: 2.000

TAVOLA 04



Legenda

Geologia

Copertura

- RI — Terreno di riporto (Olocene)
- MUSb2 — Depositi eluvio–colluviali (Olocene)
- MUSb — Depositi alluvionali attuali (Olocene)
- MUSbn/MTlbn — Depositi alluvionali terrazzati del IV e/o III ordine (Olocene – Pleistocene superiore)
- ACbn3 — Depositi alluvionali terrazzati del II ordine (Pleistocene medio sommitale)

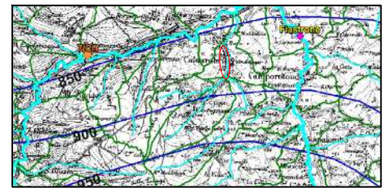
Substrato

- LAG1c — Formazione della Laga, Membro pre–evaporitico/Litofacies arenacea (Messiniano p.p.)

Idrogeologia sotterranea

Complessi idrogeologici distinti in funzione del tipo di circolazione e del grado di permeabilità relativa

- RI, MUSb2, MUSb, MUSbn/MTlbn, ACbn3 — Circolazione per porosità / alta permeabilità (7,0x10^−2<k(m/s)<2,0x10^−3)
- LAG1c — Circolazione per bassa permeabilità (1,0x10^−5<k(m/s)<1,0x10^−7)



Isoiete annue (Tav. 56–A.1.5 Piano Tutela Acque)

Limite litologico

Limite esterno area rilevata

Geomorfologia

Forme di erosione e di accumulo fluviali, fluvio–glaciali e dovute al dilavamento

Solco da ruscellamento concentrato o alveo in incisione

Scarpata di erosione fluviale
a) altezza < 10 m
b) altezza > 10 m

Erosione laterale

Forme di erosione e di accumulo antropiche

Scarpata di scavo, rilevato o muro di sostegno

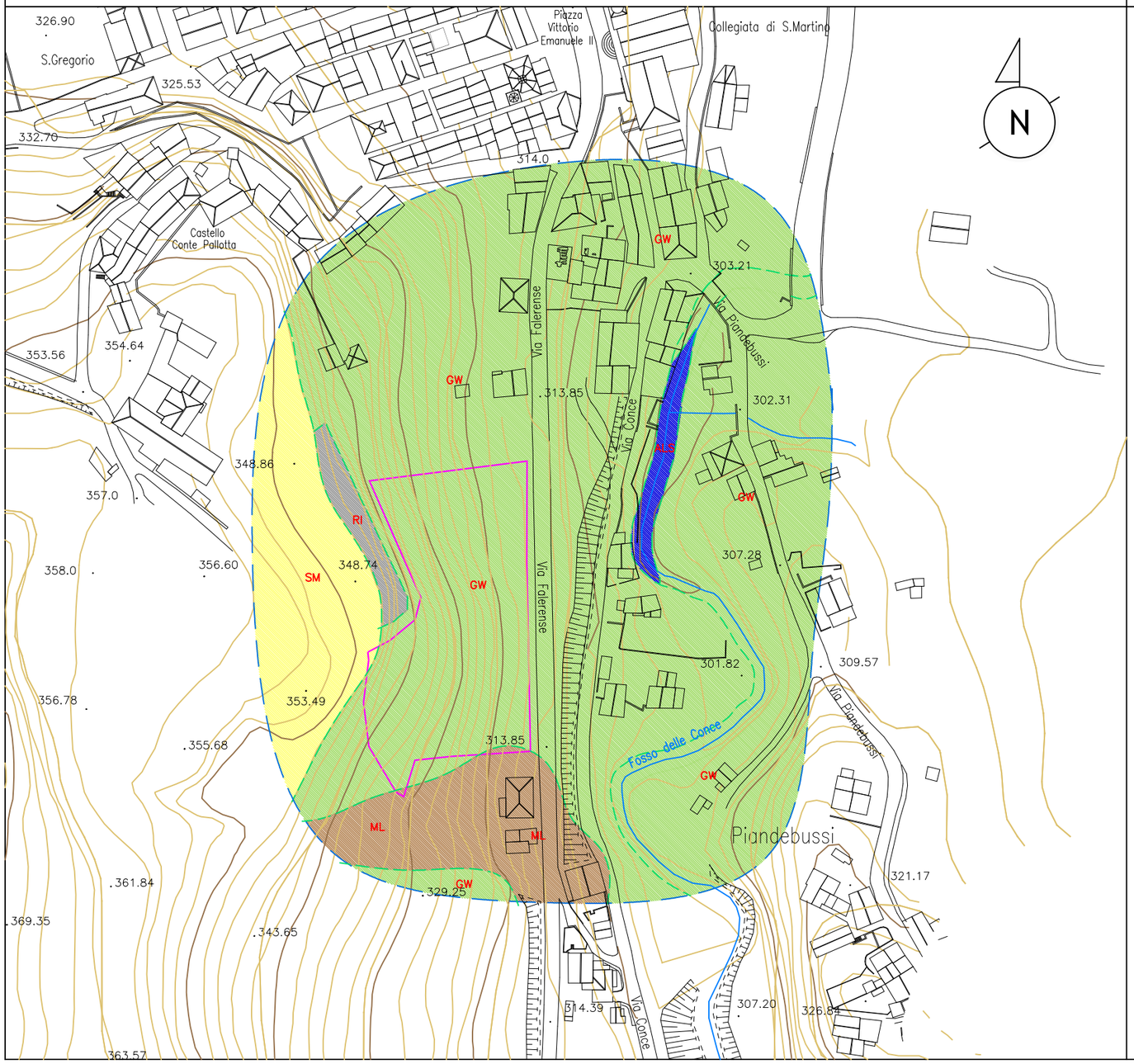
Area oggetto di intervento

EOLOGO
dr. MAURO DATALDI
Via delle Conce, 19 - 63828 Collelongo (AQ)
tel 338 2695525
email mauro.catald@yahoo.it
C.F. CTL MRA 82C15 L191E
P.I. 01726830659

CARTA LITOTECNICA

SCALA 1: 2.000

TAVOLA 05



Legenda

Geologia

Copertura

RI

ML

Litotipo "ML": limi inorganici, limi argillosi, limi sabbiosi, argille limose di bassa plasticità
γ=1,85–1,95 t/m3, cu=20–50 kPa, φ'=22–25°, E=5.000–8.000 kPa

SM

Litotipo "SM": sabbie limose, limi sabbiosi
γ=1,95–2,05 t/m3, cu=5–15 kPa, φ'=22–28°, E=15.000–20.000 kPa

GW

Litotipo "GW": ghiaie, ghiaie sabbiose, ghiaie limose
γ=1,80–1,95 t/m3, cu=0 kPa, φ'=28–35°, E>30.000 kPa

Substrato

ALS

Litotipo "ALS": argille siltose, argille marnose, gessi, peliti e arenarie gessose
γ=2,00–2,15 t/m3, cu=100–500 kPa, φ'=30–35°, E>30.000 kPa

Limite litologico

Limite esterno area rilevata

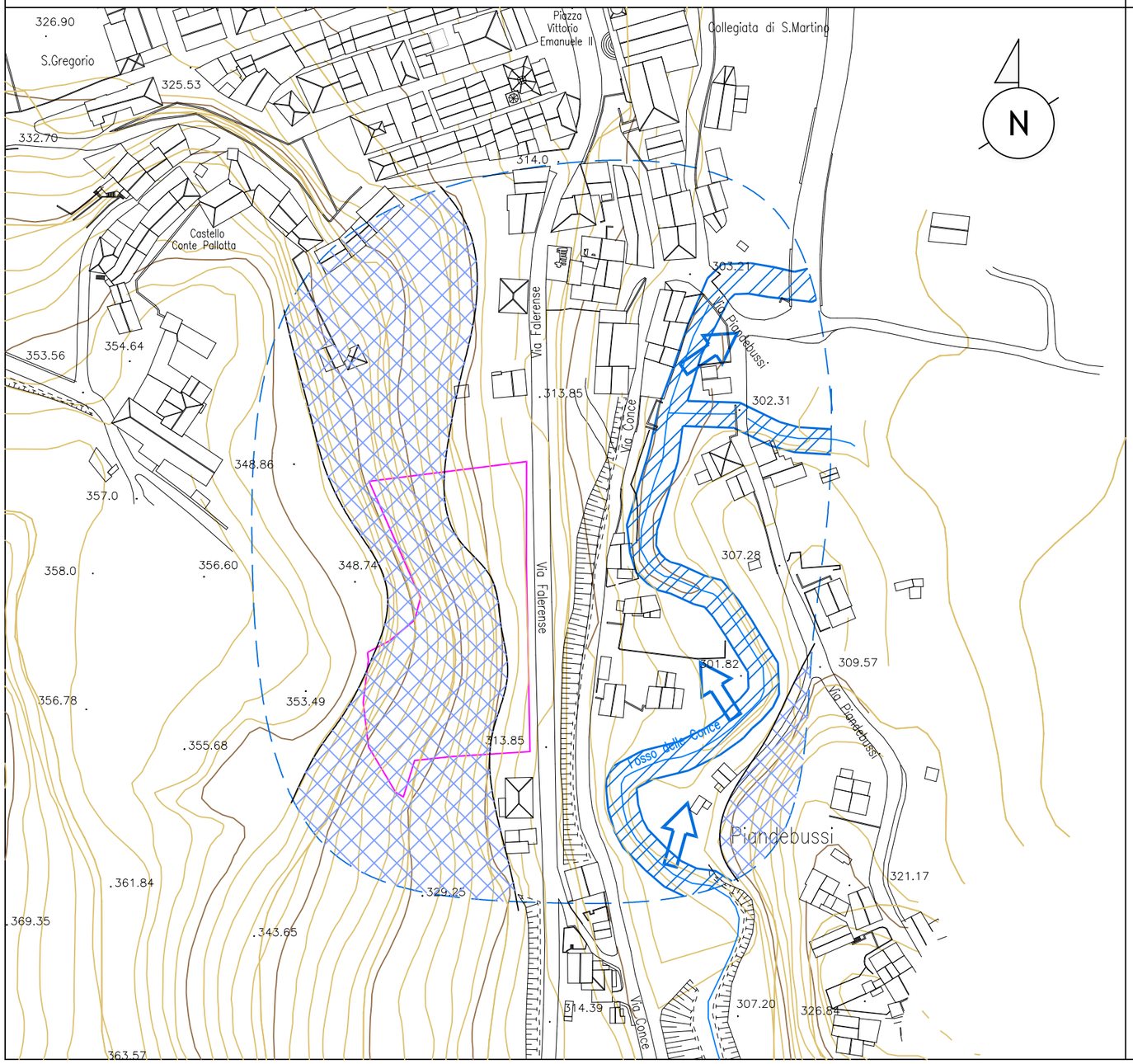
Area oggetto di intervento

EOLOGO
dr. MAURO DATALDI
Via delle Conce, 19 - 63828 Calzolaria (MC)
tel 338 2695525
email mauro.catald@yahoo.it
C.F. CTL MRA 82C15 L191E
P.I. 01726830439

CARTA DELLE PERICOLOSITÀ GEOMORFOLOGICHE E IDRAULICHE

SCALA 1: 2.000

TAVOLA 06



Legenda

Aree esenti da pericolosità

Aree pericolose dal punto di vista dell'instabilità dei versanti

Pericolosità moderata (P1)
Evidenziata sulla base di caratteri fisici territoriali (litologia e caratteri geotecnici dei materiali, struttura e giacitura, processi di degradazione meteorica, dinamica geomorfologica in atto), vegetazionali e di uso del suolo, ma prive al momento di indicazioni morfologiche dei fenomeni, sia superficiali che profondi, che possono riferirsi a processi erosivi capaci di innescare fenomeni franosi o a movimenti gravitativi veri e propri

Pericolosità media (P2)
Evidenziata da indicatori geomorfologici diretti, quali l'esistenza di antichi corpi di frana, di segni precursori di movimenti gravitativi (ondulazioni, contropendenze, periodiche lacerazioni, ecc...)

Pericolosità elevata (P3)
Evidenziata da movimenti di massa in atto, con una dinamica geomorfologica tendente più o meno all'estensione areale della pericolosità. Presenza di cavità sotterranee con episodi di distacco.

Aree con pendenze ≥ 30%

Aree pericolose dal punto di vista idraulico

Fascia di pertinenza fluviale su base geomorfologica o area adiacente a corsi d'acqua da mantenere a disposizione per consentire interventi di manutenzione e per la realizzazione di eventuali interventi di difesa

Eventuale direzione di flusso che interessa aree in situazione morfologica sfavorevole (basso morfologico), in assenza di notizie storiche di inondazioni

Limite esterno area rilevata

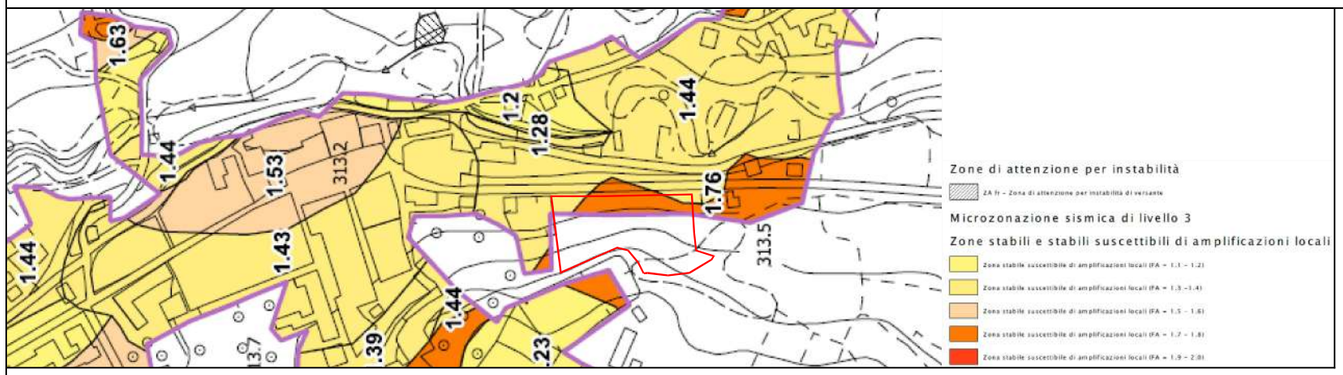
Area oggetto di intervento

GEOLOGO
dr. MAURO CATALDI
Via delle Conce, 19 - 62020 Caldarola (MC)
tel 338 2805505
email mauro.cataldi@alice.it
C.F. CTL MRA 82C15 L191E
P.I. 01734390439

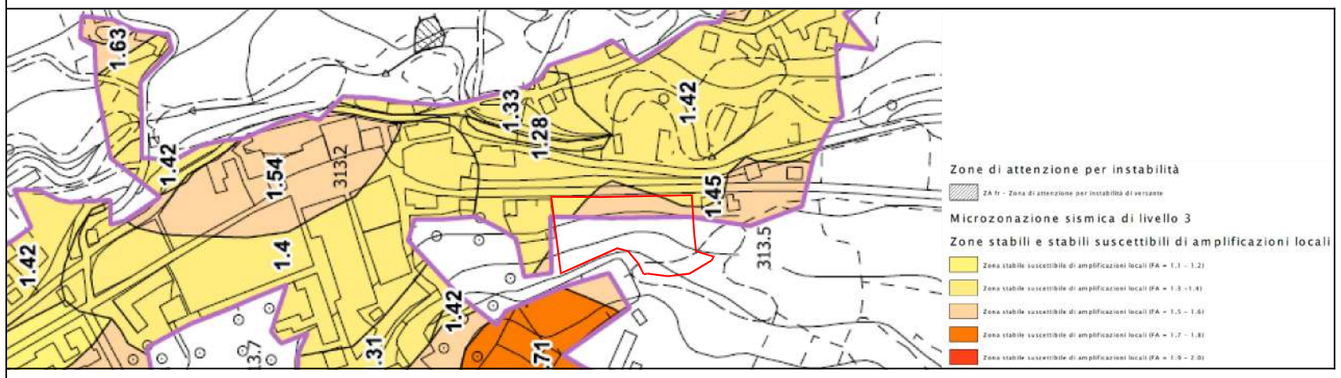
CARTA DELLE ZONE A MAGGIORI PERICOLOSITÀ SISMICHE LOCALI

SCALA 1: 5.000

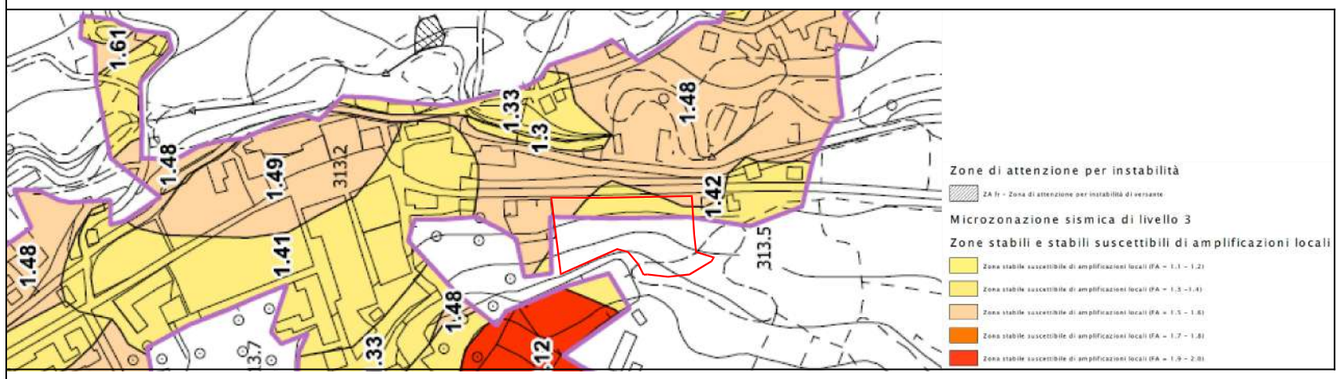
TAVOLA 07



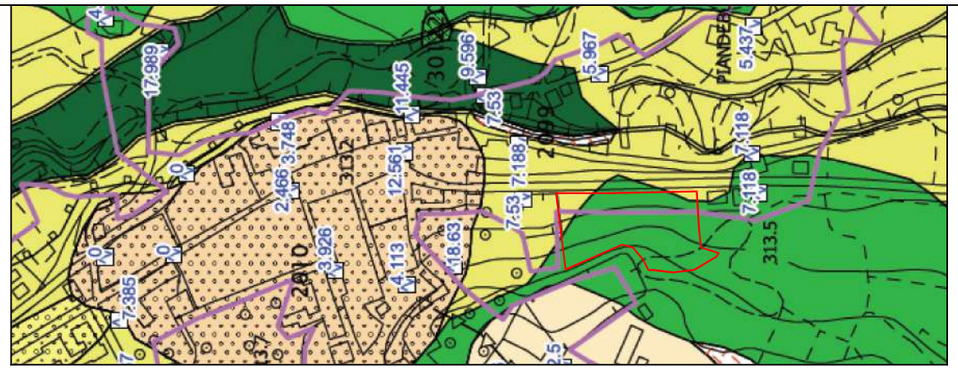
Carta di Microzonazione Sismica – FA0105s



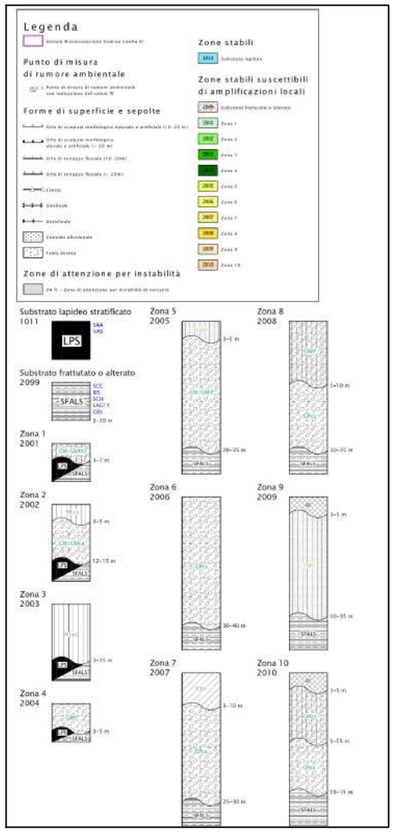
Carta di Microzonazione Sismica – FA0408s



Carta di Microzonazione Sismica – FA0711s



Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (M.O.P.S.)



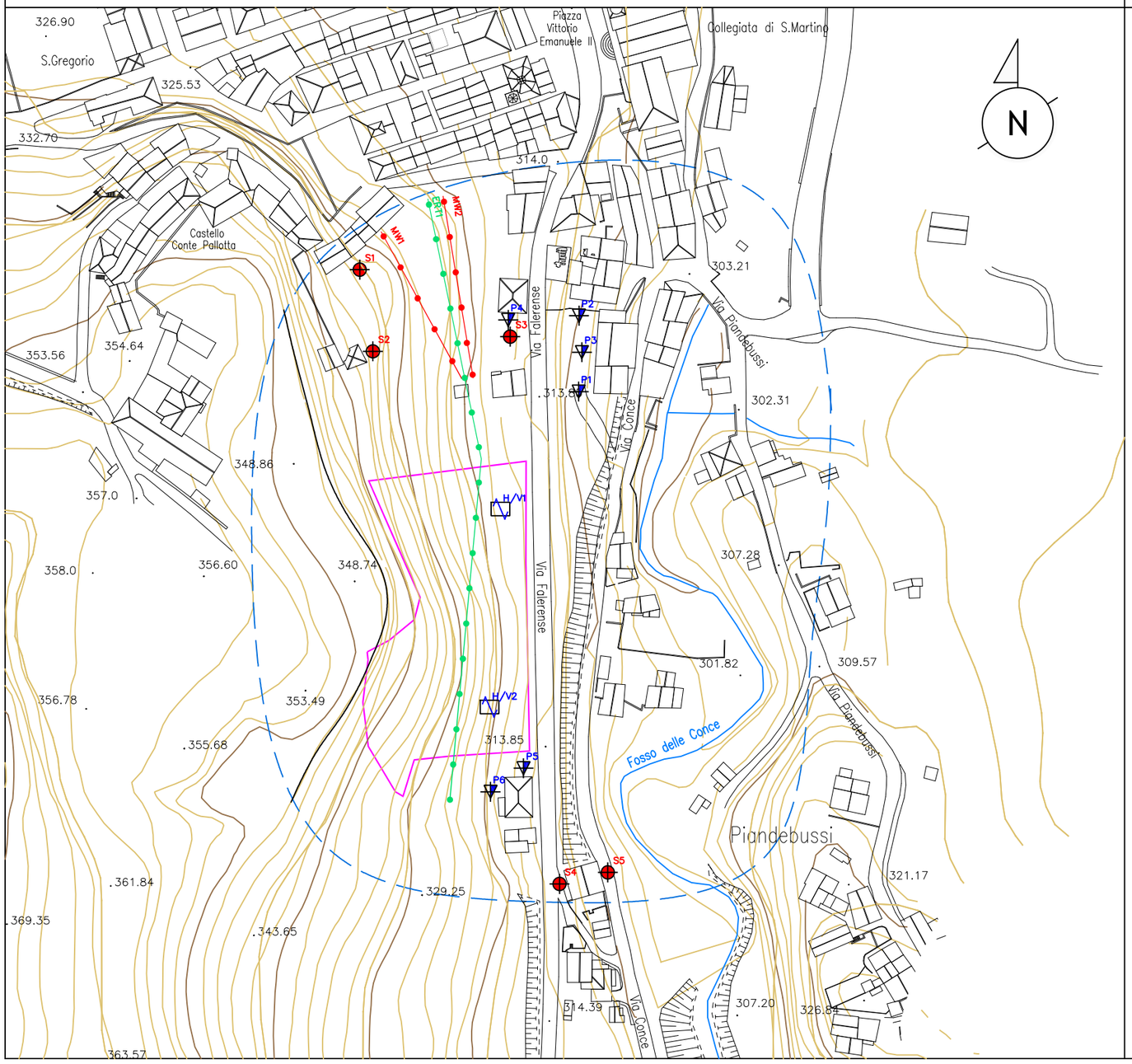
Area oggetto di intervento

dr. MAURO CATALDI
Via delle Conche, 19 - 63020 Colonnella (AP)
tel 339 2685020
email mauro.cataldi@alice.it
C.F. CTLMRA73L19I72E
P.I. 01724690434

CARTA DELLE INDAGINI

SCALA 1: 2.000

TAVOLA 08



Legenda

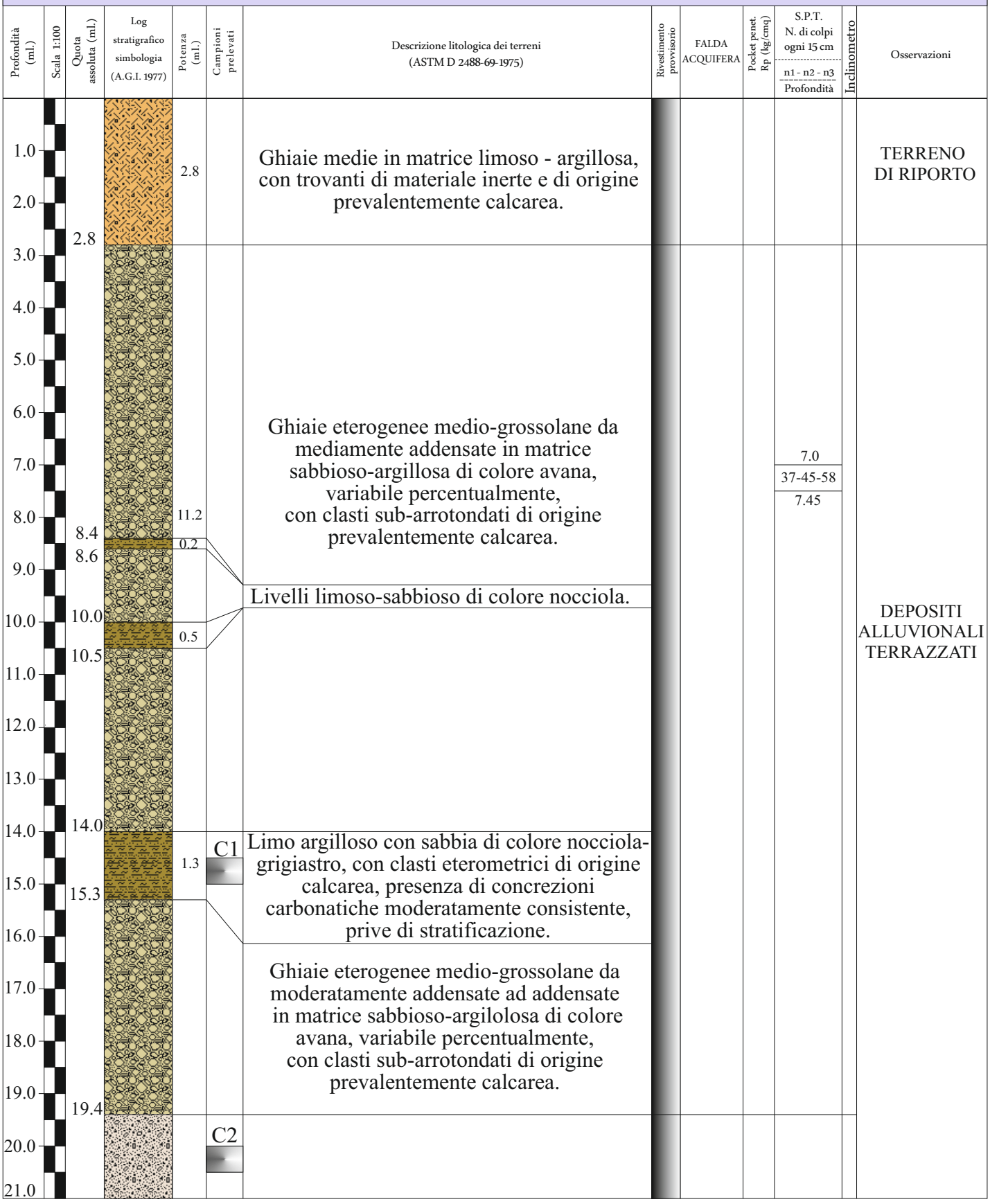
- S1 — Sondaggio a carotaggio continuo
- P1 — Prova penetrometrica dinamica
- MW1 — MASW
- H/V1 — Misura di rumore sismico ambientale a stazione singola
- ERT1 — Tomografia geoelettrica
- Area oggetto di intervento

GEOLOGO
dr. MAURO CATALDI
Via delle Conce, 16 - 03030 Colfelice (FR)
tel./fax 0776/1940000
email: maurocataldi@alice.it
C.F. CTL MRA 62C15 L191E
P.I. 01734500639

INDAGINE REPERITA - S1

TAVOLA E'

Committente:	*Dott. Carlo Quochi Pallotta*	*Ditta lavori:*	*Miriam s.n.c.*	Sigla Sondaggio	**S2**
Comune:	*Caldarola*	*Perforatrice:*	*Joy 3*		
Località:	*Via Castello 1-7*	*Perforazione:*	*Carotaggio continuo*	Profondità: 25 ml riferita al p.c.	
Rilevatore:	*Geol. Fortuna Giordano*	*Rivestimento*	*Si*		
Ubicazione foro:	*Lato Sud-Est*	*Inclinazione:*	*Verticale*	Scala 1:100	
Quota ass. p.c.:	*334 m s.l.m.*	*Strumentazione:*	*Down Hole*		
Data inizio/fine :	*22-07-2020/31-07-2020*	*Coordinate Lat. e Long.:*	*43.137177° 13.225095°*	Pag. 1 / 4	



INDAGINE REPERITA - S1

TAVOLA E'

Committente:	*Dott. Carlo Quochi Pallotta*	*Ditta lavori:*	*Miriam s.n.c.*	Sigla Sondaggio	**S2**
Comune:	*Caldarola*	*Perforatrice:*	*Joy 3*		
Località:	*Via Castello 1-7 Porta Camerte*	*Perforazione:*	*Carotaggio continuo*	Profondità: 25 ml riferita al p.c.	
Rilevatore:	*Geol. Fortuna Giordano*	*Rivestimento*	*Si*		
Ubicazione foro:	*Lato Sud-Est*	*Inclinazione:*	*Verticale*	Scala 1:100	
Quota ass. p.c.:	*330 m s.l.m.*	*Strumentazione:*	*Down Hole*		
Data inizio/fine :	*22-07-2020/31-07-2020*	*Coordinate Lat. e Long.:*	*43.137177° 13.225095°*	Pag. 1 / 4	

Profondità (ml.)	Scala 1:100	Quota assoluta (ml.)	Log stratigrafico simbologia (A.G.I. 1977)	Potenza (ml.)	Campioni prelevati	Descrizione litologica dei terreni (ASTM D 2488-69-1975)	Rivestimento provvisorio	FALDA ACQUIFERA	Pocket penet. Rp (kg/cmq)	S.P.T. N. di colpi ogni 15 cm n1 - n2 - n3 Profondità	Inclinometro	Osservazioni
22.0						Argilla limosa di colore grigio, con sabbia e ghiaie fini. Intorno a - 21 m le argille presentano delle concrezioni gessose, frammenti di travertino e molto materiale organico, soprattutto radici, presenza di sabbie di colore grigio. Clasto di dimensioni dm di origine arenacea intorno ai - 21,1 m.						DEPOSITI FLUVIO - LACUSTRI
23.0				4.9								
24.0		24.3										
25.0		25.0		0.7		Argille e argille marnose di colore grigio plumbeo, alternate a sottilissimi livelli sabbiosi anch'essi di colore grigio, con incluse minute cocncrezioni di origine gessosa, molto consistenti, stratificate, tendenzialmente fratturate nei primi metri.						FORMAZIONE GESSOSO SOLFIFERA
26.0												
27.0												
28.0												
29.0												
30.0												
31.0												
32.0												
33.0												
34.0												
35.0												
36.0												
37.0												
38.0												
39.0												
40.0												
41.0												

INDAGINE REPERITA - S2

mariano tesei
geologo
via Europa, 2 - STAFFOLO (AN) tel 3283920833

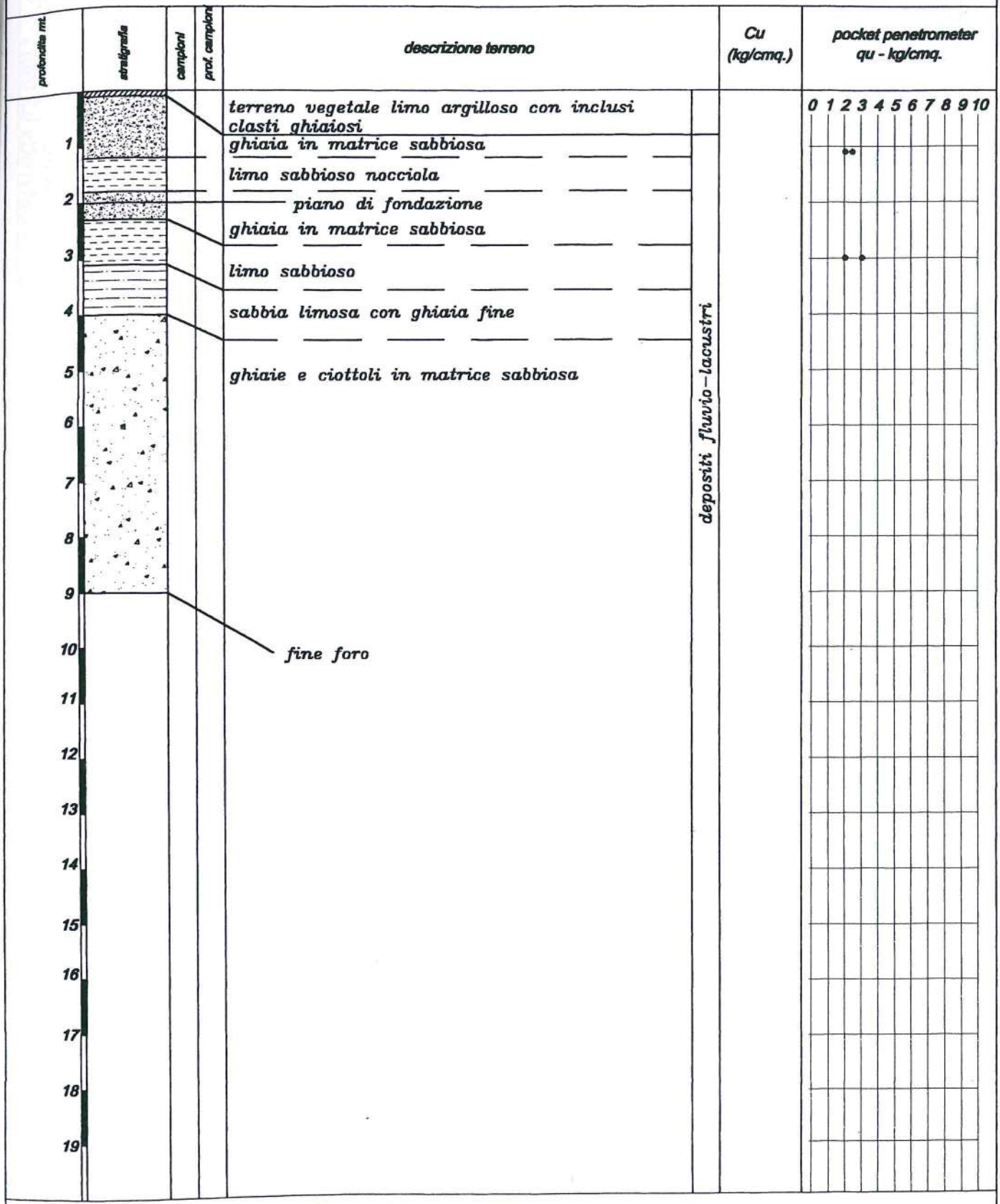
SONDAGGIO N° 3

Data 25-07-2000

Committente

Lavoro ristrutturazione - Castello Pallotta

Sistema perforazione rotazione Diametro 100 quota -



INFILTRAZIONI IDRICHE

FALDA

NOTE

INDAGINE REPERITA - S3

TAVOLA E”

Committente:	*Dott. Carlo Quochi Pallotta*	*Ditta lavori:*	*Miriam s.n.c.*	Sigla Sondaggio **S3**
Comune:	*Caldarola*	*Perforatrice:*	*Joy 3*	
Località:	*Via Castello 1-7*	*Perforazione:*	*Carotaggio continuo*	Profondità: 13 ml riferita al p.c.
Rilevatore:	*Geol. Fortuna Giordano*	*Rivestimento*	*Si*	
Ubicazione foro:	*Lato Est*	*Inclinazione:*	*Verticale*	Scala 1:100
Quota ass. p.c.:	*316 m s.l.m.*	*Strumentazione:*		Pag. 1 / 2
Data inizio/fine :	*04-08-2020/07-08-2020*	*Coordinate Lat. e Long.:*	*43.137028° 13.225932°*	

Profondità (ml.)	Quota assoluta (ml.)	Potenza (ml.)	Campioni prelevati	Descrizione litologica dei terreni (ASTM D 2488-69-1975)	Osservazioni
1.0	1.0	1.0		Limo di colore bruno con ghiaie sparse di dimensioni cm, frammenti di materiale inerte e resti vegetali.	TERRENO DI RIPORTO
2.0		2.0		Ghiaie eterogenee di dimensioni medie in matrice limosa di colore marrone, con clasti sub-arrotondati di origine prevalentemente calcarea.	DEPOSITI ALLUVIONALI TERRAZZATI
3.0	3.0				
	3.4	0.4		Livello limoso-sabbioso di colore nocciola, con concrezioni carbonatiche, e ghiaietto sparso di dimensioni mm.	
4.0		2.4		Ghiaie eterogenee di dimensioni medie in matrice limosa di colore marrone, con clasti sub-arrotondati di origine prevalentemente calcarea.	
5.0	5.8				
		0.2		Livello sabbioso.	
6.0	6.0				
		1.2	C1	Limo-sabbioso di colore nocciola, privo di stratificazione, abbastanza compatto.	
7.0	7.2				
8.0		2.6		Limo di colore nocciola a tratti di colore grigio-verdastro, con sottili livelli sabbiosi privo di stratificazione, abbastanza compatto.	
9.0					
	9.8				
10.0				Argille di colore grigio plumbeo, alternate a sottilissimi livelli sabbiosi anch’essi di colore grigio, con incluse minute concrezioni di origine gessosa, molto consistenti, stratificate, tendenzialmente fratturate nei primi metri.	FORMAZIONE GESSOSO - SOLFIFERA
11.0		3.2			
12.0					
	13.0				
13.0					
14.0					
15.0					
16.0					
17.0					
18.0					
19.0					
	19.4				
20.0					
21.0					

Rivestimento provvisorio

FALDA ACQUIFERA

GeoPocket Rp (kg/cmq) 1 2 3 4

S.P.T. N. di colpi ogni 15 cm

n1 - n2 - n3

Profondità

Inclinometro

INDAGINE REPERITA - S4

DR. UMBERTO FIUMANI C. Geol. F.G.S.
STUDIO GEOGNOSTICO I-60027 OSIMO

Coordinate :
Data : 21.1.00

Committente : FABBRONI

Lavoro n.: 016A
Cantiere : CALDAROLA

SONDAGGIO NUMERO: 1
Quota piano di campagna:

VT/PP kPa	Camp. n.	Prove Laboratorio	Livello Acqua	Tipo Litologico	Prof. m.	Spessore m.	Quota m.	Legenda
					0.00			
				RIPORTO: massicciata.		(0.70)		
					0.70			
VT 30				ARGILLA localmente limosa, nocciola inglobante elementi ghiaiosi e rari frammenti di laterizi in superficie.				
VT 40								
						(3.90)		
PP200 VT 80								
VT 90 PP225								
					4.60			
				GHIAIA sabbioso-limosa.		(1.40)		
					6.00			
				SABBIA limosa e LIMO sabbioso nocciola scuro.	6.30	(0.30)		
				ARGILLA nocciola-grigiastra con giunti limosi grigiastri (substrato).		(0.70)		
PP450					7.00			
				Fine Sondaggio				

Simboli :

Campione Tipo
U Indisturbato
D Disturbato
W Acqua
P Piston
J Jar
T Thin Wall
* No Recovery

In-Situ Tests
N SPT Value
+ Seating Blows
‡ Inc. Seating Blows
※ No Penetration
÷ Sampler Sank
k Permeabilita'
PBT Plate Bearing Test
CBR In-Situ CBR Test
VT Vane Test
PP Pocket Penetrometer

Livelli Acqua
Profondita'
Livello Acqua
Infiltrazione Acqua
Livello Piezometrico

NOTE :

Scala : 10m/sheet

Foglio No. 1 di 1.
Prof.: da 0 a 10 metr

Operatore : PM

Rif. n.:

Pagina n. 10

INDAGINE REPERITA - S5

DR. UMBERTO FIUMANI C. Geol. F.G.S.
STUDIO GEOGNOSTICO I-60027 OSIMO

Coordinate :
Data : 21.1.00

Committente :
FABBRONI

Lavoro n.: 016A
Cantiere : CALDAROLA

SONDAGGIO NUMERO: 2
Quota piano di campagna:

VT/PP kPa	Camp. n.	Prove Laboratorio	Livello Acqua	Tipo Litologico	Prof. m.	Spessore m.	Quota m.	Legenda
				RIPORTO: massicciata.	0.00	(0.30)		
				ARGILLA localmente limosa, nocciola inglobante elementi ghiaiosi e rari frammenti di laterizi in superficie.	0.30			
VT120 PP270	U 1	Wn=24% cu=114kPa				(3.50)		
VT 90 PP225	U 2	Wn=26% cu=98kPa						
				SABBIA ghiaiosa nocciola-giallastra.	3.80			
			▽			(2.20)		
				Fine Sondaggio	6.00			

Simboli :

Campione Tipo
U Indisturbato
D Disturbato
W Acqua
P Piston
J Jar
T Thin Wall
* No Recovery

In-Situ Tests
N SPT Value
+ Seating Blows
‡ Inc. Seating Blows
※ No Penetration
+ Sampler Sank
k Permeabilita'
PBT Plate Bearing Test
CBR In-Situ CBR Test
VT Vane Test
PP Pocket Penetrometer

Livelli Acqua
___ Profondita'
▽ Livello Acqua
▽ Infiltrazione Acqua
◊ Livello Piezometrico

NOTE :
SONDAGGIO INTERROTTO PER IL CROLLO DELLE PARETI DEL FORO DI TRIVELLAZIONE.

Scala : 10m/sheet
Foglio No. 1 di 1.
Prof.: da 0 a 10 metr

Operatore : PM
Rif. n.:
Pagina n. 11

INDAGINE REPERITA - P1

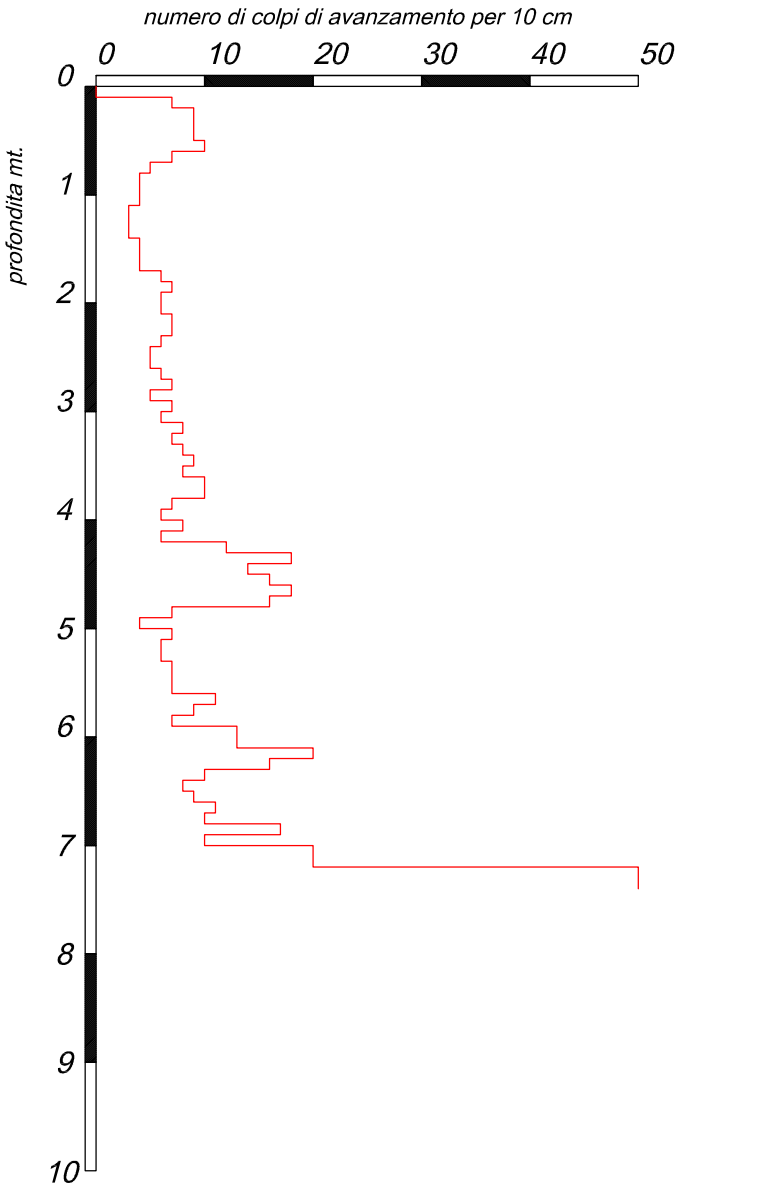
PROVA PENETROMETRICA DINAMICA (DL030) * (DIAGRAMMA)

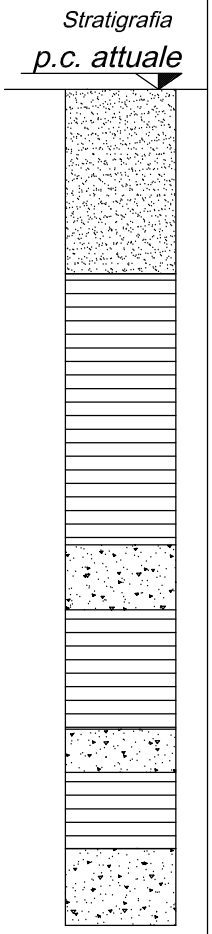
committente:

località: centro - CALDAROLA (MC)

PROVA n° **1**

del 25/7/00





* Peso delle aste = 3Kg/ml - Peso del maglio = 30 Kg - Sezione punta conica = 10 cmq - Altezza di caduta = 20 cm

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA (DL030) * (CORRELAZIONI GEOTECNICHE)

litologia prevalente	N medio	N corretto	Peso dell'unità di volume (gr/cmc) γ	Pressione verticale (gr/cmc) Pvo	Densità relativa (%) Dr	Resist. punta statica (Kg/cmq) Rp	Resist. alla compres. semplice (Kg/cmq) qu	Press. ammissibile (Kg/cmq) qa	Modulo edometrico (Holden) (Kg/cmq) Ed	Modulo edometrico (Denver) (Kg/cmq) Ed	Angolo d'attrito (Meyerof) (gradi) φ	Angolo d'attrito (Japanese) (gradi) φ
LA	5	5	1.8	0.92	37	20	1.0	1.11	96	64		
LS	6	6	1.90	3.26	26	24.0	1.2	1.11	115	77		
GS	37	37	2.0	5.05	53	297.0	4.9	6.12	**	237	42	31
LS	6	6	1.9	6.03	20	24.0	1.2	0.94	115	77		
GS	15	15	2.0	6.97	29	120.0	2.0	2.24	576	96	37	25
LS	10	10	1.90	7.61	23	40.0	2.0	1.44	192	128		
GG	45	45	2.00	8.24	47	360.0	6.0	6.28	**	288	44	34

LEGENDA: A=argilla; L=limo; S=sabbia G=ghiaia

INDAGINE REPERITA - P2

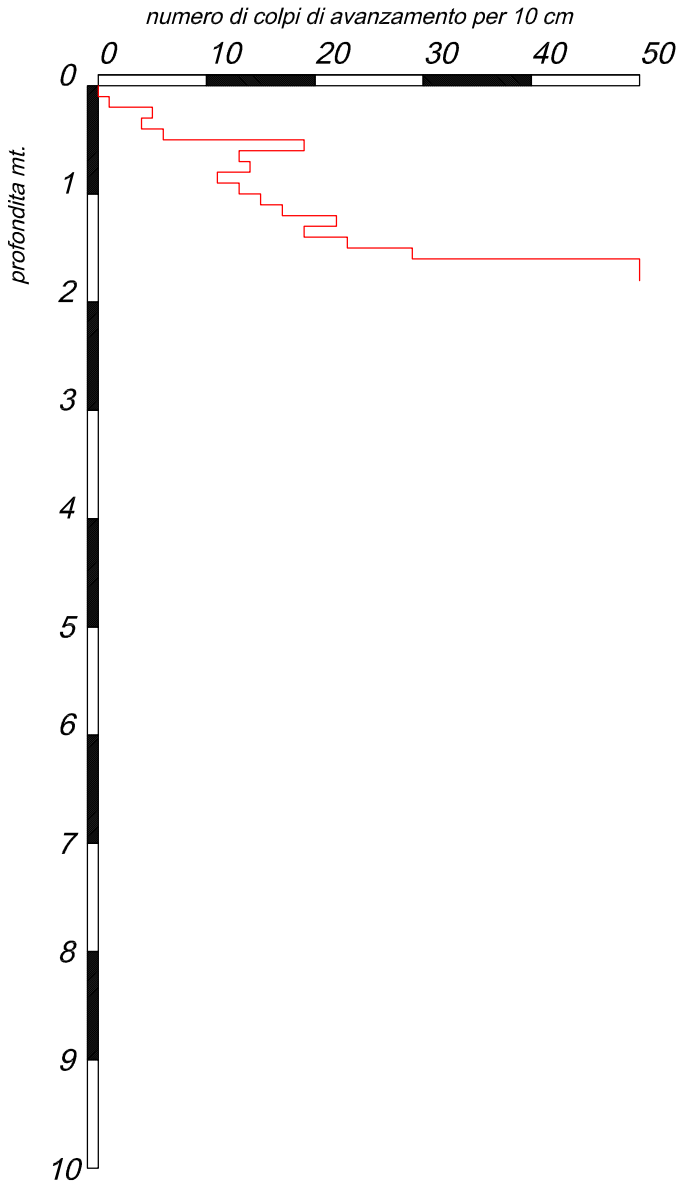
PROVA PENETROMETRICA DINAMICA (DL030) * (DIAGRAMMA)

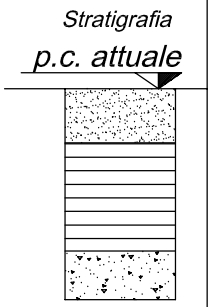
committente:

località: centro - CALDAROLA (MC)

PROVA n° **2**

del 25/7/00





* Peso delle aste = 3Kg/ml - Peso del maglio = 30 Kg - Sezione punta conica = 10 cmq - Altezza di caduta = 20 cm

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA (DL030) * (CORRELAZIONI GEOTECNICHE)

litologia prevalente	N medio	N corretto	Peso dell'unità di volume (gr/cmc) γ	Pressione verticale (gr/cmc) Pvo	Densità relativa (%) Dr	Resist. punta statica (Kg/cmq) Rp	Resist. alla compres. semplice (Kg/cmq) qu	Press. ammissibile (Kg/cmq) qa	Modulo edometrico (Holden) (Kg/cmq) Ed	Modulo edometrico (Denver) (Kg/cmq) Ed	Angolo d'attrito (Meyerof) (gradi) φ	Angolo d'attrito (Japanese) (gradi) φ
LA	3	3	1.8	0.27	37	12.0	0.6	0.70	58	38		
LS	15	15	1.9	1.05	61	60.00	3.0	3.29	288	192		
GG	80	80	2.00	1.81	119	640.0	10.7	16.55	**	512	45	44

LEGENDA: A=argilla; L=limo; S=sabbia G=ghiaia

INDAGINE REPERITA - P3

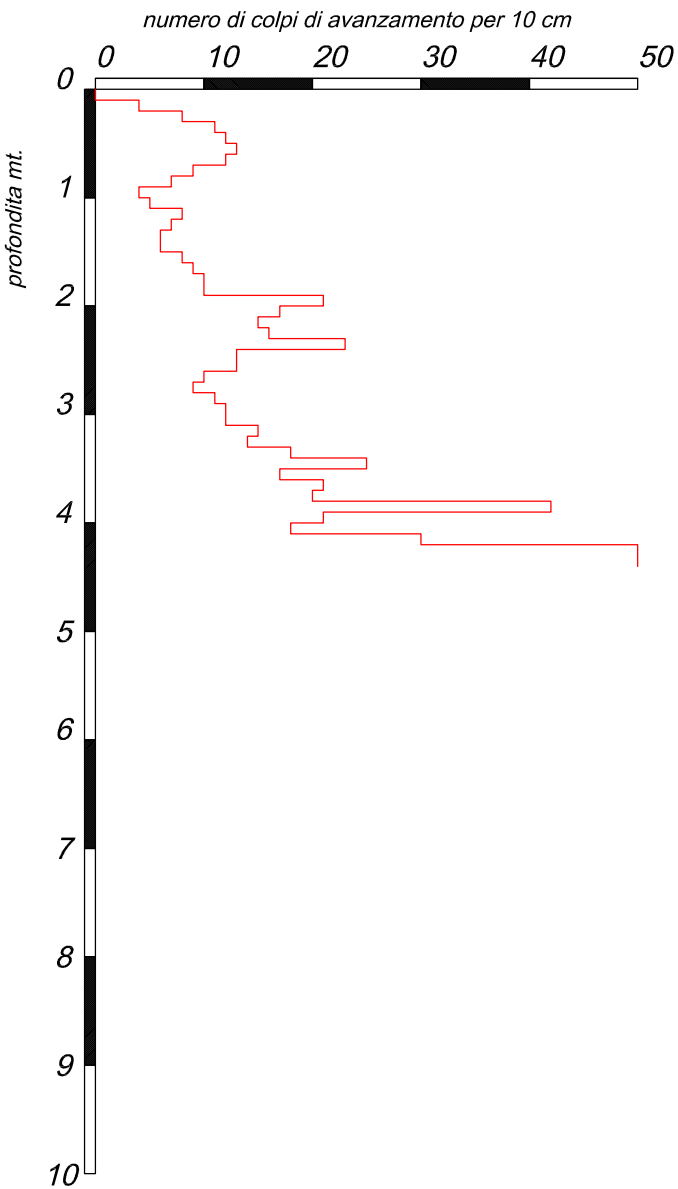
PROVA PENETROMETRICA DINAMICA (DL030) * (DIAGRAMMA)

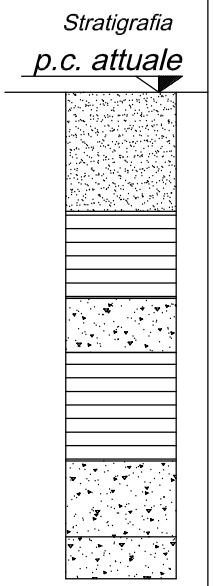
committente:

località: centro - CALDAROLA (MC)

PROVA n° **3**

del 25/7/00





* Peso delle aste = 3Kg/ml - Peso del maglio = 30 Kg - Sezione punta conica = 10 cmq - Altezza di caduta = 20 cm

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA (DL030) * (CORRELAZIONI GEOTECNICHE)

litologia prevalente	N medio	N corretto	Peso dell'unità di volume (gr/cmc) γ	Pressione verticale (gr/cmc) Pvo	Densità relativa (%) Dr	Resist. punta statica (Kg/cmq) Rp	Resist. alla compres. semplice (Kg/cmq) qu	Press. ammissibile (Kg/cmq) qa	Modulo edometrico (Holden) (Kg/cmq) Ed	Modulo edometrico (Denver) (Kg/cmq) Ed	Angolo d'attrito (Meyerof) (gradi) ϕ	Angolo d'attrito (Japanese) (gradi) ϕ
LA	7	7	1.8	0.59	49	28.0	1.4	1.59	134	90		
LS	8	8	1.9	1.64	39	32.0	1.6	1.67	154	102		
GS	18	18	2.00	2.4	51	144.0	2.4	3.56	691	115	38	25
LS	12	12	1.9	3.27	37	48.0	2.4	2.23	230	154		
GS	23	23	2.0	0.42	95	184.0	31	4.01	883	147	39	27
GG	34	34	2.00	1.02	93	272.0	4.5	5.73	**	218	42	30

LEGENDA: A=argilla; L=limo; S=sabbia G=ghiaia

GEOSONDAGGI SAS
VIA CAMPIGLIA. 25 - MONTE SAN GIUSTO (MC)
329 2955106 -- 0733 53663
geosondaggi@yahoo.it

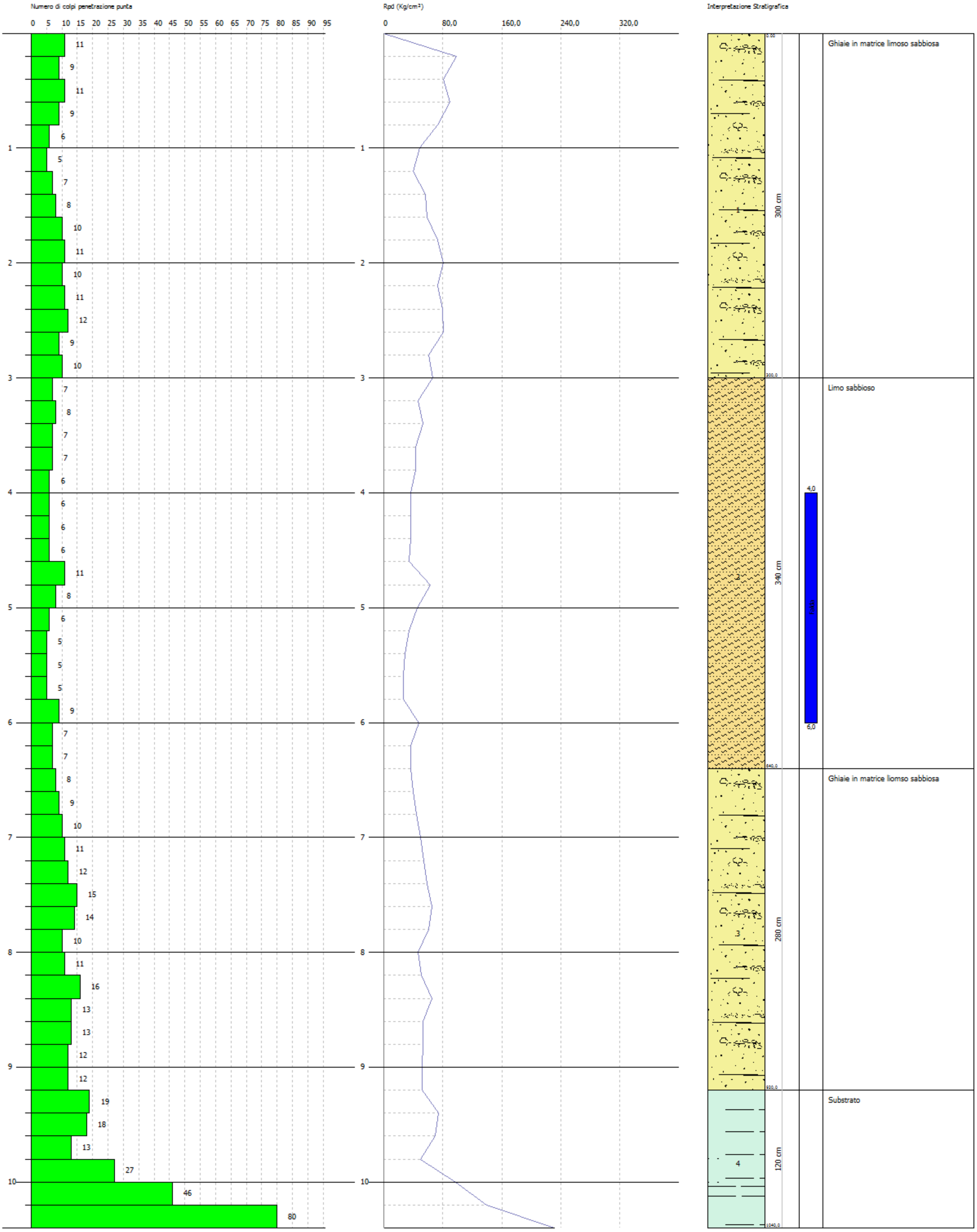
INDAGINE REPERITA - P4

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.1
Strumento utilizzato... DPSH TG 63-200 PAGANI

Committente: Dott. Carlo Quochi Pallotta
Descrizione:
Località: Caldarola (MC)

Data: 08/01/2019

Scala 1:50



SIGNATURE 1

SIGNATURE 2

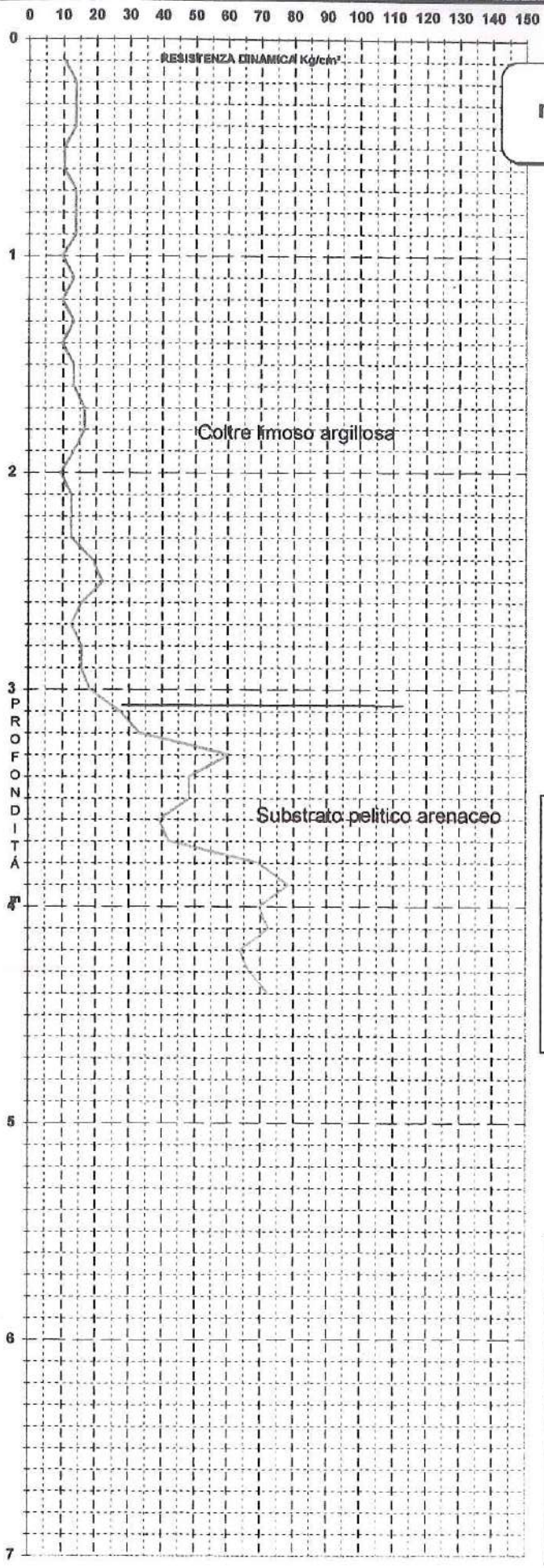
LOCALITA': CALDAROLA - VIA FALERIENSE

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA

INDAGINE REPERITA - P5

COMMITTENTE: MONTECCHI NORMA GABRIELLI MARIA GABRIELLI FABRIZIO

Profondità	N	RDP	RDP	Cu	E
0,1	3	10,3	10,3	0,5	21
0,2	4	13,7	13,7	0,7	27
0,3	4	13,7	13,7	0,7	27
0,4	4	13,7	13,7	0,7	27
0,5	3	10,3	10,3	0,5	21
0,6	3	10,3	10,3	0,5	21
0,7	4	13,7	13,7	0,7	27
0,8	4	13,7	13,7	0,7	27
0,9	4	13,7	13,7	0,7	27
1,0	3	9,8	9,8	0,5	20
1,1	4	13,1	13,1	0,6	26
1,2	3	9,8	9,8	0,5	20
1,3	4	13,1	13,1	0,6	26
1,4	3	9,8	9,8	0,5	20
1,5	4	13,1	13,1	0,6	26
1,6	4	13,1	13,1	0,6	26
1,7	5	16,4	16,4	0,8	33
1,8	5	16,4	16,4	0,8	33
1,9	4	13,1	13,1	0,6	26
2,0	3	9,4	9,4	0,4	19
2,1	4	12,6	12,6	0,6	25
2,2	4	12,6	12,6	0,6	25
2,3	4	12,6	12,6	0,6	25
2,4	6	18,8	18,8	0,9	38
2,5	7	22,0	22,0	1,0	44
2,6	5	15,7	15,7	0,7	31
2,7	4	12,6	12,6	0,6	25
2,8	5	15,7	15,7	0,7	31
2,9	5	15,7	15,7	0,7	31
3,0	6	18,1	18,1	0,9	36
3,1	9	27,1	27,1	1,3	54
3,2	11	33,1	33,1	1,6	66
3,3	20	60,2	60,2	2,9	120
3,4	16	48,2	48,2	2,3	96
3,5	16	48,2	48,2	2,3	96
3,6	13	39,1	39,1	1,9	78
3,7	14	42,1	42,1	2,0	84
3,8	23	69,2	69,2		138
3,9	26	78,3	78,3		157
4,0	24	69,4	69,4		139
4,1	25	72,3	72,3		145
4,2	22	63,6	63,6		127
4,3	23	66,5	66,5		133
4,4	25	72,3	72,3		145
4,5		0,0			
4,6		0,0			
4,7		0,0			
4,8		0,0			
4,9		0,0			
5,0		0,0			
5,1		0,0			
5,2		0,0			
5,3		0,0			
5,4		0,0			
5,5		0,0			
5,6		0,0			
5,7		0,0			
5,8		0,0			
5,9		0,0			
6,0		0,0			
6,1		0,0			
6,2		0,0			
6,3		0,0			
6,4		0,0			
6,5		0,0			
6,6		0,0			
6,7		0,0			
6,8		0,0			
6,9		0,0			
7,0		0,0			



n° 1

valori di resistenza in Kg/ cm²

parametri di correlazione: Cu = 21; E = 2.

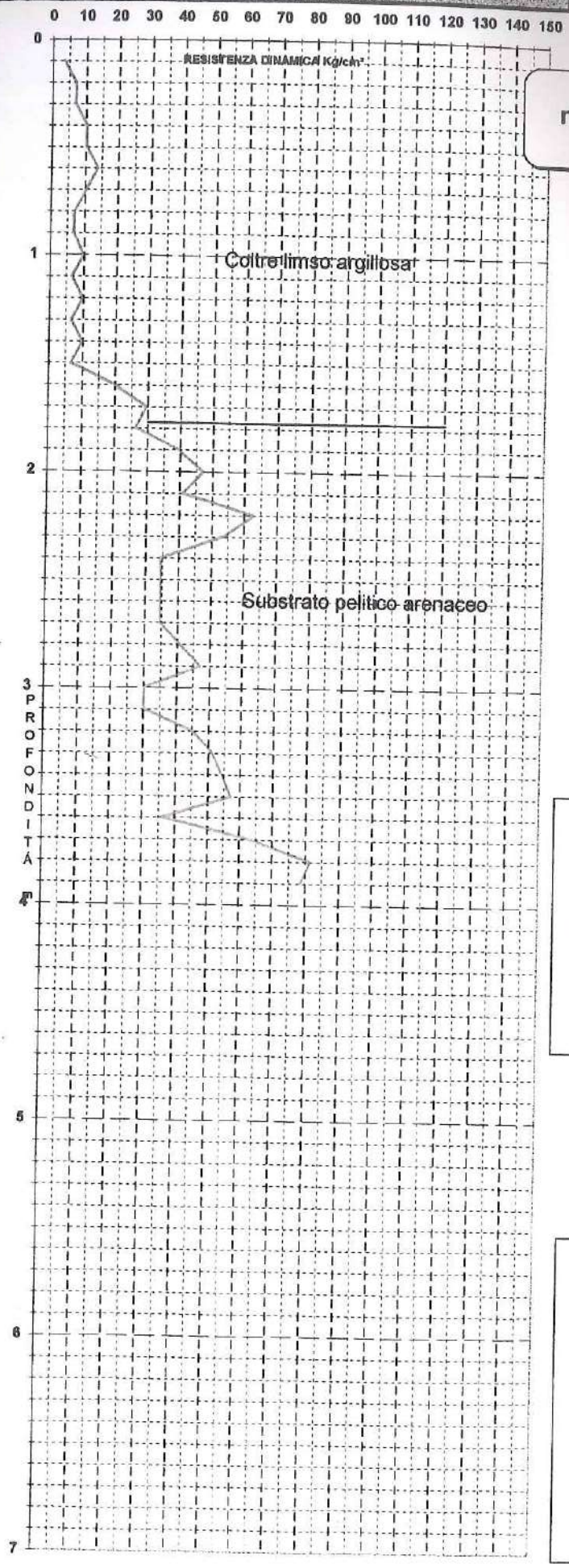
LOCALITA': CALDAROLA - VIA FALERIENSE

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA

INDAGINE REPERITA - P6

COMMITTENTE: MONTECCHI NORMA - GABRIELLI MARIA - GABRIELLI FABRIZIO

Profondità	N	RDP	RDP	Cu	E
0,1	1	3,4	3,4	0,2	7
0,2	2	6,9	6,9	0,3	14
0,3	2	6,9	6,9	0,3	14
0,4	3	10,3	10,3	0,5	21
0,5	3	10,3	10,3	0,5	21
0,6	4	13,7	13,7	0,7	27
0,7	3	10,3	10,3	0,5	21
0,8	2	6,9	6,9	0,3	14
0,9	2	6,9	6,9	0,3	14
1,0	3	9,8	9,8	0,5	20
1,1	2	6,6	6,6	0,3	13
1,2	3	9,8	9,8	0,5	20
1,3	2	6,6	6,6	0,3	13
1,4	3	9,8	9,8	0,5	20
1,5	2	6,6	6,6	0,3	13
1,6	6	19,7	19,7	0,9	39
1,7	9	29,5	29,5	1,4	59
1,8	8	26,2	26,2	1,2	52
1,9	12	39,3	39,3	1,9	79
2,0	15	47,1	47,1	2,2	94
2,1	13	40,8	40,8	1,9	82
2,2	20	62,8	62,8	3,0	126
2,3	17	53,4	53,4	2,5	107
2,4	11	34,5	34,5	1,6	69
2,5	11	34,5	34,5	1,6	69
2,6	11	34,5	34,5	1,6	69
2,7	11	34,5	34,5	1,6	69
2,8	13	40,8	40,8	1,9	82
2,9	15	47,1	47,1	2,2	94
3,0	10	30,1	30,1	1,4	60
3,1	10	30,1	30,1	1,4	60
3,2	15	45,2	45,2	2,2	90
3,3	17	51,2	51,2	2,4	102
3,4	18	54,2	54,2	2,6	108
3,5	19	57,2	57,2	2,7	114
3,6	12	36,1	36,1	1,7	72
3,7	21	63,2	63,2		126
3,8	27	81,3	81,3		163
3,9	26	78,3	78,3		157
4,0		0,0			
4,1		0,0			
4,2		0,0			
4,3		0,0			
4,4		0,0			
4,5		0,0			
4,6		0,0			
4,7		0,0			
4,8		0,0			
4,9		0,0			
5,0		0,0			
5,1		0,0			
5,2		0,0			
5,3		0,0			
5,4		0,0			
5,5		0,0			
5,6		0,0			
5,7		0,0			
5,8		0,0			
5,9		0,0			
6,0		0,0			
6,1		0,0			
6,2		0,0			
6,3		0,0			
6,4		0,0			
6,5		0,0			
6,6		0,0			
6,7		0,0			
6,8		0,0			
6,9		0,0			
7,0		0,0			



n° 2

valori di resistenza in Kg/ cm²

parametri di correlazione: Cu = 21; E = 2.

STATION INFORMATION

Station code: 001

Model: SARA GEOBOX

Sensor: SARA SS45PACK (integrated 4.5 Hz sensors)

Notes: -

PLACE INFORMATION

Place ID: 001

Address: Via Falerense

Latitude: 4777487.66 m N

Longitude: 355720.48 m E

Coordinate system: WGS84

Elevation: 315 m s.l.m.

Weather: Cielo sereno, no vento

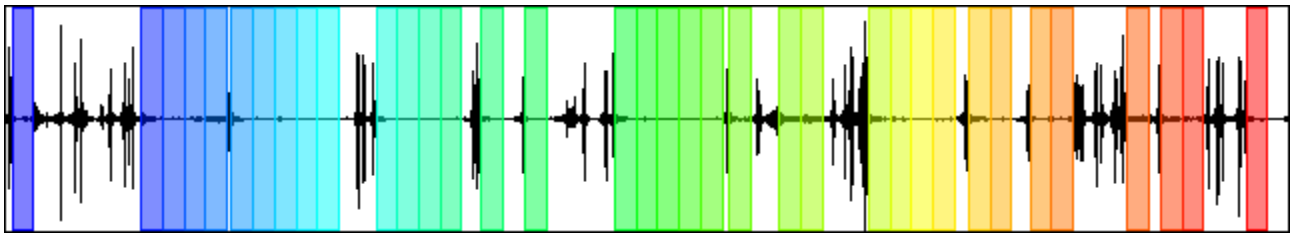
Notes: -

SIGNAL AND WINDOWING

Sampling frequency:	300 Hz
Recording start time:	2022/03/13 10:12:24
Recording length:	20 min
Windows count:	36
Average windows length:	20
Signal coverage:	60%

11839 Counts

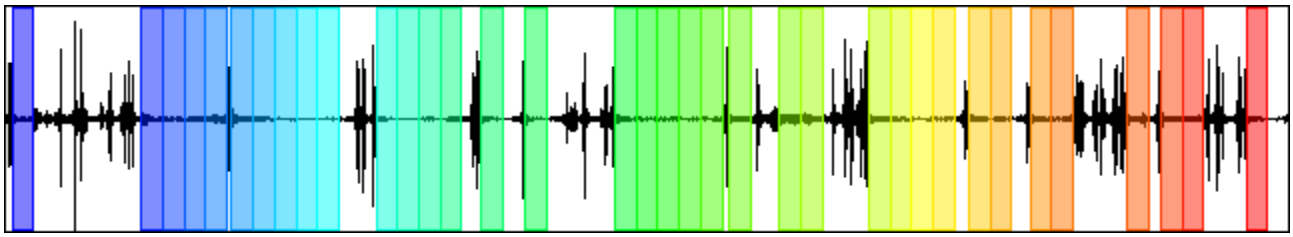
CHANNEL #1 [V]



-13582 Counts

16421 Counts

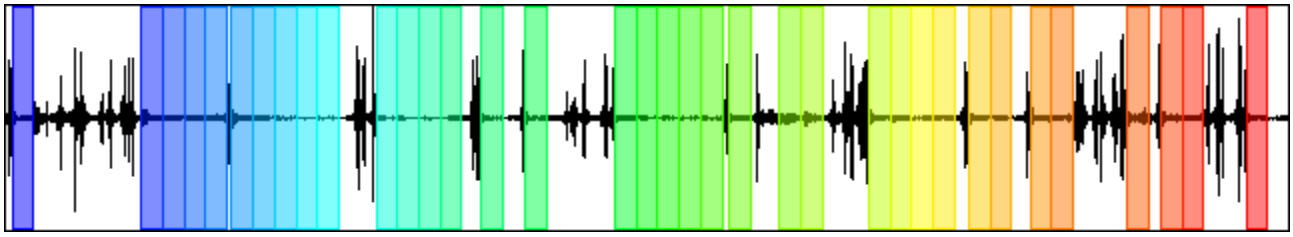
CHANNEL #2 [N]



-18893 Counts

15552 Counts

CHANNEL #3 [E]



-13173 Counts

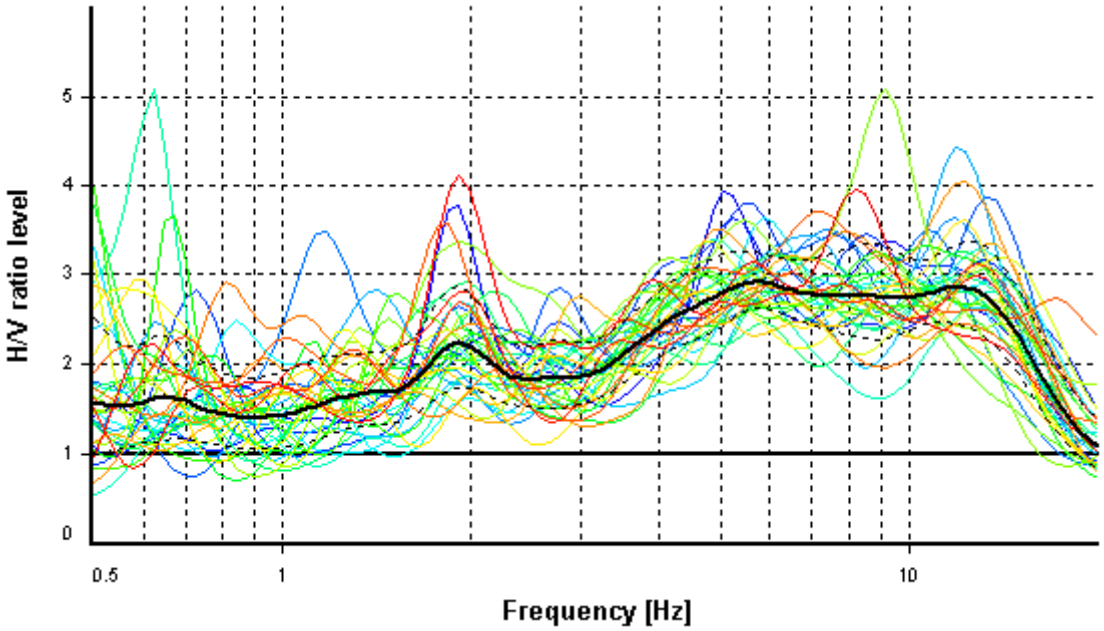
HVSR ANALYSIS

Tapering: Enabled (Bandwidth = 40%)

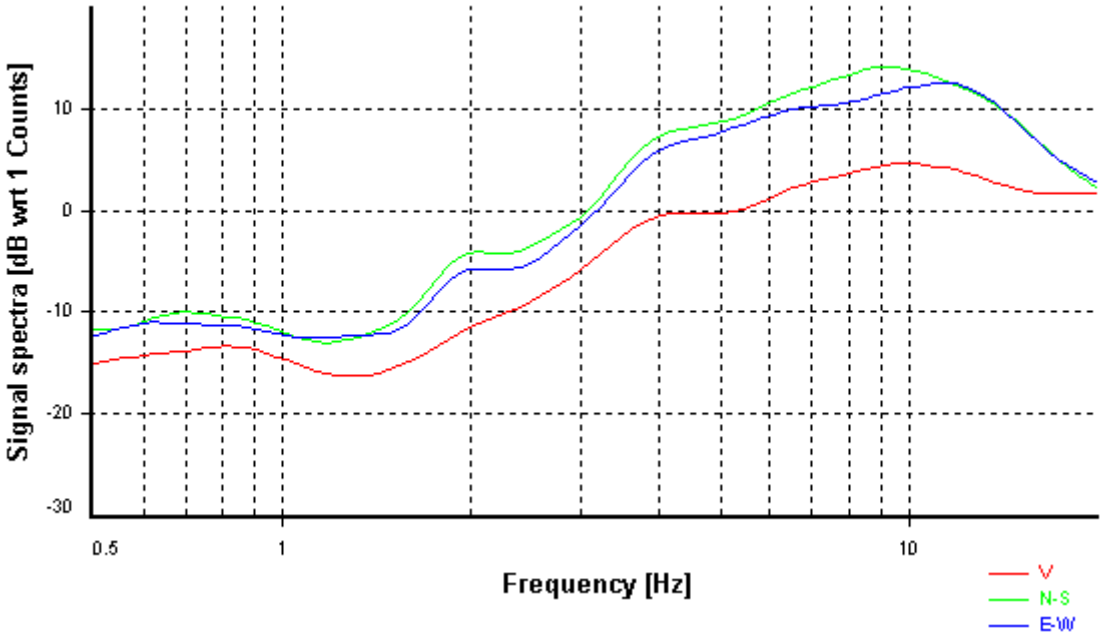
Smoothing: Konno-Ohmachi (Bandwidth coefficient = 20)

Instrumental correction: Disabled

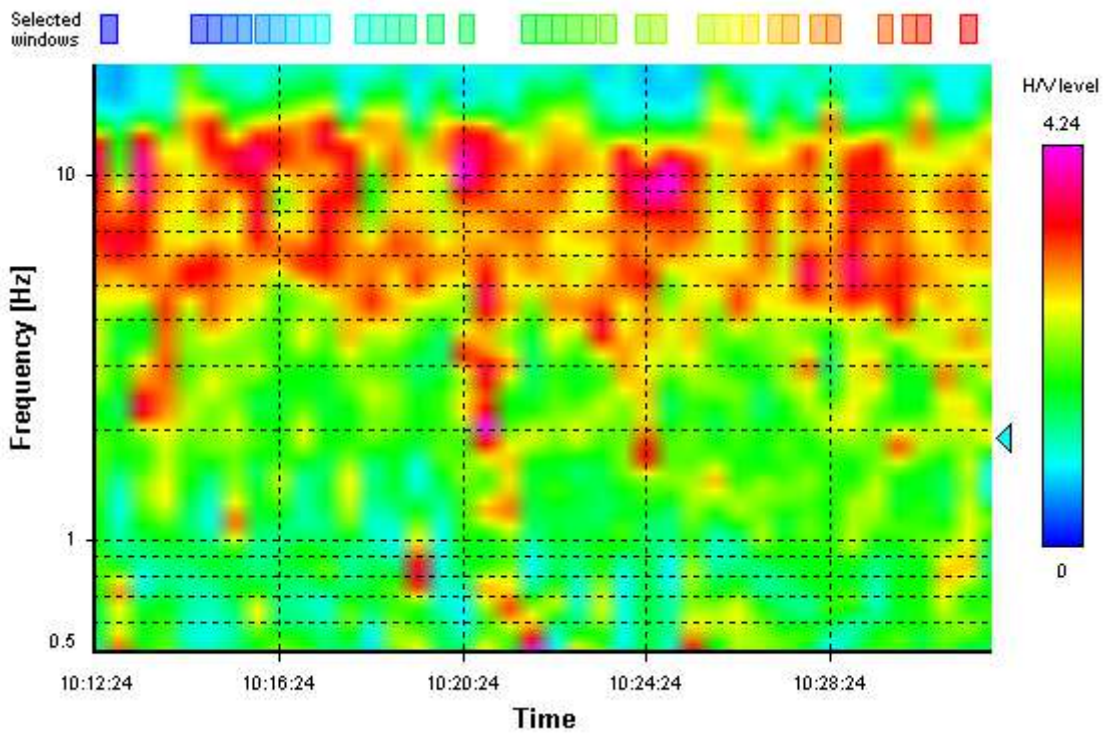
HVSR average



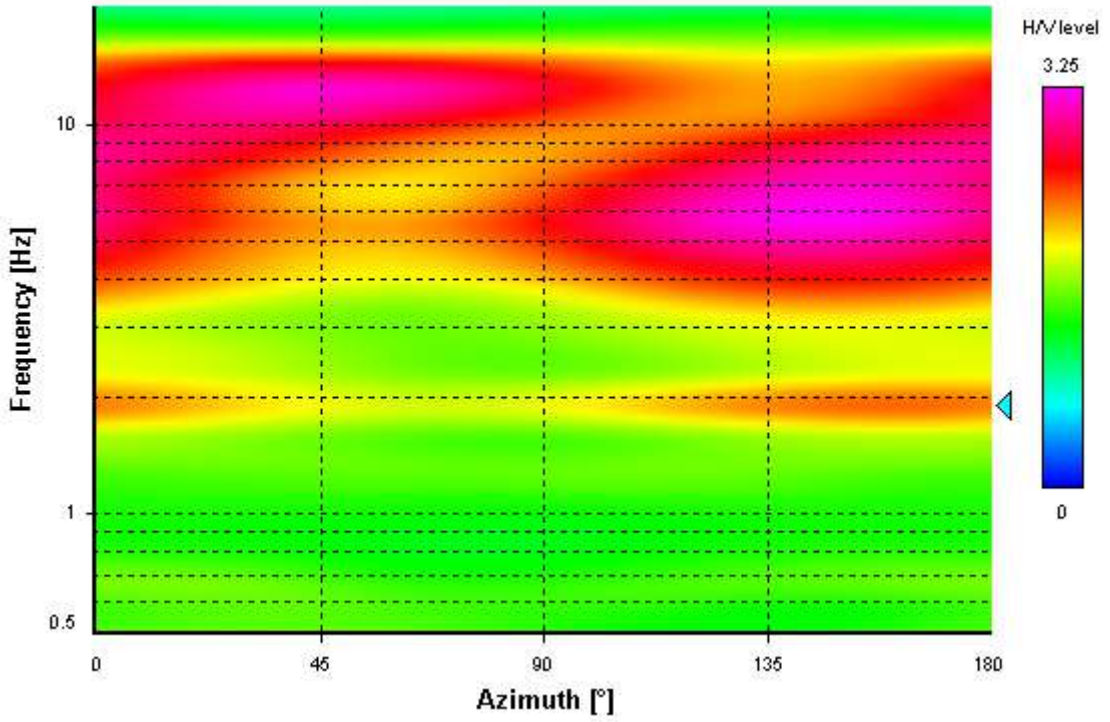
Signal spectra average



HVSR time-frequency analysis (30 seconds windows)



HVSR directional analysis



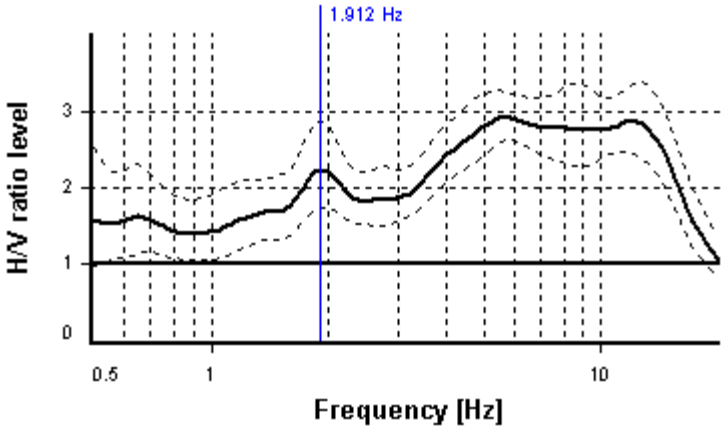
SESAME CRITERIA

Selected f_0 frequency

1.912 Hz

A_0 amplitude = *2.237*

Average f_0 = *2.027 ± 0.469*



HVSR curve reliability criteria		
$f_0 > 10 / L_w$	36 valid windows (length > 5.23 s) out of 36	OK
$n_c(f_0) > 200$	1376.8 > 200	OK
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$	Exceeded 0 times in 37	OK
HVSR peak clarity criteria		
$\exists f^-$ in $[f_0/4, f_0]$ | $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$	0 Hz	NO
$\exists f^+$ in $[f_0, 4f_0]$ | $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$	0 Hz	NO
$A_0 > 2$	2.24 > 2	OK
$f_{peak}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	0% <= 5%	OK
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.4693 >= 0.19122	NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	1.28513 < 1.78	OK
Overall criteria fulfillment		NO

STATION INFORMATION

Station code: 002

Model: SARA GEOBOX

Sensor: SARA SS45PACK (integrated 4.5 Hz sensors)

Notes: -

PLACE INFORMATION

Place ID: 002

Address: Via Falerense

Latitude: 4777398.59 m N

Longitude: 355720.19 m E

Coordinate system: WGS84

Elevation: 318 m s.l.m.

Weather: Cielo sereno, no vento

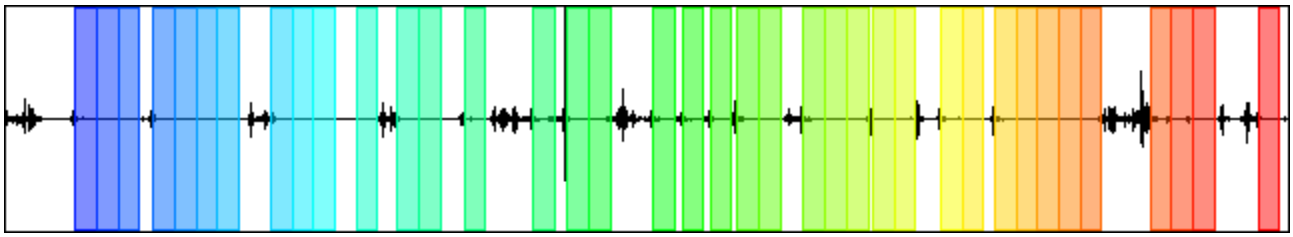
Notes: -

SIGNAL AND WINDOWING

Sampling frequency:	300 Hz
Recording start time:	2022/03/13 10:44:29
Recording length:	20 min
Windows count:	38
Average windows length:	20
Signal coverage:	63.34%

24321 Counts

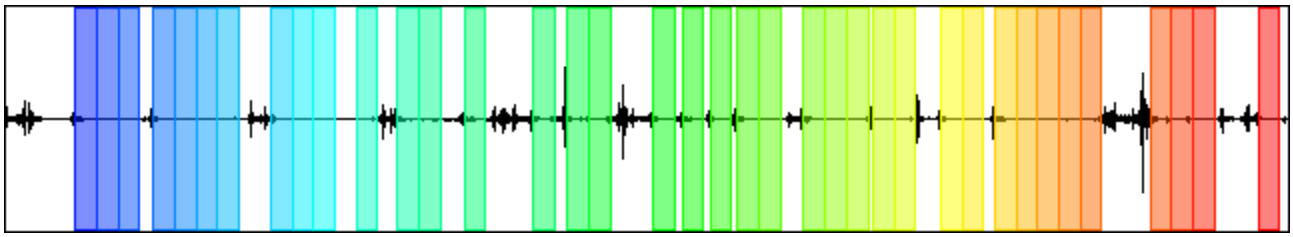
CHANNEL #1 [V]



-13259 Counts

23364 Counts

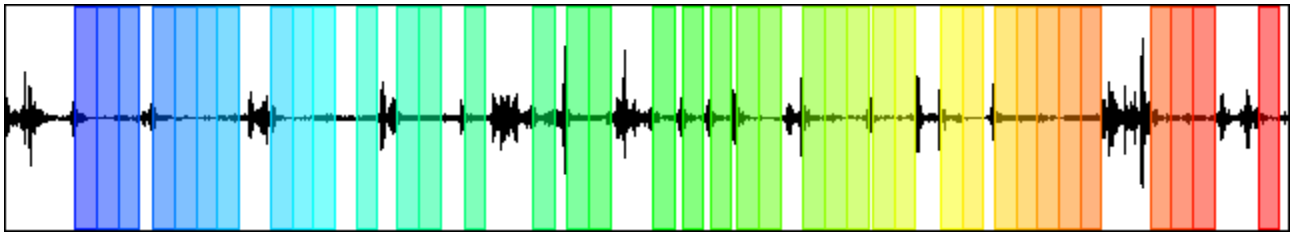
CHANNEL #2 [N]



-42650 Counts

15528 Counts

CHANNEL #3 [E]



-13104 Counts

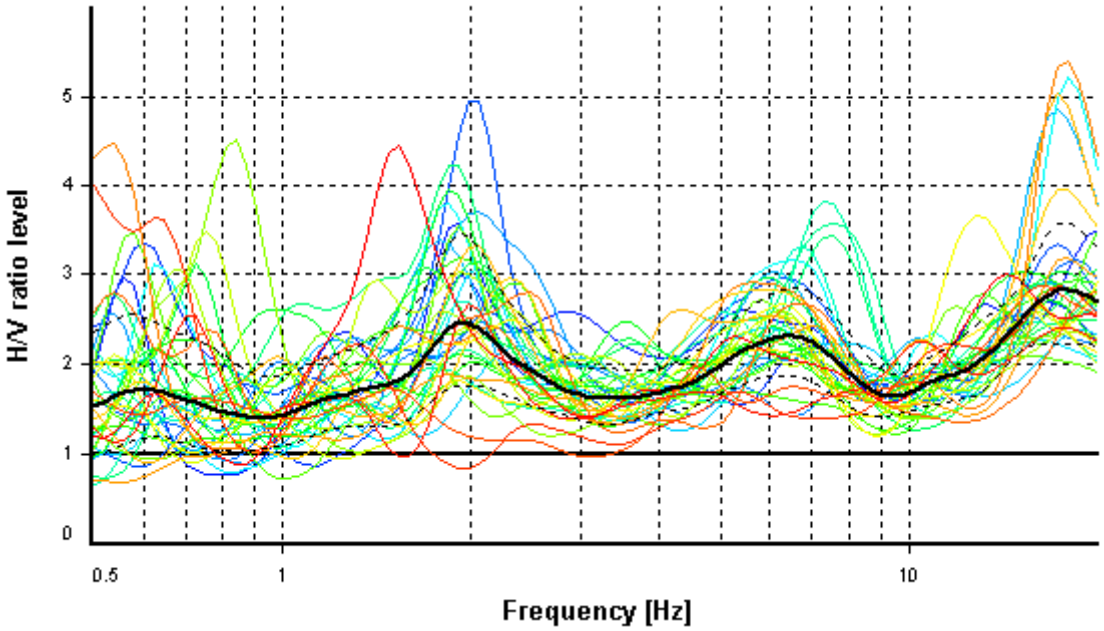
HVSR ANALYSIS

Tapering: Enabled (Bandwidth = 40%)

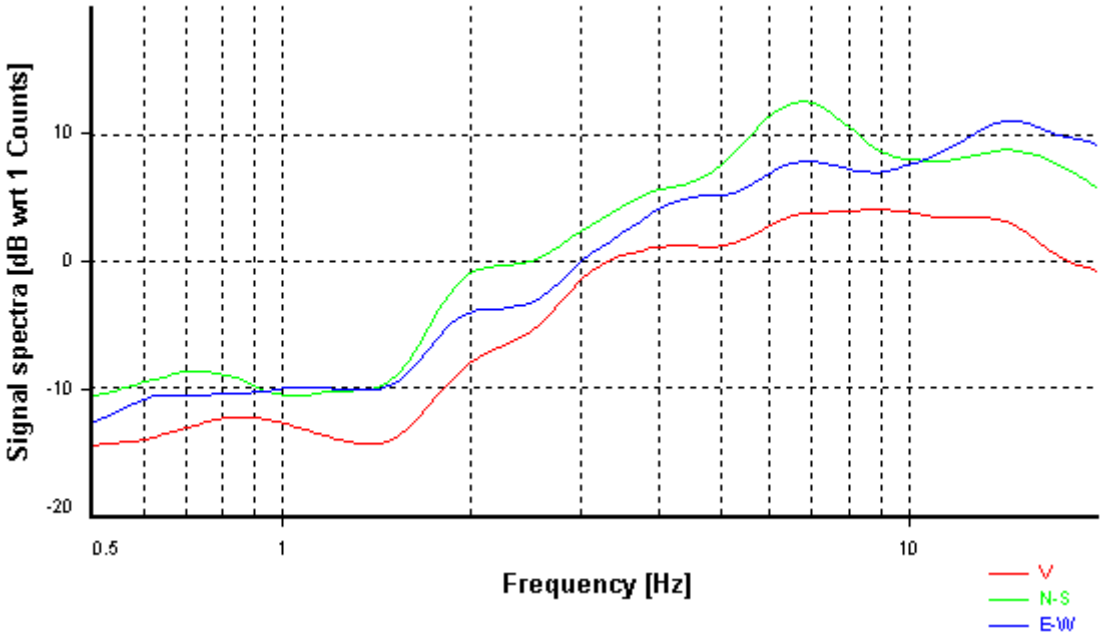
Smoothing: Konno-Ohmachi (Bandwidth coefficient = 20)

Instrumental correction: Disabled

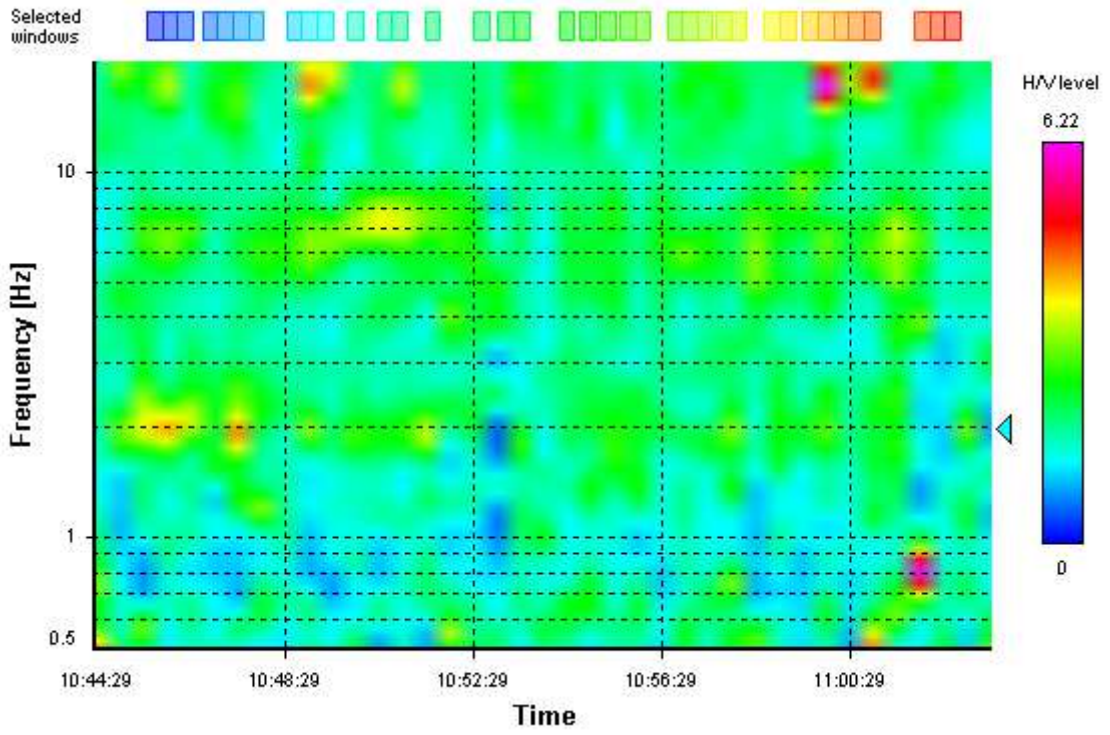
HVSR average



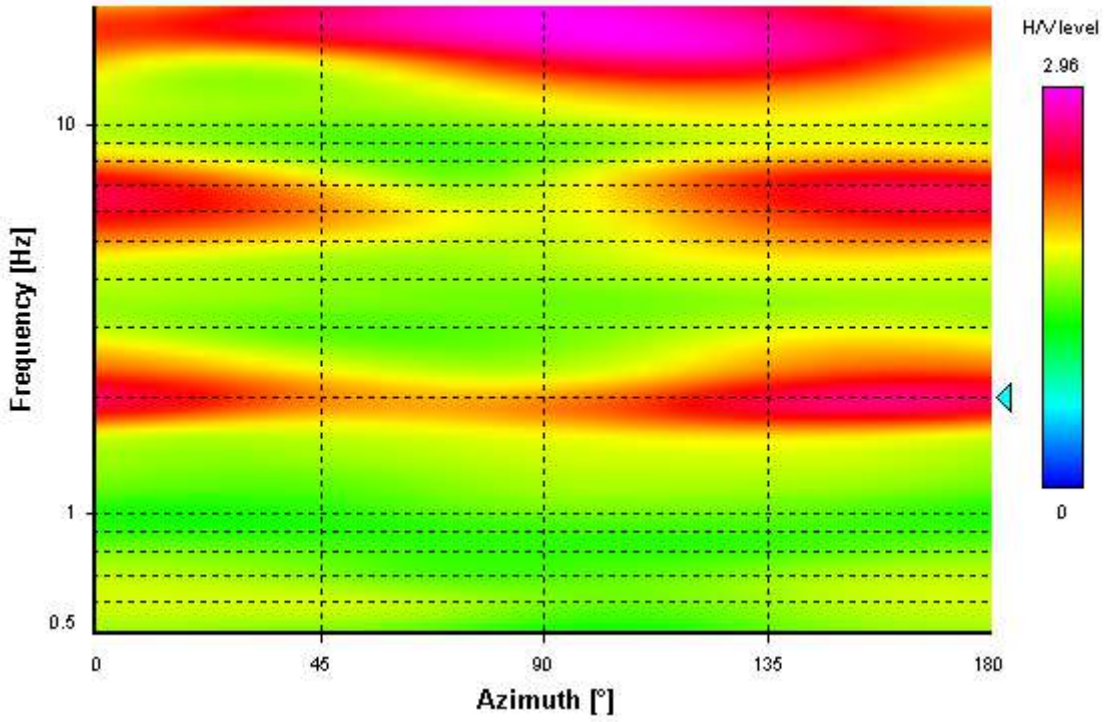
Signal spectra average



HVSR time-frequency analysis (30 seconds windows)



HVSR directional analysis



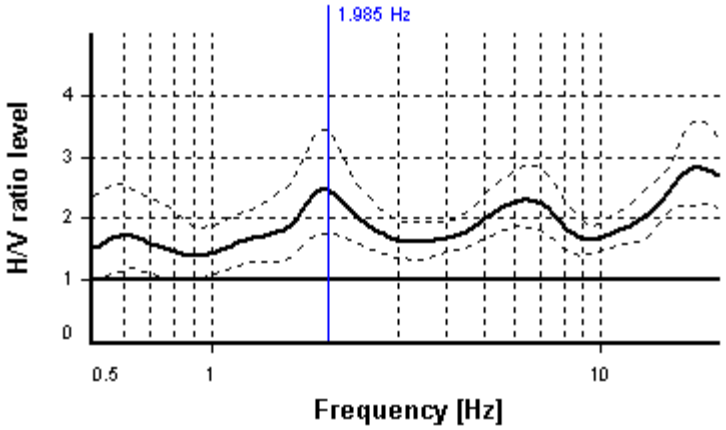
SESAME CRITERIA

Selected f_0 frequency

1.985 Hz

A_0 amplitude = *2.461*

Average f_0 = *1.934 ± 0.259*



HVSR curve reliability criteria		
$f_0 > 10 / L_w$	38 valid windows (length > 5.04 s) out of 38	OK
$n_c(f_0) > 200$	1508.46 > 200	OK
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$	Exceeded 0 times in 37	OK
HVSR peak clarity criteria		
$\exists f^-$ in $[f_0/4, f_0]$ | $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$	0 Hz	NO
$\exists f^+$ in $[f_0, 4f_0]$ | $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$	0 Hz	NO
$A_0 > 2$	2.46 > 2	OK
$f_{peak}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	3.66% <= 5%	OK
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.25872 >= 0.19848	NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	1.39959 < 1.78	OK
Overall criteria fulfillment		NO

Indirizzo | Coordinate | Isole

Indirizzo

WGS84: Lat 43.136058 - Lng 13.225970

ED50: Lat 43.137014 - Lng 13.226898

Visualizza vertici della maglia di appartenenza

Stati limite

Classe Edificio

II. Affollamento normale. Assenza di funz. pubbl...

Vita Nominale 50

Interpolazione Media ponderata

CU = 1

Stato Limite	Tr [anni]	a_g [g]	Fo	Tc* [s]
Operatività (SLO)	30	0.059	2.494	0.277
Danno (SLD)	50	0.074	2.474	0.290
Salvaguardia vita (SLV)	475	0.178	2.491	0.336
Prevenzione collasso (SLC)	975	0.229	2.526	0.343
Periodo di riferimento per l'azione sismica:	50			

Coefficienti sismici

Tipo: Stabilità dei pendii e fondazioni

Muri di sostegno che non sono in grado di subire spostamenti.

H (m): 1

us (m): 0.1

Cat. Sottosuolo: B

Cat. Topografica: T2

	SLO	SLD	SLV	SLC
SS Amplificazione stratigrafica	1,20	1,20	1,20	1,17
CC Coeff. funz categoria	1,42	1,41	1,37	1,36
ST Amplificazione topografica	1,20	1,20	1,20	1,20

Acc.ne massima attesa al sito [m/s²]: 0.6

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0.017	0.021	0.062	0.090
kv	0.009	0.011	0.031	0.045
Amax [m/s²]	0.835	1.046	2.513	3.159
Beta	0.200	0.200	0.240	0.280

REGIONE MARCHE – L.R. 22 DEL 23/11/2011, ART. 10
COMPATIBILITA' IDRAULICA DELLE TRASFORMAZIONI TERRITORIALI

DGR N. 53 DEL 27/01/2014

ASSEVERAZIONE SULLA COMPATIBILITA' IDRAULICA DELLE TRASFORMAZIONI TERRITORIALI

(Verifica di Compatibilità Idraulica e/o Invarianza Idraulica)

Il/~~l~~ sottoscritto~~/i~~ MAURO CATALDI

nato/~~a~~ a TOLENTINO (MC) il 15/03/1982
residente a CALDAROLA (MC) in via DELLE CONCIE n 19

in qualità di: ☐ ~~tecnico dell'Ente .....~~ ☑ Libero professionista
in possesso di ~~diploma~~/laurea MAGISTRALE IN SCIENZE GEOLOGICHE
incaricato/~~a~~, nel rispetto delle vigenti disposizioni che disciplinano l'esercizio di attività professionale/~~amministrativa~~, da (ente pubblico o altro soggetto) AMMINISTRAZIONE COMUNALE DI CALDAROLA
in data con Determina/Delibera n. ,
(*DA REPLICARE PER OGNI SOGGETTO INCARICATO*)

(*selezionare le voci secondo i casi trattati: sola verifica di compatibilità idraulica, sola invarianza idraulica, entrambe*)

☑ **di redigere la Verifica di Compatibilità Idraulica**

☐ **di definire le misure compensative rivolte al perseguimento dell'invarianza idraulica, per la seguente trasformazione/intervento che può provocare una variazione di permeabilità superficiale:**

RELAZIONE GEOLOGICA E SULLA MODELLAZIONE SISMICA RELATIVA ALLA VARIANTE N. 2 AL PRG PER LA REALIZZAZIONE DI UN NUOVO PARCHEGGIO DI SCAMBIO PER LA MOBILITÀ DOLCE

DICHIARA /~~DICHIARANO~~

☑ di aver redatto la Verifica di Compatibilità Idraulica prevista dalla L.R. n. 22/2011 conformemente ai criteri e alle indicazioni tecniche stabilite dalla Giunta Regionale ai sensi dell'art. 10, comma 4 della stessa legge.

☑ che la Verifica di Compatibilità Idraulica ha almeno i contenuti minimi stabiliti dalla Giunta Regionale.

☑ di aver ricercato, raccolto e consultato le mappe catastali, le segnalazioni/informazioni relativi a eventi di esondazione/allagamento avvenuti in passato e dati su criticità legate a fenomeni di esondazione/allagamento in strumenti di programmazione o in altri studi conosciuti e disponibili.

☑ che l'area interessata dallo strumento di pianificazione

☑ non ricade / ~~☐ ricade parzialmente / ☐ ricade integralmente~~, nelle aree mappate nel Piano stralcio di bacino per l'Assetto Idrogeologico (PAI - ovvero da analoghi strumenti di pianificazione di settore redatti dalle Autorità di Bacino/Autorità di distretto).

☑ di aver sviluppato i seguenti livelli/fasi della Verifica di Compatibilità Idraulica:

- ☑ Preliminare;
- ○ Semplifica;
- ○ Completa.

☑ di avere adeguatamente motivato, a seguito della Verifica Preliminare, l'esclusione dai successivi livelli di analisi della Verifica di Compatibilità Idraulica.

☐ ~~di avere adeguatamente motivato l'utilizzo della sola Verifica Semplificata, senza necessità della Verifica Completa.~~

☐ ~~in caso di sviluppo delle analisi con la Verifica Completa, di aver individuato la pericolosità idraulica che contraddistingue l'area interessata dallo strumento di pianificazione secondo i criteri stabiliti dalla Giunta Regionale.~~

☐ ~~che lo strumento di pianificazione/trasformazione/intervento ricade nella seguente classe (rif. Tab. 1, Titolo III, dei criteri stabiliti dalla Giunta Regionale) – barrare quella maggiore:~~

~~☐ trascurabile impermeabilizzazione potenziale;~~
~~☐ modesta impermeabilizzazione potenziale;~~
~~☐ significativa impermeabilizzazione potenziale;~~
~~☐ marcata impermeabilizzazione potenziale.~~

☐ ~~di aver definito le misure volte al perseguimento dell'invarianza idraulica, conformemente ai criteri stabiliti dalla Giunta Regionale ai sensi dell'art. 10, comma 4 della stessa legge.~~

☐ ~~che la valutazione delle misure volte al perseguimento dell'invarianza idraulica ha almeno i contenuti minimi stabiliti dalla Giunta Regionale.~~

☐ ~~che le misure volte al perseguimento dell'invarianza idraulica sono quelle migliori conseguibili in funzione delle condizioni esistenti, ma inferiori a quelli previsti per la classe di appartenenza (rif. Tab. 1, Titolo III), ricorrendo le condizioni di cui al Titolo IV, Paragrafo 4.1.~~

ASSEVERA ~~/ ASSEVERANO~~

☑ la compatibilità tra lo strumento di pianificazione e le pericolosità idrauliche presenti, secondo i criteri stabiliti dalla Giunta Regionale ai sensi dell'art. 10, comma 4 della stessa legge.

☐ ~~che per ottenere tale compatibilità sono previsti interventi per la mitigazione della pericolosità e del rischio, dei quali è stata valutata e indicata l'efficacia.~~

☐ ~~la compatibilità tra la trasformazione/intervento previsto e il perseguimento dell'invarianza idraulica, attraverso l'individuazione di adeguate misure compensative, secondo i criteri stabiliti dalla Giunta Regionale ai sensi dell'art. 10, comma 4 della stessa legge.~~

Luogo, data CALDAROLA, 15/03/2022

Il/~~i~~ dichiarante/~~i~~