PROGETTO DELLA CENTRALE SOLARE "SOLAR HILLS"

da 85,12 MWp - Manciano (GR)

REGIONE TOSCANA

GR02

PROGETTO DEFINITIVO

RELAZIOIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA IDROGEOLOGICA E SISMICA

Proponente

MAAG ULIVO S.R.L.

Via Edoardo Maragliano, 43 - 00100 (RM)

OXY CAPITAL ADVISORS

Investitore agricolo superintensivo

OXY CAPITAL ADVISOR S.R.L.

Via A. Bertani, 6 - 20154 (MI)

OLIO DANTE

progetto verde studio di architettura del paesaggio

Progetto dell'inserimento paesaggistico e mitigazione

Progettista: Agr. Fabrizio Cembalo Sambiase, Arch. Alessandro Visalli

Collaboratori: Urb. Patrizia Ruggiero, Arch. Anna Manzo, Agr. Giuseppe Maria Massa

Progettazione elettrica e civile

Progettista: Ing. Rolando Roberto, Ing. Giselle Roberto

Collaboratori: Ing. Marco Beltano, Ing. Simone Bonacini

AEDES GROUP ENGINEERING

Progettazione oliveto superintensivo

Progettista: Agron. Giuseppe Rotigliano

MARE RINNOVABILI

Consulenza geologia

Geol. Gaetano Ciccarelli

Consulenza archeologia

Apoikia S.R.L.

Via Sant'Anna dei Lombardi, 16 - 80134 (NA)

Dott. Ing. ROLANDO ROBERTO ORDINE INGEGNERI ROMA n. A 35440 settore a

rev	descrizione	formato	elaborazione	controllo	approvazione
00	Prima consegna		Carmine Perna	Gaetano Ciccarelli	Fabrizio Cembalo Sambiase
01					
02					
03					
04					
05					
06					
07					

05 ● 2023

CEMBALO SAMBIASE SANSEVE. FABRIZIO
2023.07.28 12:05:18
CN=CEMBALO SAMBIASE SANSEVE. FABRIZIO
C=IT
O=ENTRATEL
2.5.4.11=EN. iscr. 774
RSA/2048 bit

ORDINE DOTTORI AGRONOMI E DOTTORI FORESTALI N. 774 SEZ. A Prov. NA

DOTTORE AGRONOMO FABRIZIO CEMBALO SAMBIASE SANSEV

SOMMARIO

1 PREMESSA 4
2 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E NORME DI RIFERIMENTO 4
2.1 Coerenza dello studio con le norme vigenti 6
3 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO 7
4 NORMATIVA RIFERIMENTO 7
5 ASSETTO FISICO E GEOLOGICO 8
5.1 Quadro geologico di riferimento 9
6 MODELLO GEOLITOLOGICO 11
7 ASSETTO GEOMORFOLOGICO 11
8 CIRCOLAZIONE IDRICA 12
9 INDAGINI DI RIFERIMENTO 15
10 ANALISI DEI DATI DELLE INDAGINI: MODELLAZIONE GEOTECNICA 16
10.1 Modello stratigrafico e geotecnico medio del sottosuolo 16
11 PERICOLOSITÀ SISMICA 24
11.1 Sismicità storica ed hazard sismico 24
11.1.1 Hazard Sismico 26
11.2 Classificazione Sismica 27
11.3 Magnitudo di riferimento 30
12 VERIFICA A LIQUEFAZIONE 34
13 ANALISI DEI VINCOLI IDROGEOLOGICI 35
13.1 p.a.i. - pericolosità idraulica e geomorfologica 35
14 CONCLUSIONI 39
15 LIMITAZIONI 41

INDICE DELLE TABELLE

Tabella n. 3-1 Documenti di riferimento 7
Tabella n. 11-1 Elenco degli eventi sismici sia storici che strumentali che hanno interessato direttamente o indirettamente l'area in studio (Comune di Manciano). Is - intensità al sito (MCS); AE - Denominazione dell'area dei maggiori effetti; Io - Intensità epicentrale (MCS); Mw - magnitudo momento. 25
Tabella n. 11-2 Valori dei parametri per la definizione del periodo di ritorno 30
Tabella n. 11-3. Zonazione sismogenetica ZS9 – App.2 al Rapporto Conclusivo Simboli: #: Valore fissato (zona di vulcanismo recente). *: "Giudizio Esperto" 32
Tabella n. 11-4 Valori medi Magnitudo e Distanza in base al metodo della disaggregazione 34

INDICE DELLE FIGURE

Nel dettaglio l'area di studio, osservabile in Figura n. 2-1, presenta quote di circa 120 metri s.l.m. 5
Figura n. 2-2. Inquadramento geografico generale dell'area in esame, Google Earth 5
Figura n. 2-3 Google – Vista stato di fatto del sito 5
Figura n. 2-4 Google – Vista del sito con l'ipotesi di progetto 6
Figura n. 5-1 Schema geologico 1: aree delle formazioni della Serie Toscana e dei flysh prevalenti 2: area delle formazioni neogeniche e quaternarie prevalenti – 3: area delle formazioni vulcaniche prevalenti 9
Figura n. 5-2. Stralcio del Foglio 136 Tuscania della Carta Geologica d'Italia, scala 1:100.000- nel poligono rosso l'area di progetto – 10
Figura n. 7-1 Ubicazione topografica del sito 12
Figura n. 8-1 Stralcio della Carta Idrogeologica dell'Italia Centrale – In rosso l'area di studio 15
Figura n. 10-1 Ubicazione indagini di riferimento 23
Figura n. 11-1 Stralcio DBMI15 Massime intensità macrosismiche osservate (2015) 24
Figura n. 11-2 Grafico illustrante la storia sismica di Manciano. Sulle ascisse sono riportati i riferimenti temporali espressi in anni, sulle ordinate le intensità sismiche (I) degli eventi rilevati (da https://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15_v1.5/query_place/) 26
Figura n. 11-3 DISS 3.2.1 Sorgenti sismogenetiche 26
Figura n. 11-4 Mappa di pericolosità sismica del territorio regionale del Lazio e Toscana(da Meletti & Montaldo 2007) contenuta nel Progetto S1 dell'INGV-DPC (http://esse1.mi.ingv.it/d2.html) 29
Figura n. 11-5 Mappa interattiva della pericolosità sismica di Manciano (http://esse1-gis.mi.ingv.it) 30
Figura n. 11-6 Zone sismogenetiche dell'area di studio – geoportale nazionale 31
Figura n. 13-1 Limite del bacino distrettuale dell'appennino centrale 36
Figura n. 13-2 Aree sottoposte a tutela per dissesto idrogeologico – scala 1:25000 – 37
Figura n. 13-3 PAI – Carta di Tutela del Territorio – servizio WMS – . In rosso l'area di inserimento del parco fotovoltaico. 38

1 PREMESSA

La presente relazione espone le risultanze degli studi geologici, geologico-tecnici e geosismici a supporto del progetto definitivo dell'impianto fotovoltaico nel tenimento comunale di Manciano (GR).

Lo studio, in ossequio alle vigenti norme, definisce le caratteristiche geologiche, geomorfologiche, idrogeologiche e del rischio sismico locale della zona interessata dai lavori, compreso gli scenari di rischio in base ai vigenti piani di assetto idrogeologico.

I temi affrontati dallo studio alla scala locale sono stati inquadrati nel contesto generale del territorio prendendo come riferimento la bibliografia relativa alle note illustrative della Carta Geologica d'Italia 1:100.000, ovvero, del foglio n. 136 Tuscania.

In conformità con la norma NF P94-500 (versione novembre 2013) e la DFG-189.12.21-SON-075 B del 01/12/2021, la sezione geologico-tecnica del presente studio determina la natura e le proprietà geotecniche dei terreni per identificare eventuali rischi del sedime delle fondazioni dei pannelli solari.

Lo studio è stato sviluppato secondo il seguente programma:

- Indagine bibliografica e documentaristica per l'inquadramento geografico e territoriale dell'area in esame;
- Studio ed analisi della cartografia e bibliografia geologica, nel dettaglio il Foglio 344 della Carta Geologica d'Italia del Progetto CARG per la definizione delle caratteristiche geologiche tecniche e stratigrafiche;
- Analisi geomorfologia condotta su supporti cartografici disponibili;
- Analisi del "Progetto di Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico della competente Autorità di Bacino;
- Analisi delle carte dei vincoli e delle aree protette;
- Studio della circolazione idrica superficiale e del sottosuolo;
- Analisi delle carte inventario dei fenomeni franosi e della sismicità storica;
- Analisi dei dati delle indagini di riferimento e modellazione geotecnica del sottosuolo;
- Modellazione geotecnica e sismica del sito.

2 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E NORME DI RIFERIMENTO

L'area in esame è ubicata a sud del centro abitato del Comune di Manciano in provincia di Grosseto in una porzione di territorio a confine tra la Toscana ed il Lazio con coordinate:

- 42° 27' 04" N
- 11° 32' 54" E

Il sito di studio è inserito in un contesto agricolo; in particolare, il sito si trova a nord di diversi impianti fotovoltaici esistenti di Montalto di Castro secondo le visualizzazioni satellitari. Dal punto di vista geografico il territorio comunale di Manciano è compreso entro fasce altimetriche generalmente inferiori a 515 metri s.l.m. e mediamente di 262 metri s.l.m., le quote più alte sono riferibili ai rilievi di Montauto, mentre le quote minime si individuano nel settore meridionale in corrispondenza dei fossi. Nel territorio comunale di Manciano

insistono alcuni fossi di carattere torrentizio e pluviale, mentre il corso d'acqua principale è rappresentato dal Fiume Albegna comunque in una porzione nord del comune e distante dall'area di progetto.

Nel dettaglio l'area di studio, osservabile in Figura n. 2-1, presenta quote di circa 120 metri s.l.m.

Figura n. 2-2. Inquadramento geografico generale dell'area in esame, Google Earth

Figura n. 2-3 Google – Vista stato di fatto del sito

Figura n. 2-4 Google – Vista del sito con l'ipotesi di progetto

2.1 COERENZA DELLO STUDIO CON LE NORME VIGENTI

Gli studi sono stati condotti nel rispetto delle indicazioni contenute nell'art. 41 del D.P.R. 328/01, nelle "Norme Tecniche per le Costruzioni" NTC 2018 approvate con il decreto MIT del 17.01.2018, pubblicate sulla Serie Generale n. 42 del 20.02.2018 in vigore dal 22.03.2018.

Con riferimento al § C 10.1 della Circ. Min. Infr. 7 del 21.01.2019 (S.O. n. 5 G.U. n. 35 dell'11.02.2019) recante "Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni"» di cui al D.M. 17 gennaio 2018", la presente contiene la "relazione geologica sulle indagini, la caratterizzazione e la modellazione geologica del sito" (§ 6.2.1 delle NTC e § C 6.2.1 della Circolare) e la "relazione sulla modellazione sismica concernente la pericolosità sismica di base del sito di costruzione" (§ 3.2 delle NTC e § C 3.2 della Circolare) e si pone a compendio della documentazione per l'ottenimento dell'autorizzazione sismica in conformità a quanto previsto dagli articoli 93 e 94 del D.P.R. 380/2001.

In base alla classificazione sismica del comune di Manciano (zona sismica 3 ai sensi della D.G.R. Toscana n. 421/2014) e alla tipologia di progetto, la Classe d'Uso è pari a IV ai sensi del § 2.4.2 delle NTC2018, sì che si definisce l'opera come rilevante.

Per quanto disposto dalle norme regionali ed in relazione al richiesto Piano delle Indagini ed in relazione alla Classe d'Uso IV, trattandosi comunque di opere che prevedono fondazioni formate da piccole piastre di modesta ampiezza a cui affidare carichi ridotti e in assenza di scavi ed opere di contenimento importanti, le indagini programmate ed eseguite sono state ridotte, così come esplicitate nel successivo § 9 della presente relazione; anche in considerazione dell'ampio novero di prove sperimentali già eseguite in sede di PFTE.

Si ritiene, pertanto, adeguato la tipologia ed il numero di indagini di riferimento e quindi anche lo studio geologico del sito e la modellazione sismica, in relazione alla stessa complessità geologica, alle finalità progettuali e alle peculiarità dello scenario territoriale ed ambientale. Giudichi il progettista delle strutture,

responsabile secondo la vigente normativa in merito, se il suddetto programma di indagini risulta essere adeguato e sufficiente anche per le modellazioni geotecniche, in relazione alle caratteristiche dell'opera in progetto e alle caratteristiche del sottosuolo indagate in questa relazione. Lo scrivente sarà prontamente disponibile a curare eventuali integrazioni della campagna di indagini geotecniche, qualora il progettista lo ritenesse opportuno.

3 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

Per lo studio geologico-tecnico sono stati utilizzati i dati contenuti nei documenti di seguito elencati.

In ottemperanza alle NTC2018 e per la tipologia di opere da realizzare, le indagini geognostiche, geotecniche e geofisiche sono riportate nei documenti sottoelencati.

Nr. Rif.	Titolo documento	Autore	Anno
1	*Studio geologico per il progetto di fattibilità*	*CG Associati*	*2020*
2	*PAI Autorità di Bacino Distrettuale Italia Centrale*	*Autorità di Bacino distrettuale Italia Centrale*	
3	*Carta geologica in scala 1:50.000 – Foglio n.344*	*ISPRA prog. CARG*	

Tabella n. 3-1 Documenti di riferimento

I documenti prodotti nell'ambito del presente lavoro sono:

Sigla .	Titolo documento	Autore	Anno
GEO_01	**Stralcio della Carta geologica in scala 1:100.000 – Foglio n.136 riportata in Figura 5.1**	**Servizio Geologico d'Italia**	**-**

Figura n. 3-2 Elaborati prodotti

4 NORMATIVA RIFERIMENTO

Il quadro normativo di riferimento a cui risponde lo studio eseguito è così costituito:

- 81-2012-IEEE (Guide for Measuring Earth Resistivity, Ground Impedance, and Earth Surface Potentials of a Grounding System).
- EN 1997 - Eurocode 7: Geotechnical design. Part 1: General rules.
- EN 1997 - Eurocode 7: Geotechnical design. Part 2: Ground investigation and testing.
- EN 1997 - Eurocode 7: Part 3: Design assisted by field testing.
- Legge 02 febbraio 1974, n. 64. Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche.
- Decreto del Ministero dei Lavori Pubblici 11 marzo 1988. Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione. Coordinato con la Circolare del Ministero Lavori Pubblici, 24 settembre1988, n. 30483 - Istruzioni per l'applicazione.

- Ord.P.C.M. del 20 marzo 2003 n. 3274. Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica. e documenti correlati.
- D.M. 14 gennaio 2008 Ministero delle Infrastrutture e Trasporti - Norme Tecniche per le Costruzioni
- DPR 6 giugno 2001, n.380. Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia (Testo A)
- Circolare 2 febbraio 2009, n. 617. Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 14 gennaio 2008.
- Circolare 11 dicembre 2009. Entrata in vigore delle norme tecniche per le costruzioni di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008. Circolare 5 agosto 2009 - Ulteriori considerazioni esplicative
- "Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC)" aggiornate ai sensi del DPCM del Ministro delle infrastrutture e dei trasporti DEL 17 gennaio 2018 e successive modifiche;

5 ASSETTO FISICO E GEOLOGICO

Per quanto riguarda l'inquadramento geologico regionale dell'area in esame è stato preso come riferimento lo studio presente le Note Illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000 (Foglio 136 Tuscania).

La zona in esame ricade all'interno di una vasta area comprendente a est il litorale tirrenico, mentre verso il Lago di Bolsena i depositi dell'apparato vulcanico vulsino, i cui prodotti furono deposti in un intervallo di tempo di circa 1 milione di anni (0,88 e 0,04 M.a.). In questo intervallo di tempo, nei diversi centri eruttivi della zona, si alternarono periodi di attività eruttiva a periodi di quiescenza delle manifestazioni magmatiche. Il primo ciclo fu quello del paleovulcano di Bolsena (0,9-0,7 M.a.); seguì il gruppo vulcanico di Montefiascone (0,7-0,15 M.a.) ed infine quello di Latera (0,3 –0,03 M.a.).

Il vulcanismo associato all'alto contenuto in volatili del magma è stato prevalentemente esplosivo, con attività parossistiche che produssero vasti depositi piroclastici e successivi sprofondamenti vulcano – tettonici, dai quali si formarono le ampie caldere visibili sul territorio.

Il territorio studiato ricade nella fascia interna comprendente il gruppo dei Monti di Manciano-Campigliola nell'area della bassa Maremma e ripiano tufacei; l'area della bassa maremma è costituita da una successione di paesaggi fisiograficamente diversificati: dalle propaggini meridionali del Monte Amiata, ai ripiani tufacei al paesaggio collinare complesso formato da rilievi isolati, brevi successioni di rilievi e piccoli altopiani, fino al paesaggio agrario di fondovalle e della bonifica, e ai rilievi costieri e insulari.

Nello specifico, la zona di Manciano fa parte del sistema morfogenetico della Collina dei bacini neo-quaternari a litologie alternate, dove le forme principali sono legate ad un modellamento erosivo intenso, sono presenti rari ripiani sommitali residuali e versanti ripidi con movimenti di massa come balze e calanchi. Sono presenti litologie costituite da alternanza di depositi neoquaternari diversi con suoli dei sistemi a sabbie e argille dominanti.

Dal punto di vista dell'uso del suolo, l'area è caratterizzata da un paesaggio dove predomina il seminativo semplice e il prato da foraggio, a maglia agraria ampia di tipo tradizionale e dalla presenza di un sistema insediativo a maglia rada.

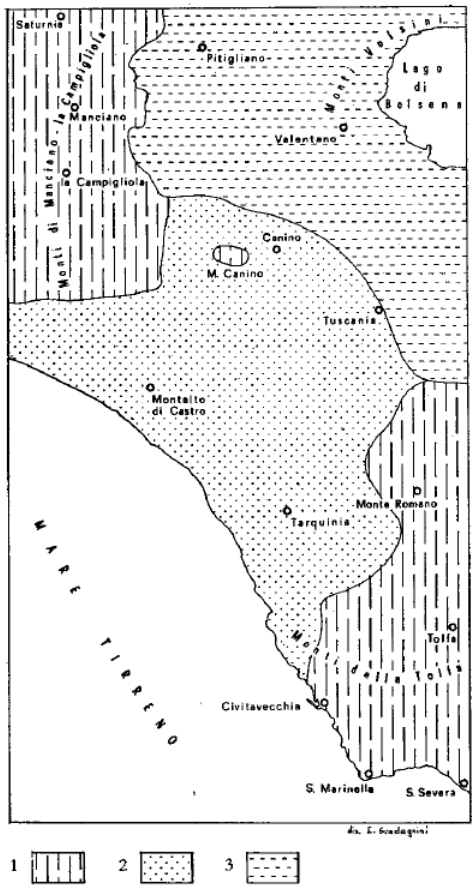


Figura n. 5-1 Schema geologico 1: aree delle formazioni della Serie Toscana e dei flysh prevalenti 2: area delle formazioni neogeniche e quaternarie prevalenti – 3: area delle formazioni vulcaniche prevalenti

5.1 QUADRO GEOLOGICO DI RIFERIMENTO

L'area in esame fa parte di una vasta area della Toscana al confine con in Lazio e l'adiacente entroterra collinare e montuoso fino al Lago di Bolsena.

Dall'analisi combinata della Carta Geologica d'Italia in scala 1:100.000 foglio 136 Tuscania e della carta geologica digitalizzata della regione Toscana sono state individuate le seguenti unità che affiorano nell'area di studio:

- Depositi alluvionali terrazzati recenti bn1 (olocene) e antichi bn2 (pleistocene)
- PIR Depositi piroclastici di colore variabile del Pleistocene olocene
- VILa Conglomerati e ciottolami poligenici (Depositi continentali rusciniani e villafranchiani)
- MESb Conglomerati poligenici da depositi lacustri e lagunari post-evaporitici messiniani

Seguono una serie di depositi marini pre-evaporitici messiniani quali

- RAQa Argille e arenarie
- RAQc Conglomerati e sabbie

- FIA Argilliti grigio-brune e calcilutiti della Formazione di Sillano – S. Fiora

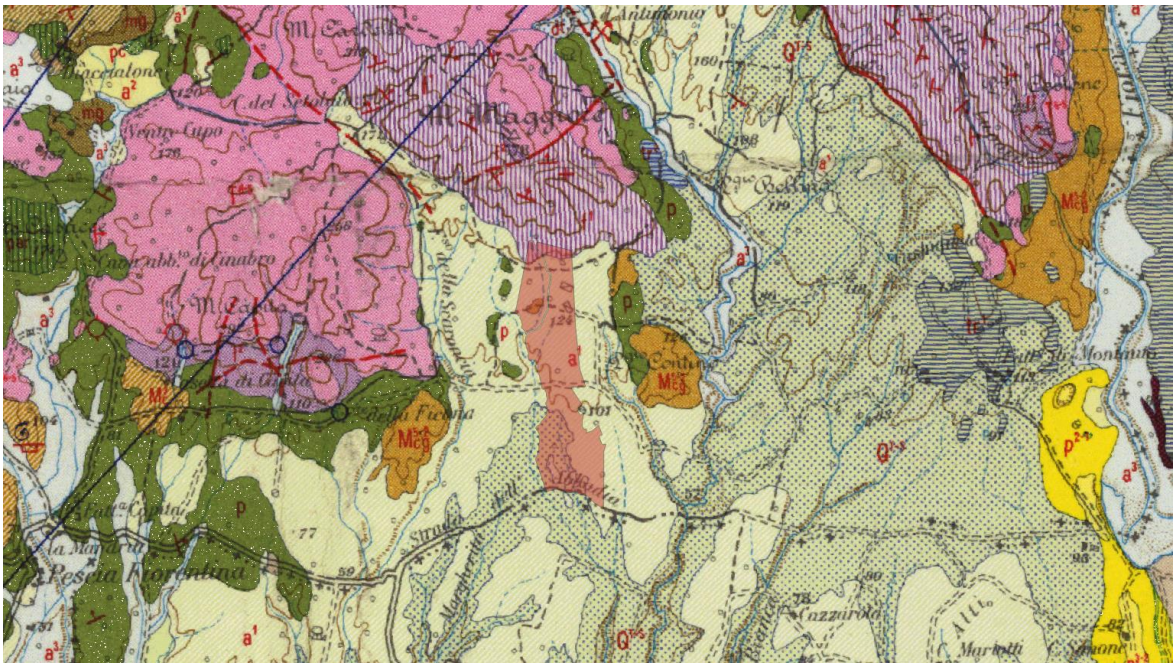
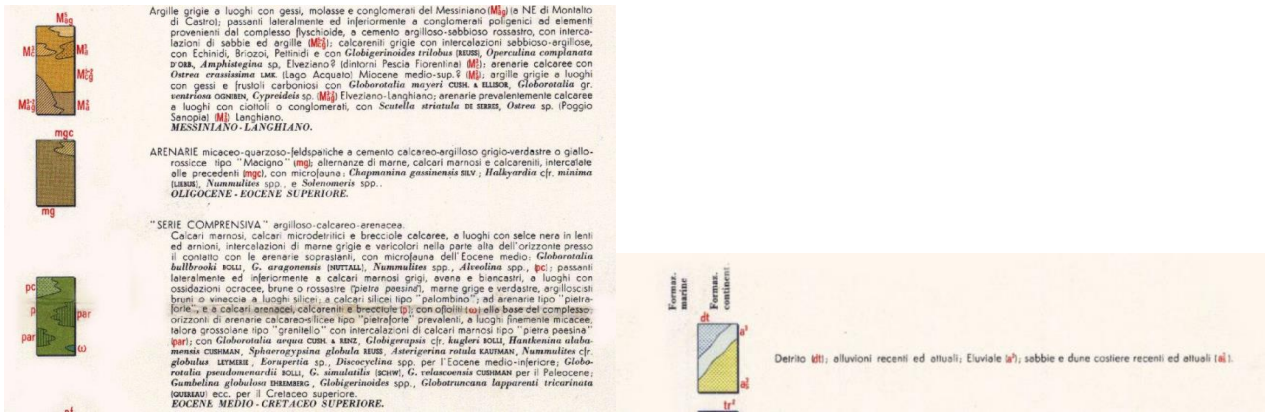


Figura n. 5-2. Stralcio del Foglio 136 Tuscania della Carta Geologica d'Italia, scala 1:100.000- nel poligono rosso l'area di progetto –



6 MODELLO GEOLITOLOGICO

Per quanto riguarda lo studio delle unità litostratigrafiche presenti nell'area in esame è stato preso come riferimento bibliografico lo studio della Carta Geologica d'Italia – Foglio 136 Tuscania. Nel presente capitolo saranno quindi analizzate e descritte brevemente le principali unità geologiche presenti nell'area in esame a partire dalla più antica alla più giovane, quella dei Depositi alluvionali (**a**)

Formazioni in facies dei Flysh – Serie Comprensiva (**p**)

Formazione fliscioide rappresentata da calcari marnosi grigi o avana chiari, in taluni orizzonti prevalenti, in altri alternati o intercalati a marne ed argille grigie, rossastre, avana o biancastre tripolacee; a luoghi passanti lateralmente a calcari marnosi grigi o avana chiari, con fitto reticolato di sottili litoclasti e con plaghe di ossidazione ocracee brune o rossastre, "pietra paesina", o a calcari marnosi silicei grigio-ferro tipo "palombino" alternati a calcareniti grigie e marne rossastre tipo "scaglia"; con intercalazioni di brecciole calcaree, calcareniti, arenarie calcarifere o calcari finemente arenacei grigio-azzurri, avana o rossastri del tipo "pietraforte"; a luoghi passanti lateralmente a calcari marnosi rosati con rare intercalazioni di argilloscisti varicolori.

Formazioni del Neogene e Quaternario – Argille e conglomerati con gessi (**M^5cg**)

Questa formazione è rappresentata da argille e argille sabbiose prevalentemente grigie, con intercalazioni di siltiti e arenarie in strati sottili e di banchi di puddinga. Contengono gesso in cristalli ed ammassi; generalmente sterili, solo talvolta presentano fossili, generalmente cretacei rimaneggiati, provenienti dall'erosione del complesso dei flysh. Nella parte alta delle formazione sono spesso presenti intercalazioni di sabbie e molasse, ma soprattutto prevalgono conglomerati in strati e banchi costituiti da elementi di rocce componenti il flysh, arrotondati, coperti da una patina brunastra e cementati da materiale argillo sabbioso rosso scuro. L'orizzonte del conglomerato non è continuo ma piuttosto lentiforme.

Sabbie più o meno argillose (**Q^{T-S}**)

Sabbie più o meno argillose, conglomerati gialli e rossastri ed argille in facies marina e a luoghi salamastri con materiale vulcanico.

7 ASSETTO GEOMORFOLOGICO

L'area di studio per la realizzazione dell'impianto fotovoltaico per la produzione di energia da fonte rinnovabile in oggetto denominato "Solar Hills" ricade nella porzione meridionale del comune di Manciano (GR), località Le Cerrete, su una dorsale collinare delimitata ad ovest dalla località Poggio Contino e dal Fosso del Tafone, ad est dal Fosso della Scaroncia, a sud dalla strada dell'Abbadia (che segna il confine tra Lazio e Toscana).

La diversa natura dei terreni presenti nell'area, fa sì che si possano notare diverse unità morfologiche. L'area di progetto è inserita a sud del centro abitato di Manciano e ad ovest di Canino in un contesto vallino solcato dalla presenza di diversi fossi. La valle è allungata nella direzione NO e il sito si trova in un contesto subpianeggiante privo di segni di instabilità e di possibili modificazioni morfologiche. L'alveo del fosso più importante è situato a diversi metri dal perimetro ovest del lotto d'intervento e si presenta poco inciso con

scarpate di modeste altezze. Piccole scarpate visibili nei dintorni riguardano direttamente la proprietà e non inficiano la sicurezza e la stabilità dei luoghi.

Attualmente non sono stati rilevati elementi che indichino la presenza di movimenti gravitativi in atto ed il sito risulta stabile.

L'area di interesse presenta una quota variabile tra i 130 e i 78 m s.l.m.

Vista la morfologia e l'acclività del sito, non si rileva la possibilità di amplificazione sismica legata alla topografia, la zona infatti, avendo una pendenza media molto ridotta, ricade nella categoria T1 (pendii con inclinazione inferiore a 15°).

L'area non è compresa all'interno delle zone a rischio cartografate nel Piano di Assetto Idrogeologico (sigla P.A.I) della competente Autorità di Bacino.

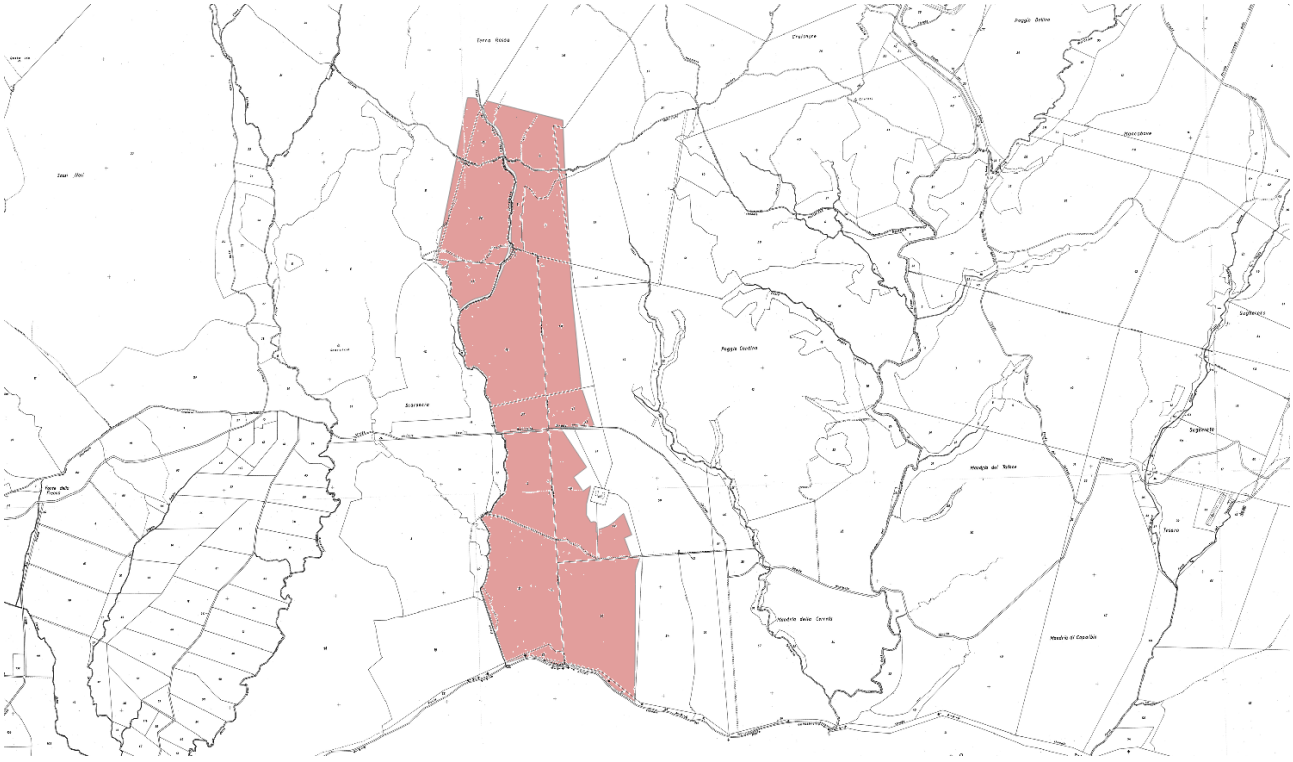


Figura n. 7-1 Ubicazione topografica del sito

8 CIRCOLAZIONE IDRICA

L'idrografia superficiale è dominata dalla presenza di diversi fossi senza la presenza di un corso idrico principale. Tutti probabilmente impostati in corrispondenza di importanti linee di dislocazione, che delimitano grosso modo le diverse aree tettoniche. Il regime idraulico è stagionale e strettamente legato all'andamento delle precipitazioni.

Dal punto di vista idrogeologico, la permeabilità è strettamente condizionata dalla situazione litostratigrafica. Possiamo pertanto definire diverse unità idrogeologiche: l'unità idrogeologica delle vulcaniti e piroclastici,

dotati di una permeabilità elevata, per porosità e fatturazione; l'unità idrogeologica dei depositi quaternari di origine marina, dotati di una permeabilità elevata, per porosità; l'unità idrogeologica profonda dei depositi più antichi dalle filladi ai diaspri e del calcare massiccio, dotati di una permeabilità elevata, per fatturazione e per carsismo.

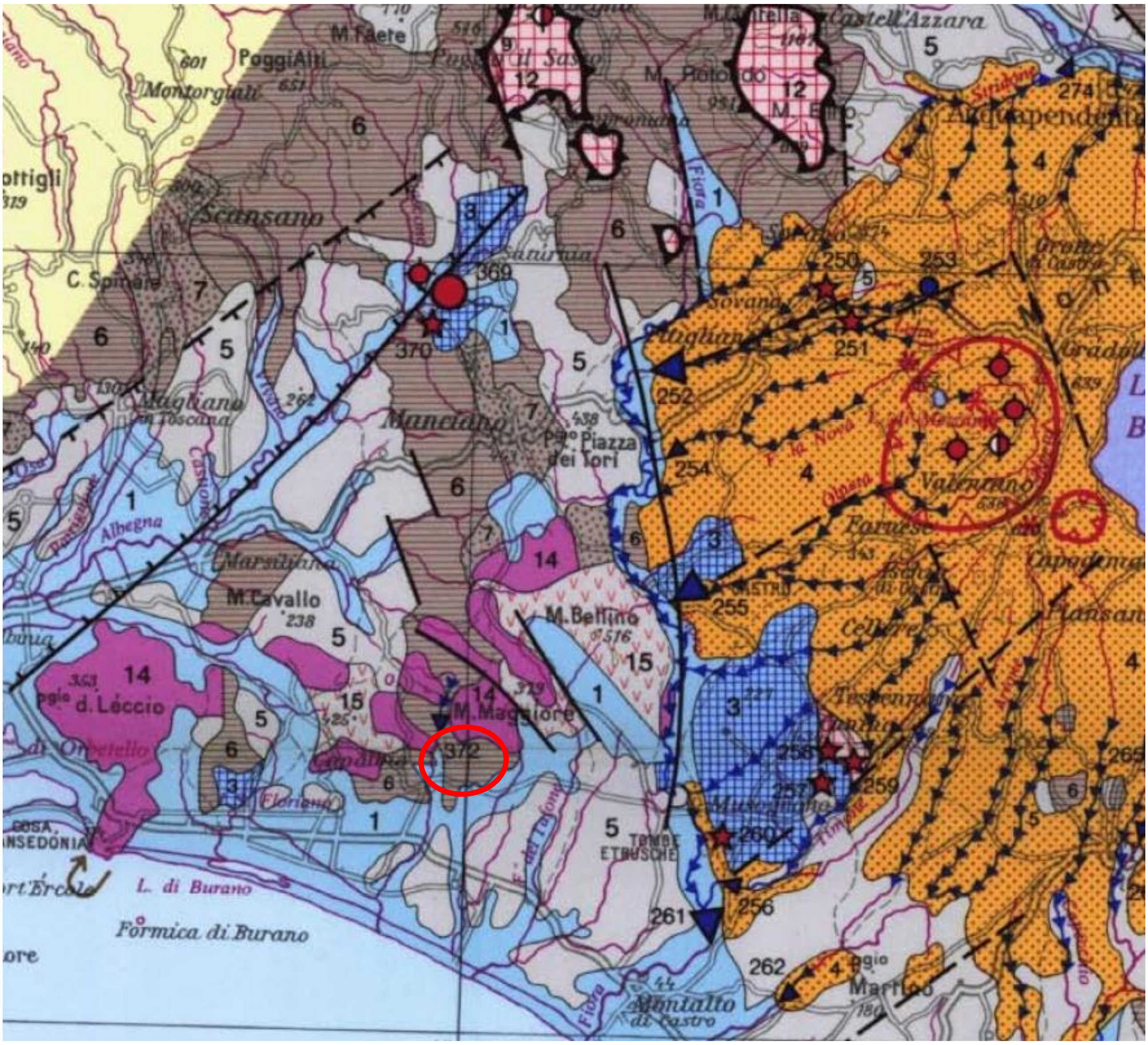
In un intorno di 200 m dall'area d'intervento non si rilevano inoltre pozzi potabili destinati al consumo umano (art. 94, comma 6 del D.Lgs. 152/06 e s.m.i.)

L'elevata permeabilità delle diverse formazioni favorisce la formazione di falde principali profonde, oltre i 100 metri di profondità dal p.c.. La presenza di intercalazione di livelli argillosi e limosi favorisce la formazione di falde più superficiali, e comunque superiori ai 30 metri di profondità.

L'analisi delle caratteristiche dei litotipi affioranti ha consentito di accorparli in diversi complessi definiti secondo CIVITA, 1973 come "un insieme di termini litologici simili aventi una comprovata unità spaziale e giaciturale, un tipo di permeabilità prevalente comune ed un grado di permeabilità relativa che si mantiene in un campo di variazione piuttosto ristretto". Le caratteristiche idrogeologiche dei complessi sono espresse dal grado di "potenzialità acquifera", definita come la capacità di ciascun complesso di assorbire, immagazzinare e restituire l'acqua.

I complessi idrogeologici sono stati individuati nell'area in esame dalla visione dello "Schema Idrogeologico dell'Italia Centrale – Boni et al." in prossimità dell'area in esame sono n°1:

(6) Complesso dei flysh argillosi con intercalazioni litoidi: Successioni o formazioni fliscioidi, argilloso-marnoso-arenaceo con irregolari intercalazioni di orizzonti e potenti sequenze litoidi, in serie regolare o in giacitura caotica (Cretacico – Miocene). Presentano uno spessore molto variabile fino ad alcune migliaia di metri. Rocce caratterizzate da marcata eterogeneità litologica e da permeabilità variabilissima. Nei termini litoidi fessurati possono contenere falde discontinue di limitata estensione, nei termini terrigeni, sotto la coltre di alterazione corticale che può essere sede di modestissimi acquiferi apidermici, manca una significativa circolazione sotterranea. Gli acquiferi, discontinui, alimentano piccole sorgenti a regime sovente irregolare ed il flusso di base del reticolo di drenaggio, che ha generalmente carattere stagionale. Il complesso ha funzione di "acquiclude" nei confronti degli acquiferi carbonatici e di base per falde.


PoggiAlti
Montorgiali
Scansano
C. Spinaie
Magliano in Toscana
Albegna
Marsiliana
M. Cavallo
Manciano
Piazza dei Tori
M. Bellino
M. Maggiore
Capalbio
d. Leccio
di Orbetello
COSA ANSEDONIA
L. di Burano
Formica di Burano
TOMBE ETRUSCHE
Montalto di Castro
Castell'Azzara
M. Rotondo
Acquapendente
Sovana
Valentano
Farnese
Cellere
Canino
Capodimonte
Marta

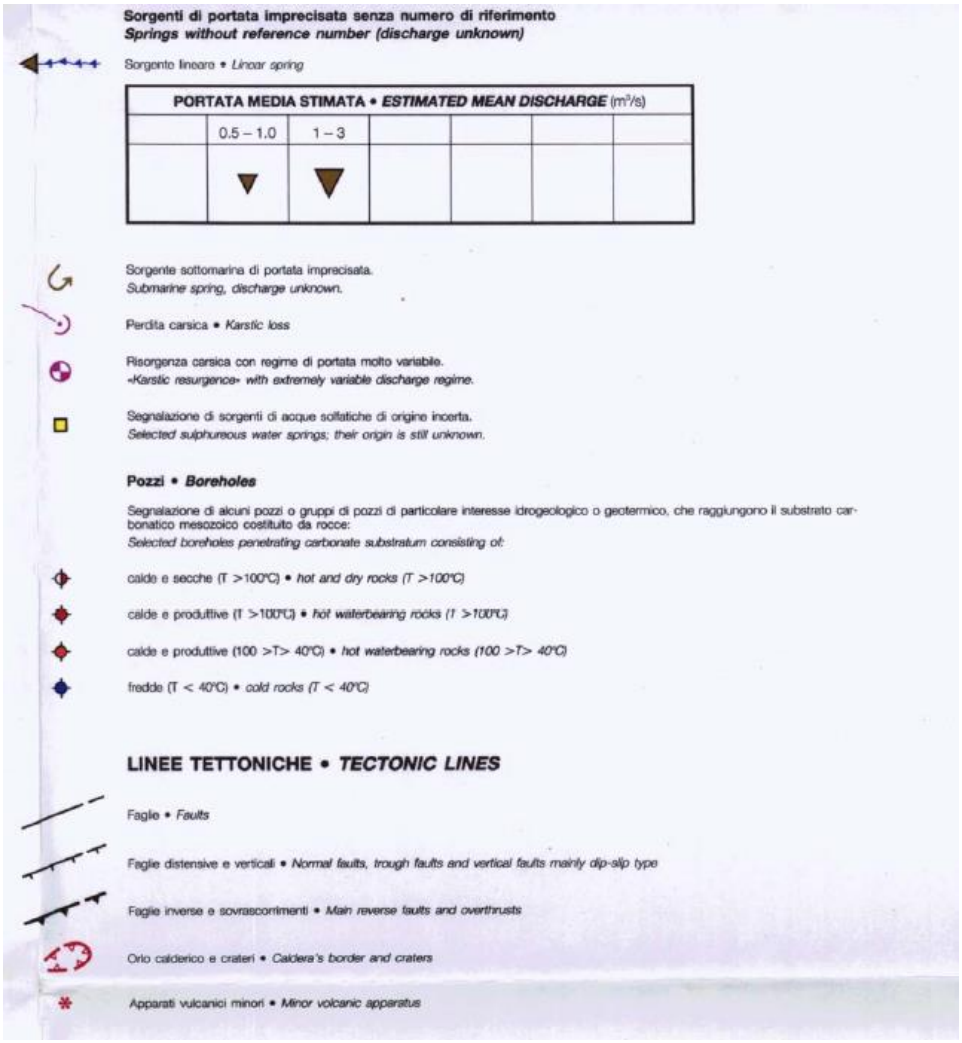


Figura n. 8-1 Stralcio della Carta Idrogeologica dell'Italia Centrale – In rosso l'area di studio

9 INDAGINI DI RIFERIMENTO

Per la modellazione geofisica e geotecnica del sottosuolo del sito si fa riferimento alle seguenti certificazioni delle sperimentazioni del seguente lavoro:

- **Relazione Geologico Tecnica – Impianto Fotovoltaico Manciano** – Realizzata nel 2021 per conto della Iberdrola Renovables S.p.A.

Le indagini di riferimento riferite al lavoro sopracitato hanno permesso di fornire una caratterizzazione preliminare dei terreni di fondazione.

10 ANALISI DEI DATI DELLE INDAGINI: MODELLAZIONE GEOTECNICA

Le indagini prese come riferimento dal lavoro sopracitato hanno permesso di definire un modello stratigrafico medio del sottosuolo preliminare e adatto alla presente fase del lavoro.

Le indagini geognostiche di riferimento sono state effettuate in una porzione di territorio ad est adiacente all'area di progetto ed in terreni geologicamente affini.

10.1 MODELLO STRATIGRAFICO E GEOTECNICO MEDIO DEL SOTTOSUOLO

In seguito, è elencata la stratigrafia risultante delle n°10 prove DPSH prese come riferimento dal lavoro precedentemente citato:

DPSH 1

- da 0,00 m a 0,40 m: terreno di riporto con ciottoli e ghiaia;
- da 0,40 m a 3,00 m: limi argillosi sabbiosi con rari ciottoli moderatamente compatti;
- da 3,00 m a 4,20 m: argille compatte.

DPSH 2

- da 0,00 m a 0,40 m: terreno di riporto con ciottoli e ghiaia;
- da 0,40 m a 2,00 m: limi argillosi sabbiosi con rari ciottoli moderatamente compatti;
- da 2,00 m a 3,20 m: argille compatte.

DPSH 3

- da 0,00 m a 0,40 m: terreno di riporto con ciottoli e ghiaia;
- da 0,40 m a 4,20 m: limi argillosi sabbiosi con rari ciottoli moderatamente compatti.

In sintesi, nell'area relative alle 3 DPSH si possono raggruppare le seguenti unità litologico- stratigrafiche:

1. Terreno di riporto con quantità di ciottoli variabile (spessore massimo rinvenuto 0.40 m);
2. Terreni limosi e sabbiosi con rari ciottoli moderatamente compatti (dalla base dell'orizzonte 1 fino a una profondità massima di -4,20 m dal p.c. nella DPSH3);
3. Argille compatte (dalla base dell'orizzonte 2 fino ad una profondità massima di 4,20 m dal
4. p.c. nella DPSH 2).

DPSH 4

- da 0,00 m a 0,40 m: suolo con argilliti alterate sciolto;
- da 0,40 m a 2,20 m: argilliti e calcilutiti mediamente alterate e moderatamente compatte;
- da 2,20 m a 2,40 m: argilliti e calcilutiti non alterate e molto compatte (RIF).

DPSH 5

- da 0,00 m a 0,40 m: suolo argilloso con elementi litici arenacei sciolto;
- da 0,40 m a 1,00 m: argille con frequenti arenarie poco compatte;
- da 1,00 m a 2,20 m: arenaria alterata con livelli di argilla moderatamente addensata;
- da 2,20 m a 3,20 m: arenaria scarsamente alterata con livelli di argilla moderatamente addensata.

DPSH 6

- da 0,00 m a 0,60 m: suolo alterato di probabile origine vulcanica (piroclastiti);
- da 0,60 m a 2,00 m: terreno alterato di probabile origine vulcanica moderatamente addensato;
- da 2,00 m a 3,00 m: terreno scarsamente alterato di probabile origine vulcanica moderatamente addensato;
- da 3,00 m a 3,80 m: terreno alterato di probabile origine vulcanica moderatamente addensato;
- da 3,80 m a 4,20 m: terreno scarsamente alterato di probabile origine vulcanica moderatamente addensato.

DPSH 7

- da 0,00 m a 0,60 m: suolo sabbioso con ciottoli sciolto;
- da 0,60 m a 1,00 m: conglomerati e sabbie poco addensati;
- da 1,00 m a 4,20 m: conglomerati e sabbie moderatamente addensati.

DPSH 8

- da 0,00 m a 0,60 m: suolo sabbioso con ciottoli sciolto;
- da 0,60 m a 1,60 m: conglomerati e sabbie poco addensati;
- da 1,60 m a 4,20 m: conglomerati e sabbie moderatamente addensati.

DPSH 9:

- da 0,00 m a 0,40 m: suolo argilloso con elementi litici arenacei sciolto;
- da 0,40 m a 0,80 m: argille con frequenti arenarie poco compatte;
- da 0,80 m a 1,20 m: arenaria alterata con livelli di argilla moderatamente addensata;
- da 1,20 m a 2,60 m: arenaria alterata con livello di argilla molto addensata;
- da 2,60 m a 2,80 m: arenaria alterata con livello di argilla estremamente addensata (RIF).

DPSH 10:

- da 0,00 m a 0,60 m: suolo sabbioso con ciottoli sciolto;
- da 0,60 m a 1,00 m: conglomerati e sabbie poco addensate;
- da 1,00 m a 3,20 m: conglomerati e sabbie moderatamente addensate.

Come si può leggere dalle specifiche delle prove penetrometriche di riferimento, si rinvengono varie tipologie di terreni alcuni dei quali è stato possibile accorpare fra di loro:

DPSH 5-7-8-9-10

1. terreni sciolti (spessore massimo di 0,60 m dal p.c. nelle DPSH 7-8)
2. terreni da poco addensati a moderatamente addensati (dalla base dell'orizzonte 1 fino alla profondità massima di 1,60 m dal p.c. in DPSH 8);
3. terreni da moderatamente addensati a molto addensati (dalla base dell'orizzonte 2 fino a f.f.).

Le indagini in situ di riferimento hanno permesso di attribuire i seguenti parametri geotecnici agli orizzonti sopra definiti, in termini di valori caratteristici come indicato nelle nuove NTC (6.2.2).

DPSH 1-2-3							
Orizzonte	**Stratigrafia schematica**	**PROFONDITA'**	ϕ'	**Cu**	**C'**	**Ed**	γ
		(m)	**(°)**	**(KN/m2)**	**(KN/m2)**	**(KN/m2)**	**(KN/m3)**
1	terreno di riporto con quantità di ciottoli variabile	0 – 0,40 m	-	-	-	-	-
2	Terreni limosi argillosi sabbiosi con rari ciottoli moderatamente compatti	0,40 – 4,10 m (DPSH3)	25	50	7	3000	17
3	Argille compatte (solo in DPSH 1 e 2)	2,00/3,00 – 4,20 m	25	80	5	9000	18

dove:

ϕ= angolo di attrito interno

Ed= modulo edometrico

Cu= coesione non drenata

C'=coesione efficace

γ= peso di volume del terreno

DPSH 5-7-8-9-10							
Orizzonte	**Stratigrafia schematica**	**PROFONDITA'**	ϕ′	**Cu**	**C'**	**Ed**	γ
		(m)	**(°)**	**(KN/m2)**	**(KN/m2)**	**(KN/m2)**	**(KN/m3)**
1	terreni sciolti	0 – 0,60 m (DPSH 7-8)	-	-	-	-	-
2	terreni da poco addensati a moderatamente addensati	0,60 – 1,60 m (DPSH8)	28	-	-	4000	14
3	terreni da moderatamente addensati a molto addensati	1,60 – 4,20 m (DPSH 7-8)	33	-	-	10	18

dove:

ϕ= angolo di attrito interno

Ed= modulo edometrico

Cu= coesione non drenata

C'=coesione efficace

γ= peso di volume del terreno

DPSH 4							
Orizzonte	**Stratigrafia schematica**	**PROFONDITA'**	ϕ′	**Cu**	**C'**	**Ed**	γ
		(m)	**(°)**	**(KN/m2)**	**(KN/m2)**	**(KN/m2)**	**(KN/m3)**
1	suolo con argilliti alterate sciolto	0 – 0,40 m (DPSH 7-8)	-	-	-	-	-
2	argilliti e calcilutiti mediamente alterate e moderatamente compatte	0,40 – 2,20 m	29	100	-	6500	16
3	argilliti e calcilutiti non alterate e molto compatte	2,20 – 2,40 m (RIF)	32	230	-	14000	19

dove:

ϕ= angolo di attrito interno

Ed= modulo edometrico

Cu= coesione non drenata

C'=coesione efficace

γ= peso di volume del terreno

DPSH 6							
Orizzonte	**Stratigrafia schematica**	**PROFONDITA'**	ϕ'	**Cu**	**C'**	**Ed**	γ
		(m)	**(°)**	**(KN/m2)**	**(KN/m2)**	**(KN/m2)**	**(KN/m3)**
1	suolo alterato di probabile origine vulcanica (piroclastiti)	0 – 0,60 m	-	-	-	-	-
2	terreno alterato di probabile origine vulcanica moderatamente addensato	0,60 – 2,00 m	24	76	-	6000	15.2
3	terreno scarsamente alterato di probabile origine vulcanica moderatamente addensato	2,00 – 3,00 m	26	100	-	7100	16
4	terreno alterato di probabile origine vulcanica moderatamente addensato	3,00 – 3,80 m	25	95	-	6500	15.5
5	terreno scarsamente alterato di probabile origine vulcanica moderatamente addensato	3,80 – 4,20 m	27	130	-	8000	16.5

dove:

ϕ= angolo di attrito interno

Ed= modulo edometrico

Cu= coesione non drenata

C'=coesione efficace

γ= peso di volume del terreno

In riferimento al D.M. 17/01/2018, per i terreni indagati nell'area della SSE "Iberdrola", dall'analisi della VS,eq (profondità del substrato sismico H > 30 m) e verificando la congruenza con la descrizione stratigrafica della tabella sopra (3.2. II NTC 2018), è stato stimato un sottosuolo di categoria "C", ovvero si tratta di "depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e360 m/s".

Invece per i terreni indagati nell'area del perimetro di "Solar Hills" è stato stimato un sottosuolo di tipo "B", ovvero si tratta di "Rocce tenere a depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine 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"

SSE "Iberdrola"

VS,eq = VS30 = 321 m/s (Categoria sottosuolo C)

Perimetro "Solar Hills"

VS,eq = VS30 = 435 m/s (Categoria sottosuolo B)

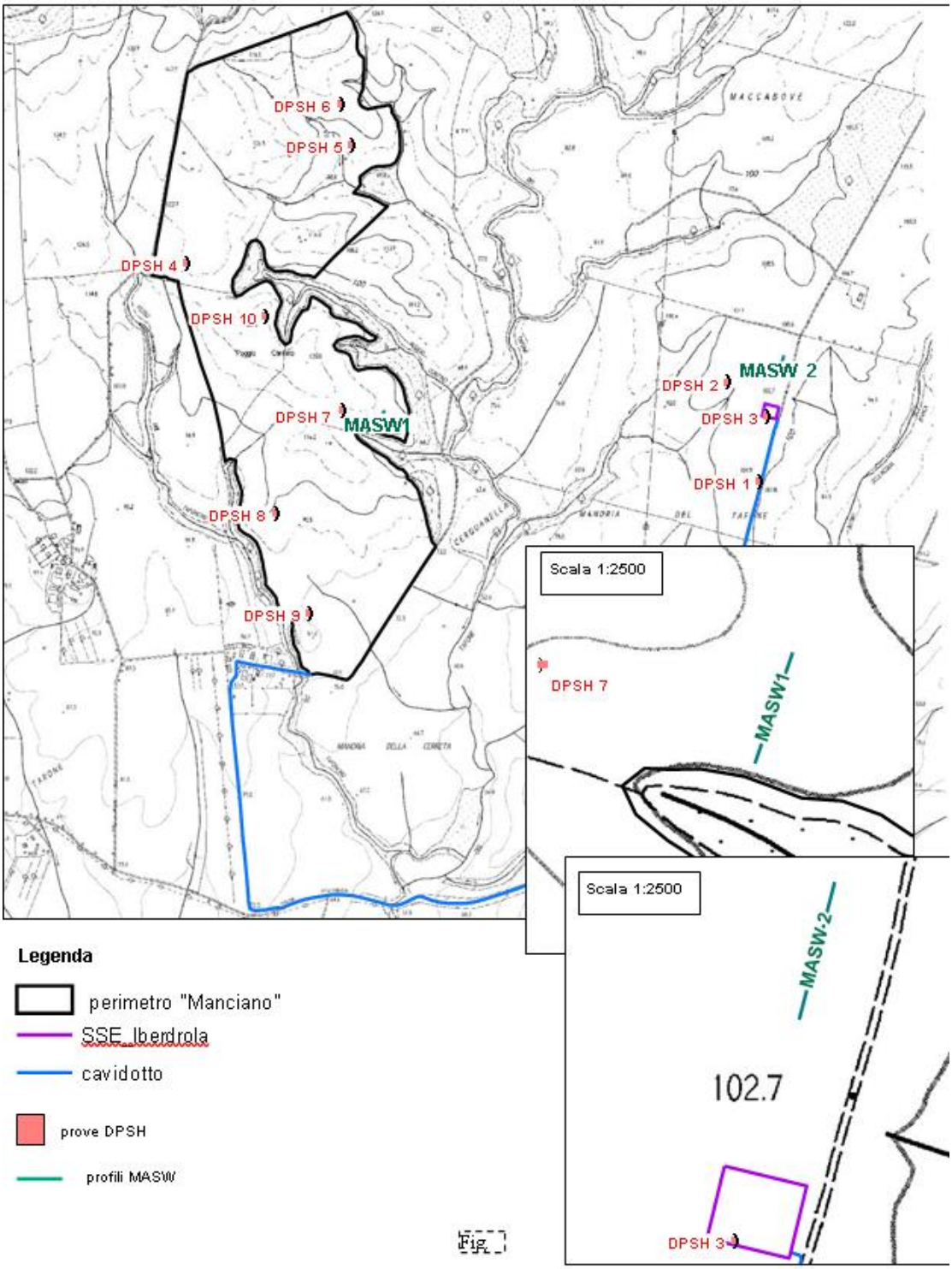


Figura n. 10-1 Ubicazione indagini di riferimento

11 PERICOLOSITÀ SISMICA

11.1 SISMICITÀ STORICA ED HAZARD SISMICO

L'analisi della pericolosità sismica storica locale nelle UAS della Toscana è stata eseguita utilizzando le informazioni macrosismiche messe a disposizione della comunità scientifica, a seguito del Progetto S1 dell'INGV, ed in particolare il Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani CPTI15 [Gruppo di lavoro CPTI, 2015].

Studi recenti riguardanti la distribuzione delle Massime intensità macrosismiche osservate nei comuni italiani (Locati M., Camassi R., Rovida A., Ercolani E., Bernardini F., Castelli V., Caracciolo C.H., Tertulliani A., Rossi A., Azzaro R., D'Amico S., Conte S., Rocchetti E. (2016). DBMI15, the 2015 version of the Italian Macroseismic Database. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia. doi: http://doi.org/10.6092/INGV.IT-DBMI15) indicano, per la zona in oggetto, dei valori intorno al sesto-settimo grado della scala macrosismica MCS.

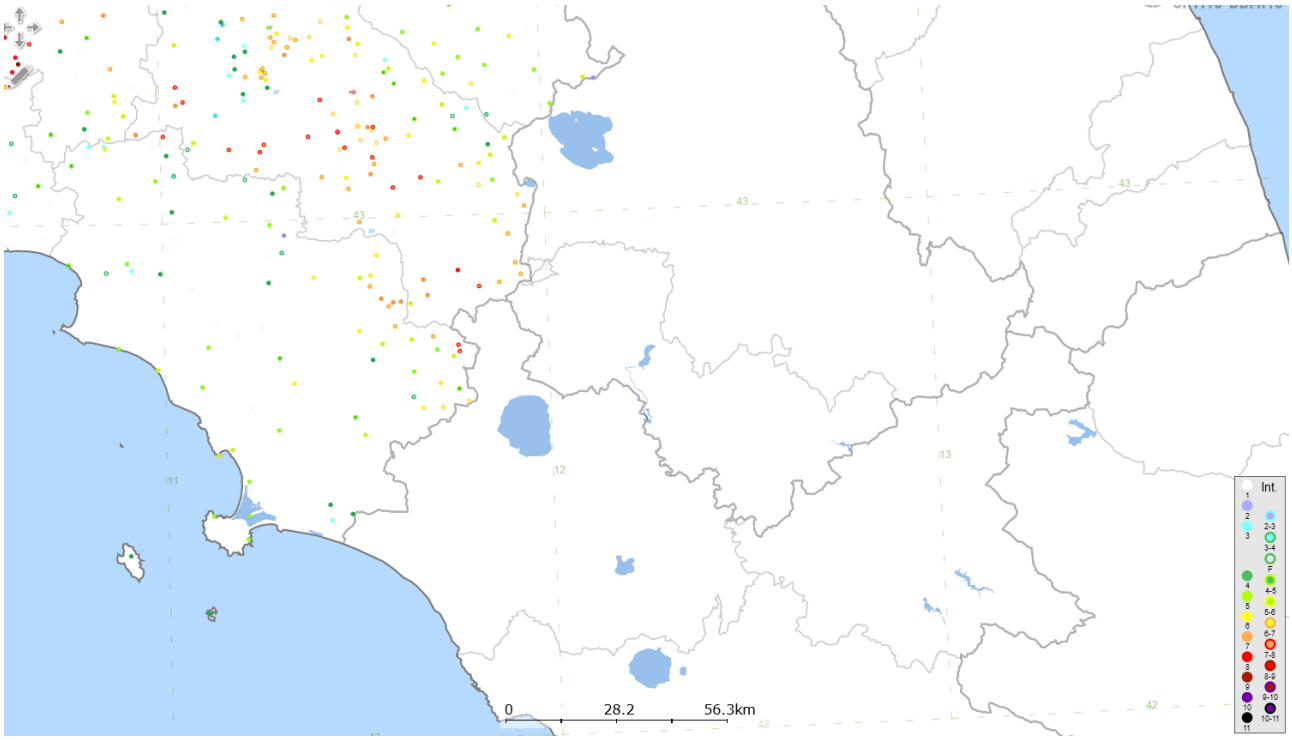


Figura n. 11-1 Stralcio DBMI15 Massime intensità macrosismiche osservate (2015)

Dall'analisi del Catalogo parametrico dei terremoti italiani (Rovida A., Locati M., Camassi R., Lolli B., Gasperini P. (eds), 2016. CPTI15, the 2015 version of the Parametric Catalogue of Italian Earthquakes. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, http://doi.org/10.6092/INGV.IT-CPTI15), si evincono i più importanti eventi sismici avvenuti nella zona e che hanno avuto un grande risentimento nell'area in studio; in totale gli eventi sono n. 23 e vengono riportati nella tabella 11.1.

Effetti	In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
NF	1898	06	27	23	38		Reatino	186	8	5.50
5-6	1902	12	17	05	21		Monte Amiata	30	6-7	4.83
NF	1904	09	07	11	30		Valle dell'Ombrone	27	5	4.31
3	1905	02	12	08	28		Monte Amiata	61	6	4.55
3-4	1909	08	25	00	22		Crete Senesi	259	7-8	5.34
NF	1911	09	13	22	29	0	Chianti	115	7	5.08
2-3	1915	01	13	06	52	4	Marsica	1041	11	7.08
NF	1919	06	29	15	06	1	Mugello	565	10	6.38
5	1919	09	10	16	57		Val di Paglia	67	7-8	5.36
3	1940	10	16	13	17		Val di Paglia	106	7-8	5.29
NF	1948	06	13	06	33	3	Alta Valtiberina	142	7	5.04
3-4	1948	11	03	11	40		Monte Amiata	16	6	4.82
4	1971	02	06	18	09		Tuscania	89	7-8	4.83
4	1980	09	08	19	41	1	Costa Grossetana	55	5-6	4.44
NF	1984	05	07	17	50		Monti della Meta	911	8	5.86
NF	1984	05	11	10	41	4	Monti della Meta	342	7	5.47
NF	1987	01	22	05	10	5	Costa pisano-livornese	157	5-6	4.15
NF	1997	09	26	00	33	1	Appennino umbro-marchigiano	760	7-8	5.66
3-4	1997	09	26	09	40	2	Appennino umbro-marchigiano	869	8-9	5.97
NF	1997	10	14	15	23	1	Valnerina	786		5.62
3-4	2000	04	01	18	08	0	Monte Amiata	68	6	4.52

Tabella n. 11-1 Elenco degli eventi sismici sia storici che strumentali che hanno interessato direttamente o indirettamente l'area in studio (Comune di Manciano). Is - intensità al sito (MCS); AE - Denominazione dell'area dei maggiori effetti; Io - Intensità epicentrale (MCS); Mw - magnitudo momento.

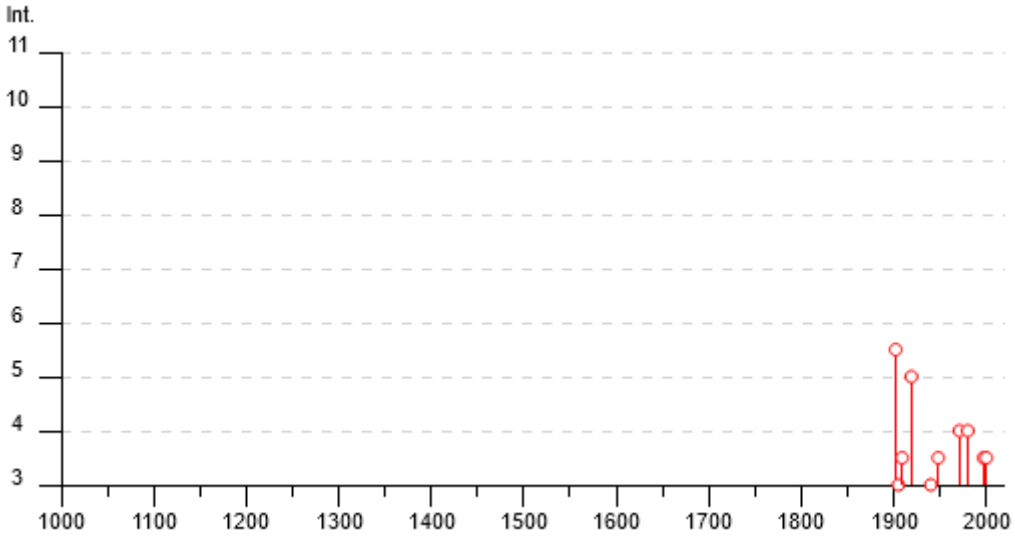


Figura n. 11-2 Grafico illustrante la storia sismica di Manciano. Sulle ascisse sono riportati i riferimenti temporali espressi in anni, sulle ordinate le intensità sismiche (I) degli eventi rilevati (da https://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15_v1.5/query_place/)

11.1.1 Hazard Sismico

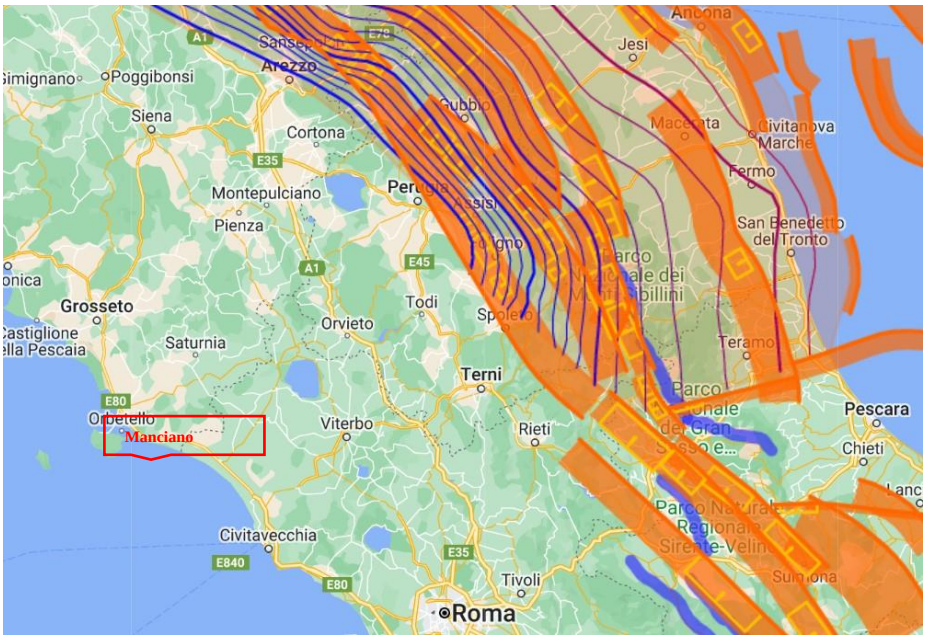


Figura n. 11-3 DISS 3.2.1 Sorgenti sismogenetiche

La conoscenza approfondita e la precisa collocazione spaziale delle faglie in grado di produrre una significativa deformazione tettonica permanente in superficie (faglie capaci), assume un ruolo chiave per la mitigazione del rischio. L'importanza di valutare la pericolosità in termini di ground rupture viene indicata anche nell'Eurocodice 8 (nella parte 5 sulle fondazioni). Per queste ragioni, il Servizio Geologico d'Italia - ISPRA ha sviluppato il progetto ITHACA (ITaly HAzard from CApable faults), che sintetizza le informazioni disponibili sulle faglie capaci che interessano il territorio italiano.

Sebbene gran parte dei movimenti associati alle faglie capaci avvenga in associazione ad eventi sismici, raramente lo scorrimento può avvenire in modo lento, quindi asismicamente (creep). Deformazioni in superficie o a profondità prossime alla superficie lungo strutture fragili possono essere indotte in Italia anche da fenomeni endogeni non riferibili direttamente alla tettonica crostale.

ITHACA si propone, quindi, come strumento fondamentale per: a) analisi di pericolosità ambientale e sismica, b) comprensione dell'evoluzione recente del paesaggio, c) pianificazione territoriale e d) gestione delle emergenze di Protezione Civile. È inoltre di supporto alla ricerca scientifica nell'ambito dell'analisi dei processi geodinamici.

Nella figura si nota come Manciano non sia interessata da faglie capaci (*una faglia è definita capace quando ritenuta in grado di produrre, entro un intervallo di tempo di interesse per la società, una deformazione/dislocazione della superficie del terreno, e/o in prossimità di essa*).

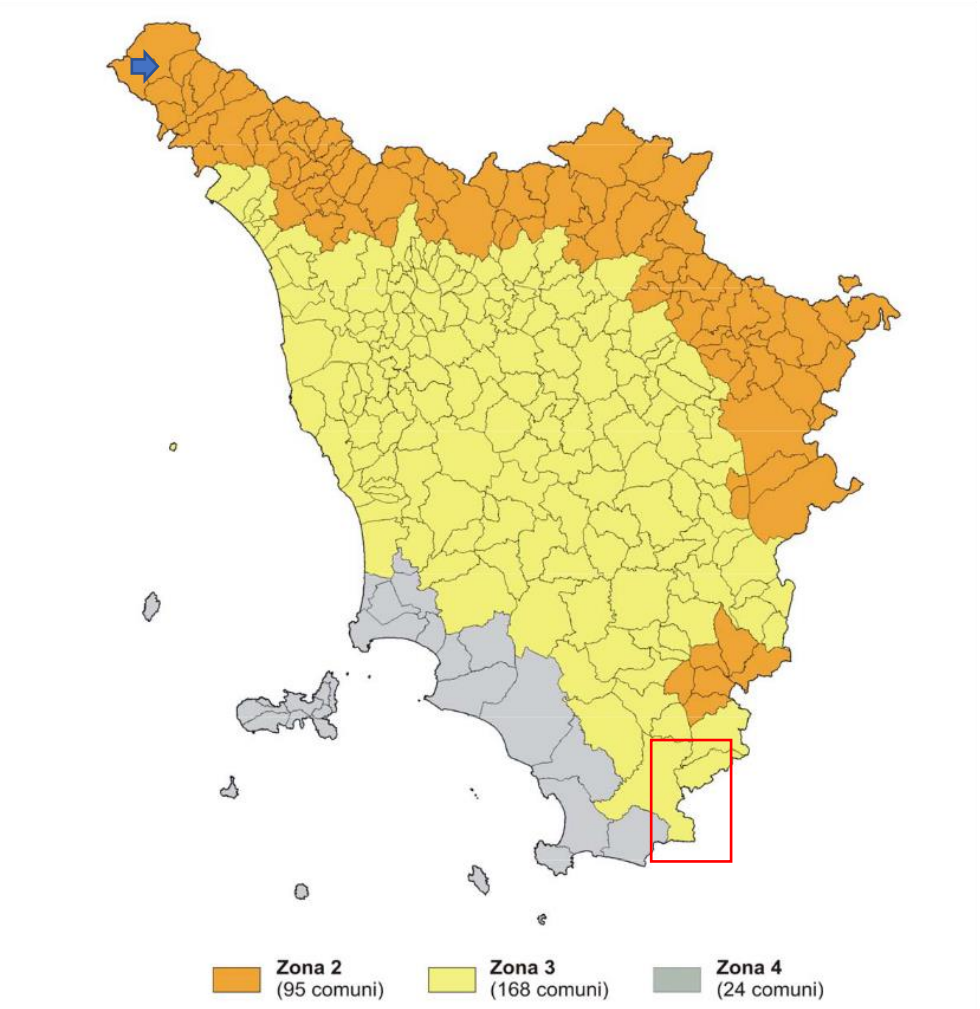
11.2 CLASSIFICAZIONE SISMICA

Le Norme Tecniche sulle Costruzioni, emanate con il DM Infrastrutture del 17.01.2018, hanno stabilito che per ogni costruzione ci si può riferire ad una accelerazione di riferimento propria in relazione sia alle coordinate geografiche dell'area di progetto, sia alla vita nominale della costruzione stessa.

I criteri di riclassificazione stabiliti dall'OPCM 3519/06 permettono di esprimere la pericolosità sismica in valori di accelerazione di picco su suolo rigido (ag) suddivisa in sottoclassi per ogni zona sismica con intervalli di 0,025g.

La regione Toscana con proprie DGR nn. 421 del 26 maggio 2014 ha approvato la nuova classificazione sismica del territorio regionale. In base a tali norme il territorio di Manciano è stato riclassificato in Zona **3** a cui corrisponde un range del valore di a_g compreso tra $\mathbf{0.05 \leq a_g < 0.15}$. In base all'Allegato "C" delle norme citate, le opere in progetto assumono la **Classe d'Uso IV**.

La zona sismica **3** indica una pericolosità sismica media dove possono verificarsi terremoti forti ma rari. Nella seguente immagine è possibile osservare la zonazione sismica della Regione Toscana dove in rosso è indicata l'area di studio.



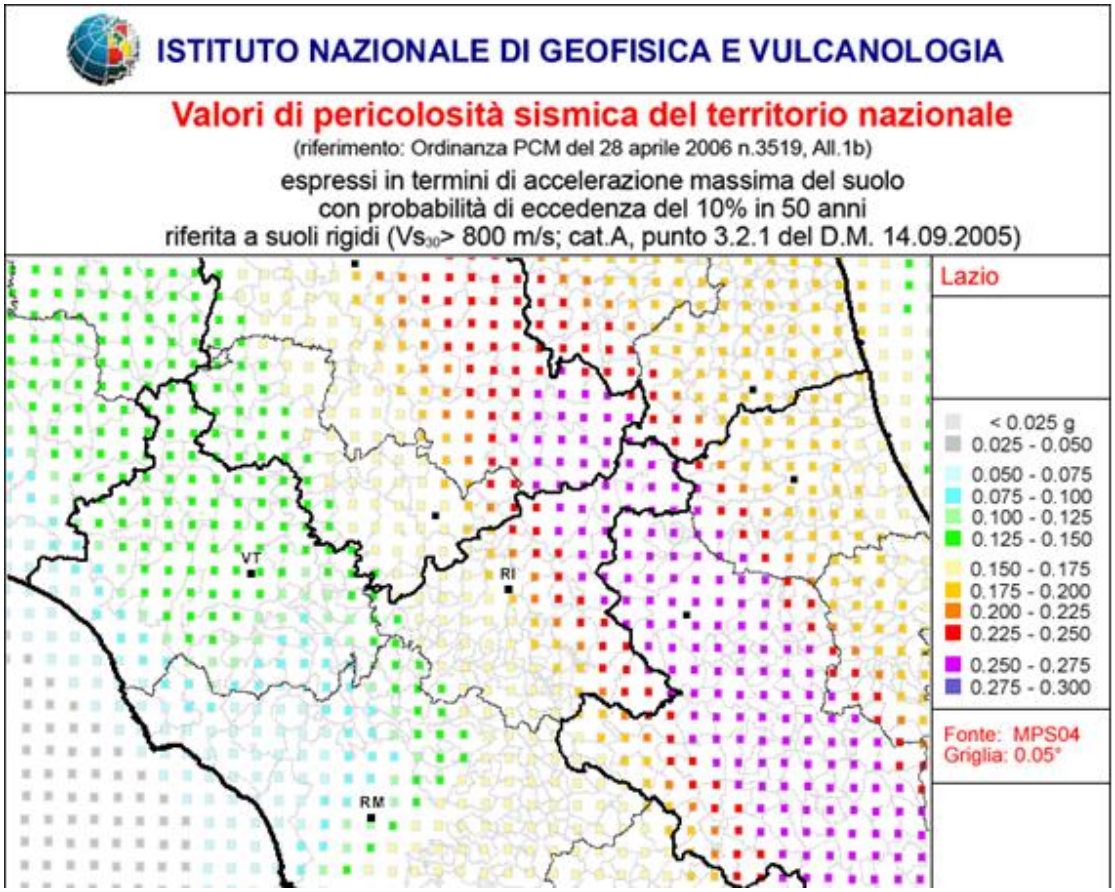


Figura n. 11-4 Mappa di pericolosità sismica del territorio regionale del Lazio e Toscana(da Meletti & Montaldo 2007) contenuta nel Progetto S1 dell'INGV-DPC (http://esse1.mi.ingv.it/d2.html)

La mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale (GdL MPS, 2004; rif. Ordinanza PCM del 28 aprile 2006, n. 3519, All. 1b) è espressa in termini di accelerazione orizzontale del suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni, riferita a suoli rigidi (V_{s30}>800 m/s; cat. A, punto 3.2.1 del D.M. 14.09.2005). L'Ordinanza PCM n. 3519/2006 ha reso tale mappa uno strumento ufficiale di riferimento per il territorio nazionale

Oltre al valore di a_g, è necessario conoscere, per il sito in esame, i dati di disaggregazione (variabilità in termini di magnitudo e distanza). La disaggregazione della pericolosità sismica è un'operazione che permette di valutare i contributi di diverse sorgenti sismiche alla pericolosità di un sito.

L'INGV, nella sua 'Mappa della pericolosità sismica' (sito http://esse1-gis.mi.ingv.it), elaborata con modello probabilistico sismotettonico, inserisce il comune di Manciano in una zona con un'accelerazione orizzontale attesa compresa nell'intervallo 0.075-0.100 Ag/g riferita a suoli rigidi (categoria A, $V_{s,eq}$ > 800 m/s) e con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni (Fig. 11.5).

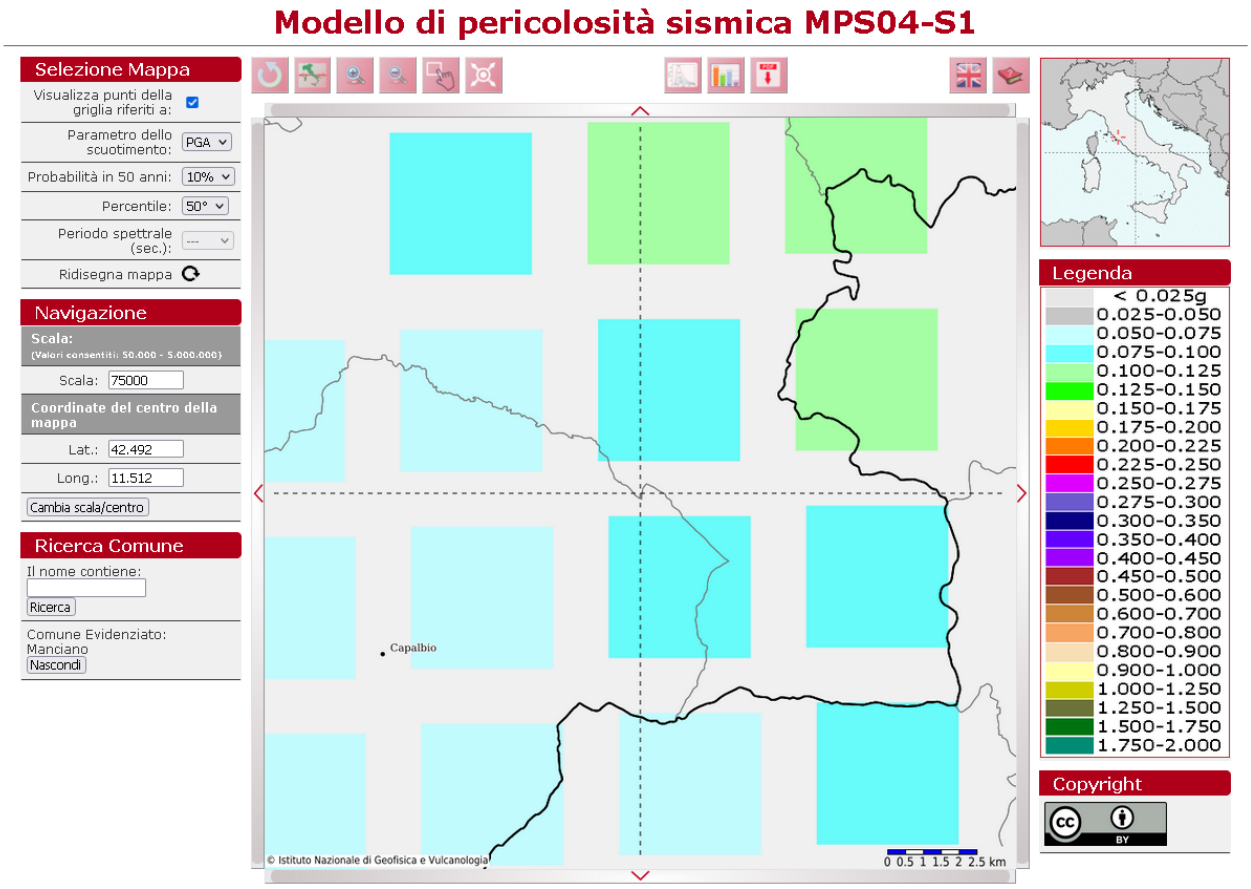


Figura n. 11-5 Mappa interattiva della pericolosità sismica di Manciano (http://esse1-gis.mi.ingv.it)

P_{V_R} (Stato Limite)	C_U	V_N [anni]
81% Operatività (SLO)	0.7 (I. Strutture secondarie)	≤ 10 (Opere provvisorie)
63% Danno (SLD)	1.0 (II. Strutture ordinarie)	≥ 50 (Opere ordinarie)
10% Salvaguardia della vita (SLV)	1.5 (III. Strutture importanti)	≥ 100 (Grandi opere)
5% Prevenzione del Collasso (SLC)	2.0 (IV. Strutture strategiche)	

Tabella n. 11-2 Valori dei parametri per la definizione del periodo di ritorno

11.3 MAGNITUDO DI RIFERIMENTO

Per quanto riguarda il valore di Magnitudo di riferimento si è fatto uso dei dati ICMS 2008. Un metodo per stimare il valore di Mw da considerare ai fini delle valutazioni per le verifiche di liquefazione per l'area o la microzona di interesse è, nel caso in cui non sia ricompresa nella zonazione sismogenetica (ZS9; INGV, 2009), di determinare le minime distanze (Ri) dalle zone sismogenetiche circostanti (i) e successivamente si verifica per ciascuna di esse se la magnitudo della zona sismogenetica considerata (Mi) è inferiore o superiore alla magnitudo fornita dalla relazione Msi=1+3*log(Ri). Nel caso in cui almeno una Msi, calcolata per le zone

sismogenetiche circostanti, è inferiore alla Mi della stessa zona per la quale è stata calcolata Msi, si assume per Mw il valore di magnitudo più alto tra le magnitudo delle zone sismogenetiche circostanti (Mi=Mw); se invece tutte le Msi sono superiori alle Mi, si determina la Mw con il metodo della disaggregazione. Visto che tutti i valori di Msi sono maggiori di Mi si è stimato il valore di magnitudo con il metodo della disaggregazione, ovvero, mediante il portale dell'INGV si è identificato il sito oggetto dello studio e si sono individuati i relativi "nodi" della maglia all'interno della quale è inserito lo stesso.

Dall'analisi dei recenti inventari di faglie attive, nello specifico è stato consultato il Diss 3.2.1 (Diss Working Group, 2005 - consultabile on-line: http://diss.rm.ingv.it/diss/) e dalla carta delle zone sismogenetiche ZS9 (Meletti C., Valenzise G. et al., 2004) emerge che il comune di Manciano è posto all'interno della zona 921 ed in prossimità della zona 920.

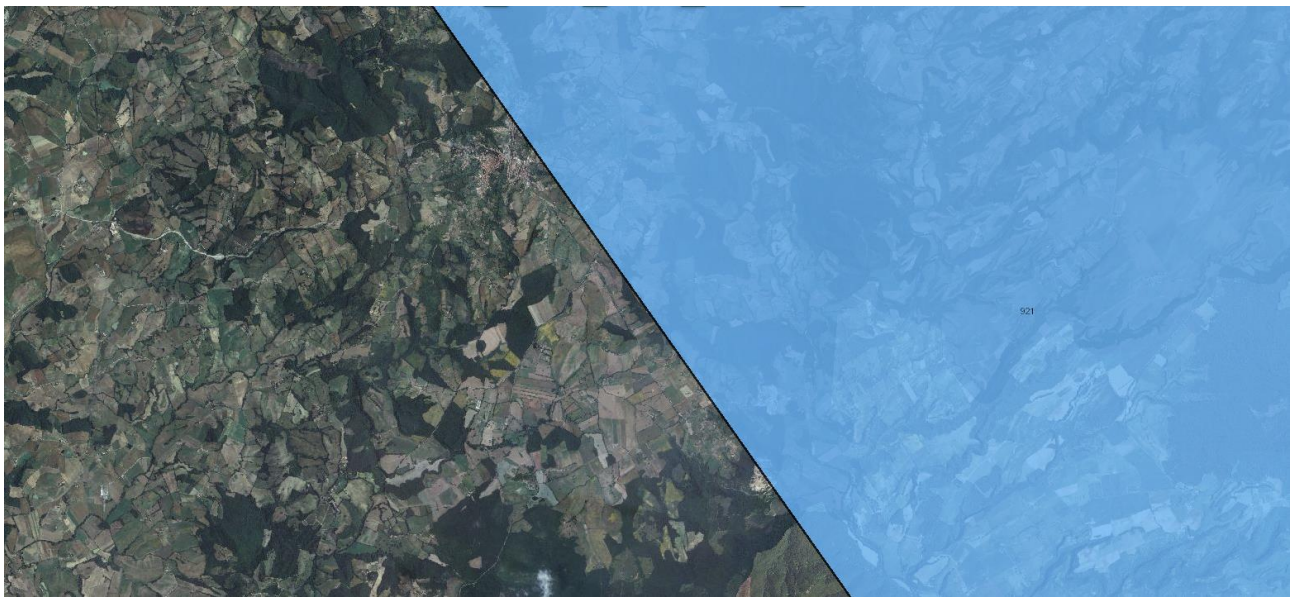


Figura n. 11-6 Zone sismogenetiche dell'area di studio – geoportale nazionale

La zona 921 è caratterizzata da una diffusa sismicità di energia moderata, correlata ad elevato flusso di calore, con pochi eventi di magnitudo più elevata, responsabili di danni significativi su aree di limitata estensione anche per la superficialità degli ipocentri: Bagnoregio 1695, Orciano Pisano 1846, Piancastagnaio 1919 (Mongelli e Zito, 1991). La zona 920, che coincide con la porzione inferiore del settore in distensione tirrenica definito nel modello sismotettonico di Meletti et al. (2000), è caratterizzata da una sismicità di bassa energia che sporadicamente raggiunge valori di magnitudo relativamente elevati.

Il DISS 3.2.1 costituisce un archivio georeferenziato di tettonica, faglie e informazioni paleo sismologiche dedicato nella valutazione del rischio sismico a scala regionale e nazionale. Nell'immagine di figura 11.8 sono indicate, con fasce di colore arancione, le zone sismogenetiche riconosciute. Il quadro sismotettonico regionale e le analisi eseguite dall'INGV individuano per il territorio di Manciano un livello di rischio sismico medio, risentendo la zona solo di effetti di propagazione e attenuazione di sismi con epicentro nell'Appennino Centrale e nei Colli Albani.

L'area in esame inoltre può risentire degli effetti di terremoti che si verificano in settori appenninici interessati da importanti faglie primarie e relative sorgenti sismogenetiche, come l'Appennino Centrale, in particolar

modo, i terremoti associati alle sorgenti sismogenetiche composite ITCS037 (Mugello-Città di Castello-Leonessa) e ITCS028 (Colfiorito-Campotosto) (DISS 3.2.1).

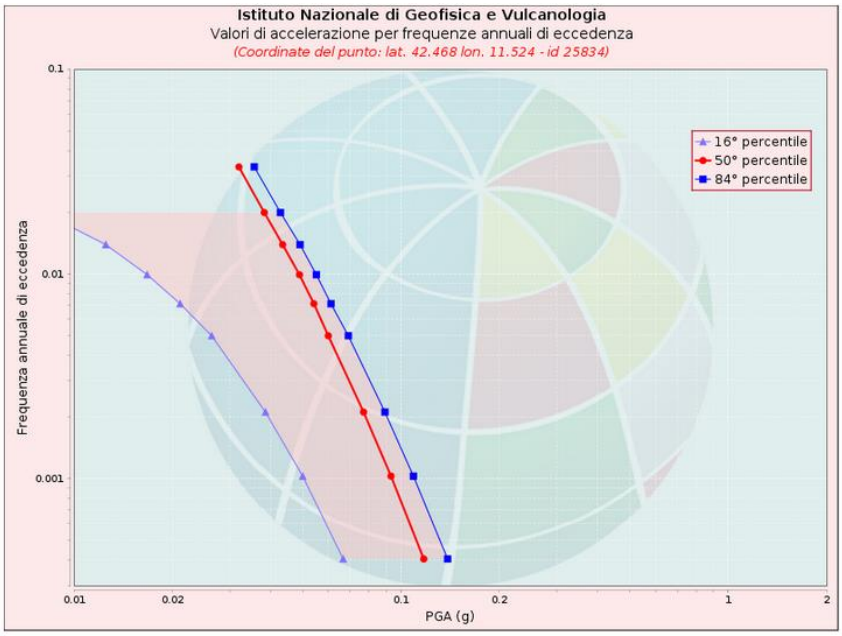
Zona	Numero di eventi Md>2.0	Numero di eventi Md>2.5	Numero di eventi Md>3.0	Magnitudo massima (Md)	Classe di profondità (km)	Profondità efficace (km)
920	296	201	39	4.6	5 - 8	6*
921	**97**	**63**	**9**	**4.0**	**1 - 5**	**4#**

Tabella n. 11-3. Zonazione sismogenetica ZS9 – App.2 al Rapporto Conclusivo Simboli: #: Valore fissato (zona di vulcanismo recente). *: "Giudizio Esperto"

Come si nota dalla Tabella 11.3, per la Zona 921 la Mw valutata è pari a **4.0.** Tuttavia, e per confronto, si è scelto, di verificare la Mw anche con il metodo della disaggregazione in termini di Magnitudo e distanza riferendosi alla maglia più sfavorevole in termini di Magnitudo della Mappa interattiva della Pericolosità Sismica dell'INGV - figura 11.6 – e si è ottenuto il grafico della disaggregazione in termini di Magnitudo e distanza.

Curva di pericolosità

La pericolosità è l'insieme dei valori di scuotimento (in questo caso per la PGA) per diverse frequenze annuali di eccedenza (valore inverso del periodo di ritorno). La tabella riporta i valori mostrati nel grafico, relativi al valore mediano (50mo percentile) ed incertezza, espressa attraverso il 16° e l'84° percentile.



Spettri a pericolosità uniforme

Gli spettri indicano i valori di scuotimento calcolati per 11 periodi spettrali, compresi tra 0 e 2 secondi. La PGA corrisponde al periodo pari a 0 secondi. Il grafico è relativo alle stime mediane (50mo percentile) proposte dal modello di pericolosità. I diversi spettri nel grafico sono relativi a diverse probabilità di eccedenza (PoE) in 50 anni. La tabella riporta i valori mostrati nel grafico.

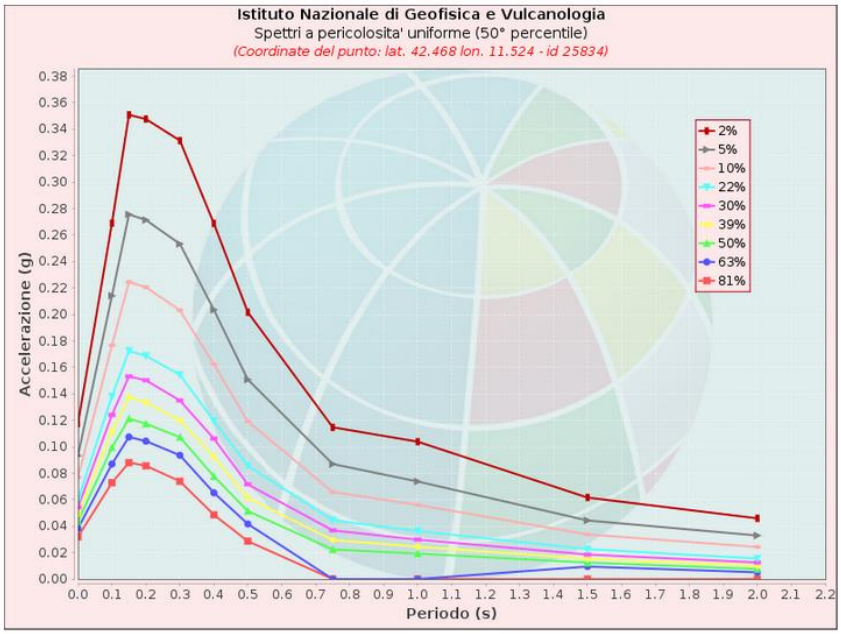
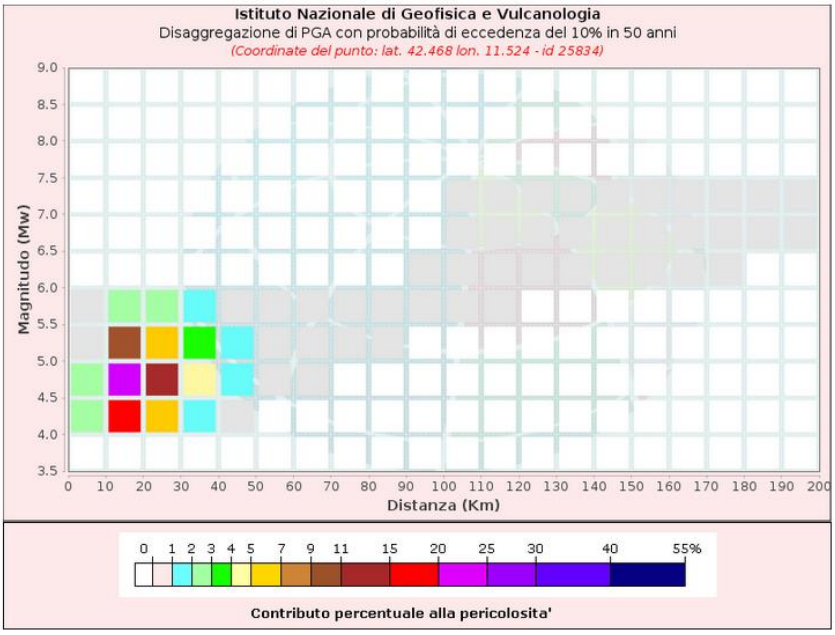


Grafico di disaggregazione

Il grafico rappresenta il contributo percentuale delle possibili coppie di valori di magnitudo-distanza epicentrale alla pericolosità del nodo, rappresentata in questo caso dal valore della PGA mediana, per una probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni.

La tabella riporta i valori mostrati nel grafico ed i valori medi di magnitudo, distanza ed epsilon.



Disaggregazione di PGA con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni (Coordinate del punto: lat. 42.468 lon. 11.524 - id 25834)											
Distanza (Km)	Magnitudo (Mw)										
	3.5-4.0	4.0-4.5	4.5-5.0	5.0-5.5	5.5-6.0	6.0-6.5	6.5-7.0	7.0-7.5	7.5-8.0	8.0-8.5	8.5-9.0
0-10	0.0000	2.2900	2.9000	0.8980	0.1960	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
10-20	0.0000	15.2000	23.0000	9.3100	2.5200	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
20-30	0.0000	5.5900	11.2000	6.4200	2.2900	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
30-40	0.0000	1.3000	4.1000	3.3100	1.4800	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
40-50	0.0000	0.0402	1.1200	1.6100	0.8870	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
50-60	0.0000	0.0000	0.1230	0.6040	0.3920	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
60-70	0.0000	0.0000	0.0006	0.1550	0.1040	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
70-80	0.0000	0.0000	0.0000	0.0328	0.0431	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
80-90	0.0000	0.0000	0.0000	0.0020	0.0153	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
90-100	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0043	0.0023	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
100-110	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0215	0.1390	0.0440	0.0392	0.0000	0.0000	0.0000
110-120	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0064	0.1730	0.1760	0.1660	0.0000	0.0000	0.0000
120-130	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.1220	0.2090	0.2120	0.0000	0.0000	0.0000
130-140	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0669	0.1980	0.2180	0.0000	0.0000	0.0000
140-150	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0401	0.1690	0.2040	0.0000	0.0000	0.0000
150-160	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0181	0.1030	0.1380	0.0000	0.0000	0.0000
160-170	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0055	0.0584	0.0925	0.0000	0.0000	0.0000
170-180	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0010	0.0329	0.0650	0.0000	0.0000	0.0000
180-190	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0194	0.0501	0.0000	0.0000	0.0000
190-200	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0113	0.0404	0.0000	0.0000	0.0000

Valori Medi		
magnitudo	distanza	epsilon
4.89	23.9	1.3

Tabella n. 11-4 Valori medi Magnitudo e Distanza in base al metodo della disaggregazione

Come si nota, con tale metodo $\mathbf{M_{Wmwdio}}$ = 4.89 per una distanza di 23.9 km.

12 VERIFICA A LIQUEFAZIONE

Le nuove norme sulle costruzioni (NTC2018) al punto 7.11.3.4.2 tracciano le linee guida per valutare la suscettibilità alla liquefazione dei terreni. La normativa specifica in modo molto chiaro che la verifica a liquefazione può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti circostanze:

- accelerazioni massime attese al p.c. minori di 0.1g;
- profondità della falda superiore a 15 m dal p.c.;
- distribuzione esterna al campo granulometrico delle sabbie;
- resistenze penetrometriche normalizzate qc> 180.

Per quanto sopra esposto, si può ritenere che i terreni presenti nell'area di sedime possano essere classificati come non liquefacibili in quanto è stato riscontrato il manifestarsi di una delle 4 condizioni previste, ovvero la profondità media stagionale della falda risulta collocata ad una profondità maggiore di 15 metri dal piano di campagna.

13 ANALISI DEI VINCOLI IDROGEOLOGICI

13.1 P.A.I. - PERICOLOSITÀ IDRAULICA E GEOMORFOLOGICA

Il Piano per l'Assetto Idrogeologico (o P.A.I - Legge 18 maggio 1989 n. 183 art. 17 comma 6 - ter, Legge 3 agosto 1998 n. 267 modificata con Legge 13 luglio 1999 n. 226 e Legge 11 dicembre 2000 n. 365.) di riferimento per il sito di progetto ricade nel nell'ex Bacino Regionale Ombrone che, dalla cartografia esistente (tav. 108), risulta escluso da qualsiasi tipo di pericolosità.

Per ciò che riguarda l'Autorità di Bacino Distrettuale, l'area d'interesse risulta esclusa sia dal PAI Piano Assetto Idrogeologico che dal progetto PAI "Dissesti geomorfologici" dell'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Settentrionale.

Anche per ciò che riguarda il PGRA "Piano di gestione del rischio di alluvioni" dell'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Settentrionale, l'area risulta esclusa.

Sono state consultate anche le cartografie dell'Autorità di Bacino Distrettuale Appennino Centrale: l'area sembra ricadere (dal punto di vista distrettuale) nell'Autorità dei Bacini Regionali Lazio e quindi nell'AdB distrettuale dell'Appennino centrale, ma la cartografia si ferma al confine regionale del Lazio.

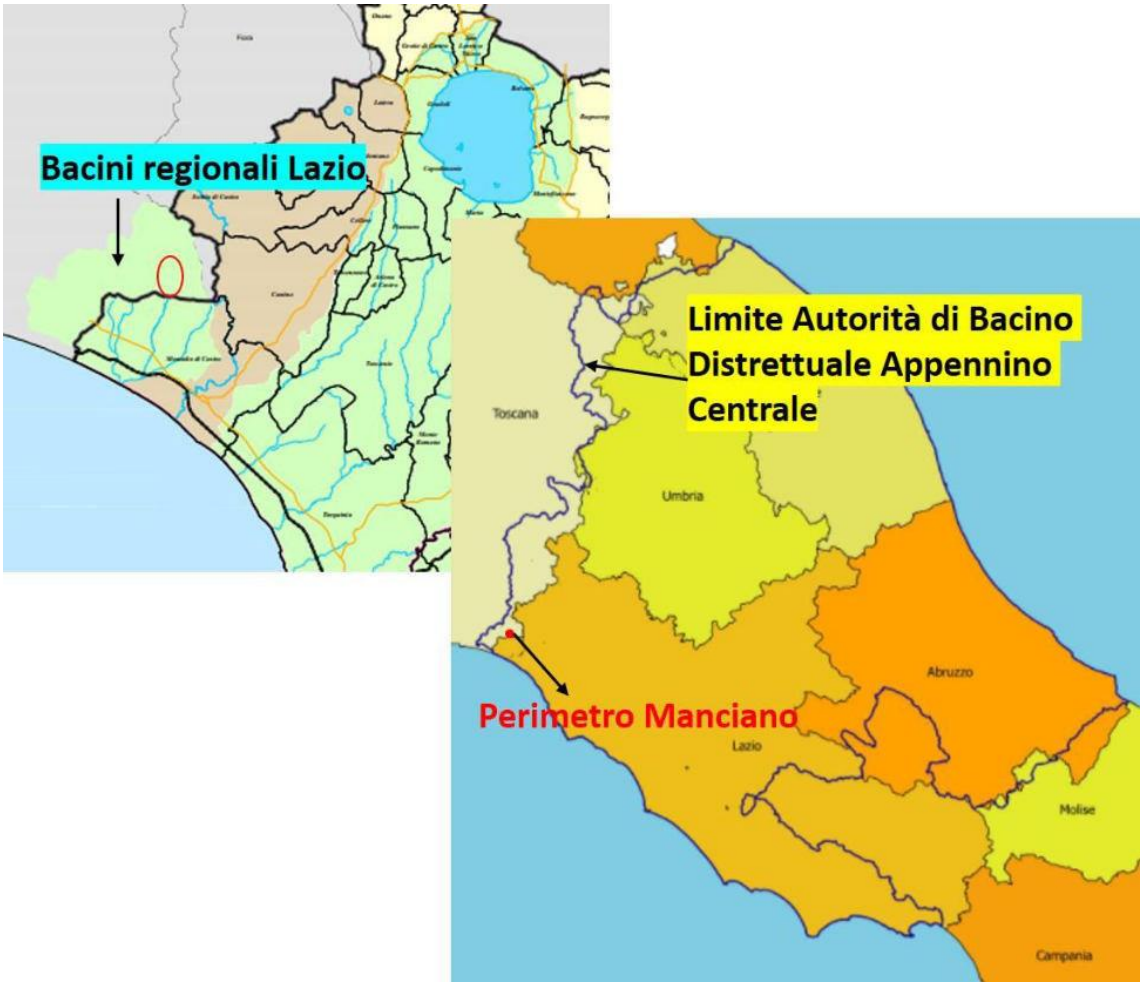


Figura n. 13-1 Limite del bacino distrettuale dell'appennino centrale

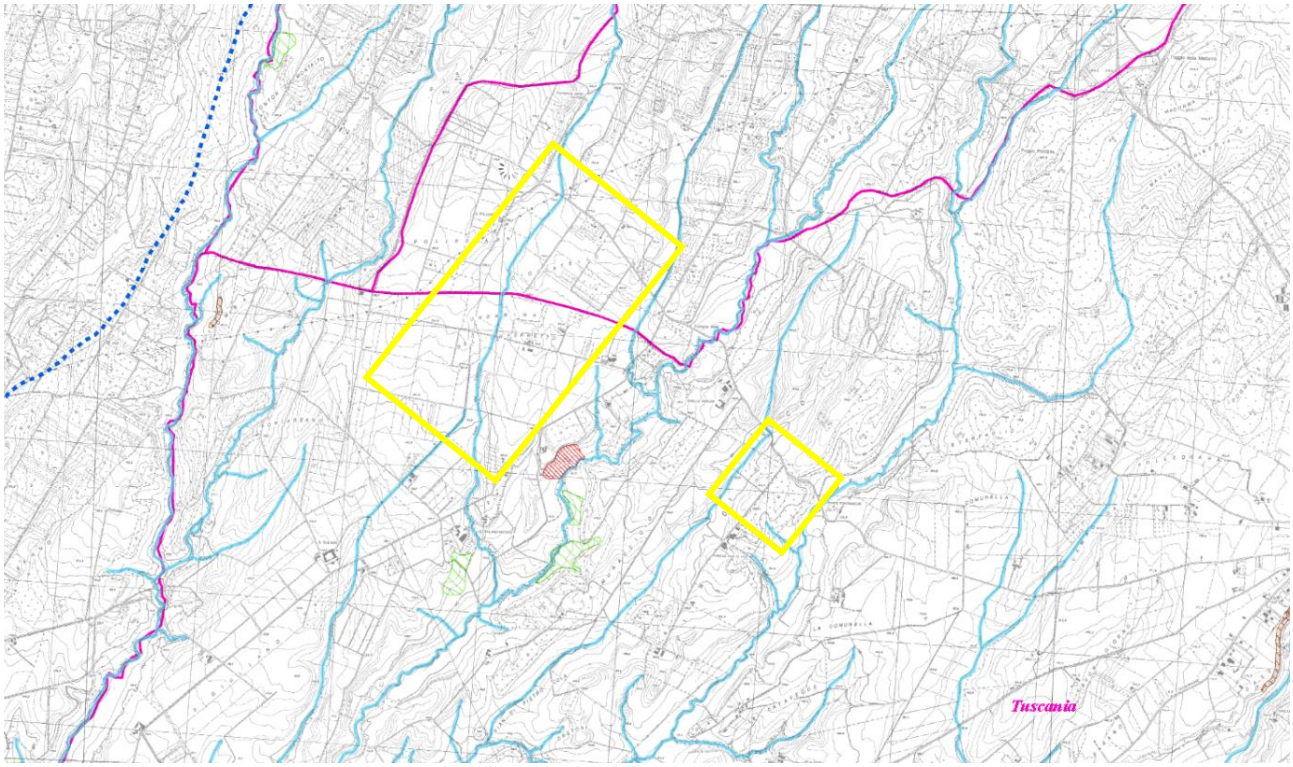


Figura n. 13-2 Aree sottoposte a tutela per dissesto idrogeologico – scala 1:25000 –

Tavola 2.03 nord - aggiornamento novembre 2021 - nel riquadro in giallo l'area di progetto -

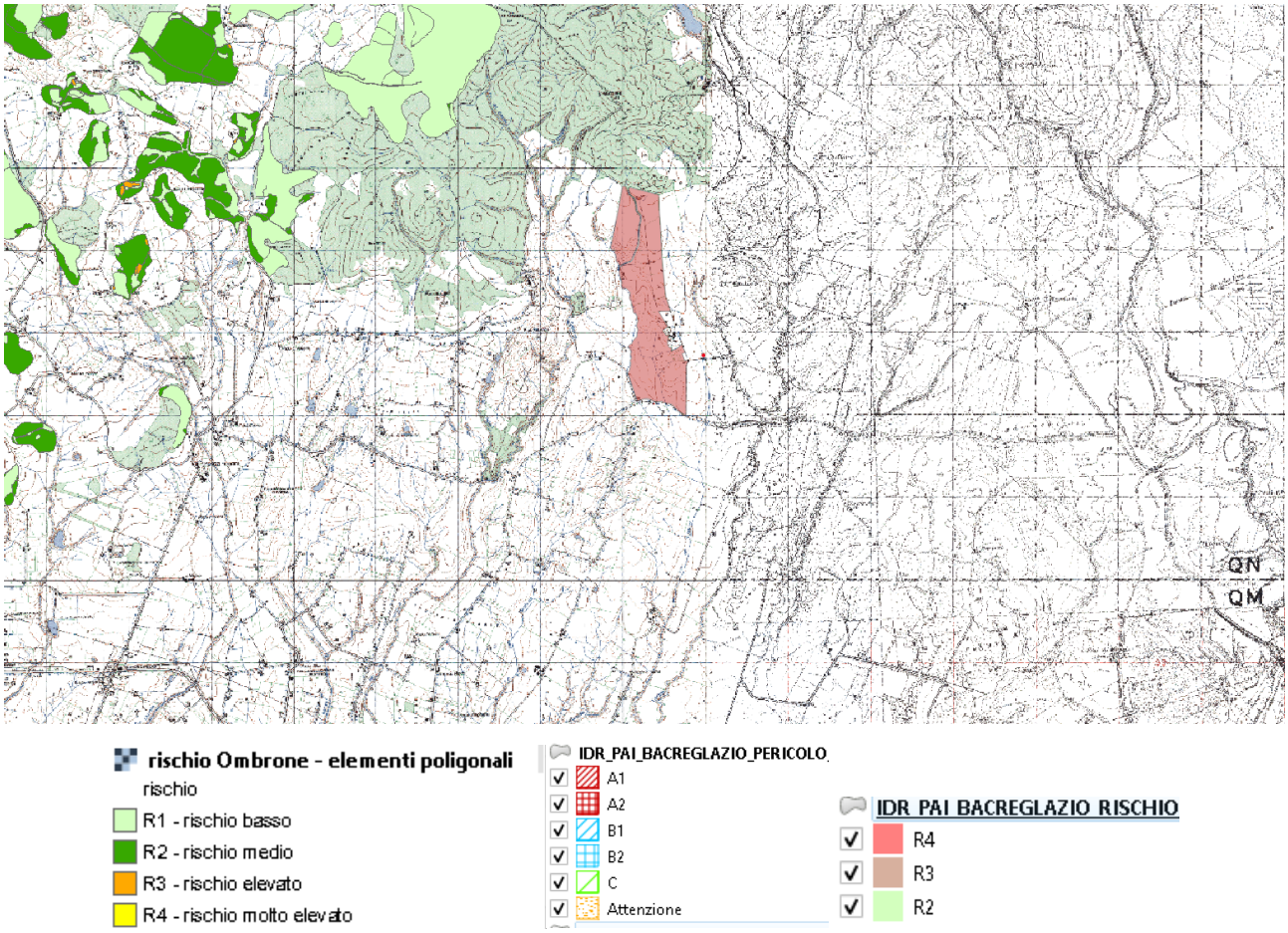


Figura n. 13-3 PAI – Carta di Tutela del Territorio – servizio WMS – . In rosso l'area di inserimento del parco fotovoltaico.

14 CONCLUSIONI

Con lo studio eseguito è stata caratterizzata l'area di sedime del Parco solare fotovoltaico "Solar Hills" sotto il profilo geologico e sismico in ottemperanza alle vigenti norme della regione Toscana.

Lo studio per la caratterizzazione geolitologica geotecnica e simica si è avvalso delle risultanze delle indagini e sperimentazioni specialistiche ricavata dalla letteratura. In base all'intero novero dei dati sperimentali è stato elaborato il modello geotecnico del sottosuolo d'imposta del Parco Fotovoltaico.

L'area di studio, situata a sud del centro abitato del Comune di Manciano, presenta una morfologia subpianeggiante e non soggetta a variazioni e, pertanto, stabile sotto tale profilo. L'assetto idrogeologico locale, governato da acque meteoriche liberamente dilavanti lungo il sito e confluenti in diversi corsi d'acqua presenti, impongono che per la stabilità del sito si attuino opportuni interventi di regimazione idraulica.

Il modello geotecnico attuale prevede una circolazione idrica episuperficiale con livello piezometrico posto mediamente a – 15 m. dal p.c. si consiglia comunque in fase esecutiva di misurare puntualmente il livello piezometrico. La costituzione granulometrica dei sedimenti presenti nel sottosuolo è tale da escludere il rischio di liquefazione, così come da norme relative.

Per la valutazione del Rischio Sismico Locale è stato eseguito lo studio specifico richiesto dalle norme. Per i parametri sismici si faccia riferimento all'analisi svolta nella specifica relazione di Modellazione Sismica; in ogni caso, in fase esecutiva è necessario elaborare uno studio specifico per la definizione degli spettri elastici ed individuare la classificazione del suolo tramite apposite indagini MASW.

In fase esecutiva, i dati ricavati dall'elaborazione delle indagini di riferimento suggeriscono le seguenti considerazioni:

- si consiglia eseguire preventivamente prove di carico sui piani fondali prescelti;
- un'apposita indagine in situ completa di prove di laboratorio per caratterizzare puntualmente i terreni;
- indagini geofisiche puntuali ed analisi della risposta sismica locale;
- dalle prove chimiche di aggressività dei terreni, secondo la classificazione DIN 50 929, è emerso che i terreni presentano un livello significativo di aggressività per corrosione puntuale;
- i risultati di laboratorio mostrano una debole aggressività del terreno nei confronti del calcestruzzo (inferiore alla classe Qa);
- *i sostegni in acciaio per le basi di fondazione dei pannelli se battuti in situ (pali) offrono una buona soluzione*. Tuttavia, in alcune parti dell'area lo strato colluviale soffice si assottiglia ed emergono le sottostanti ghiaie che offrono resistenza all'infissione; pertanto, occorre localmente ricorrere al prescavo e si stima che tale precauzione debba essere adottata almeno per il 25% della superficie d'imposta dei pannelli;
- per quanto concerne le strutture di fondazioni dei locali tecnici e di trasformazione, è preferibile localizzare le platee in cemento al di fuori delle zone di avvallamenti topografici e lontano dalle linee di deflusso idrico superficiale.

Infine, per quanto attiene ai potenziali fenomeni di instabilità dei fronti di scavo, si pone in evidenza che è comunque necessario il rispetto delle seguenti norme sulla sicurezza:

- D. Lgs 81/2008, art. 118: *Nei lavori di splateamento o sbancamento eseguiti senza l'impiego di escavatori meccanici, le pareti delle fronti di attacco devono avere una inclinazione o un tracciato tali, in relazione*

alla natura del terreno, da impedire franamenti. Quando la parete del fronte di attacco supera l'altezza di m 1,50, è vietato il sistema di scavo manuale per scalzamento alla base e conseguente franamento della parete. Quando per la particolare natura del terreno o per causa di piogge, di infiltrazione, di gelo o disgelo, o per altri motivi, siano da temere frane o scoscendimenti, deve essere provveduto all'armatura o al consolidamento del terreno;

- D. Lgs 81/2008, art. 118: *Nello scavo di pozzi e di trincee profondi più di m 1,50, quando la consistenza del terreno non dia sufficiente garanzia di stabilità, anche in relazione alla pendenza delle pareti, si deve provvedere, man mano che procede lo scavo, all'applicazione delle necessarie armature di sostegno*;
- D. Lgs 81/2008, art. 120: *È vietato costituire depositi di materiali presso il ciglio degli scavi. Qualora tali depositi siano necessari per le condizioni del lavoro, si deve provvedere alle necessarie puntellature*;
- DM 14 01 08 "Norme tecniche sulle costruzioni", 6.8.6. (fronti di scavo): *Per scavi trincea a fronte verticale di altezza superiore ai 2 m, nei quali sia prevista la permanenza di operai, e per scavi che ricadano in prossimità di manufatti esistenti, deve essere prevista una armatura di sostegno delle pareti di scavo.*

Tutti i materiali di scavo vanno stoccati e lavorati, se occorre, in sito, altrimenti vanno smaltiti secondo le norme vigenti.

Napoli, maggio 2023

Dr. Gaetano Ciccarelli

15 LIMITAZIONI

Questa relazione è fornita per l'uso esclusivo del firmatario solo per questo progetto e per gli scopi di cui descritto nella relazione. Non deve essere utilizzato o invocato per altri progetti o scopi sullo stesso o altro sito o da una terza parte.

Nella redazione del presente rapporto si è necessariamente avvalsi delle informazioni fornite dal cliente e/o dai suoi tecnici.

Le conclusioni e le raccomandazioni presentate in questo rapporto si basano sulle informazioni fornite dai progettisti ed inquadrate nell'analisi delle indagini sul campo e di laboratorio.

I risultati forniti nella relazione sono indicativi delle condizioni nello stato di fatto dei terreni così come indagato con le sperimentazioni di riferimento (cfr. Doc. n.2), all'epoca programmate di concerto con i progettisti ed il committente prova, e relativamente alle profondità indagate e allo stato delle scelte progettuali indicate al momento dell'incarico ricevuto. Le condizioni del sottosuolo possono cambiare bruscamente a causa di processi geologici variabili e anche a causa di interventi antropici.

Se la costruzione proposta viene trasferita o riprogettata, o se le condizioni locali cambiano anche per interventi al contorno delle aree studiate ed oggetto del presente lavoro, le conclusioni e le raccomandazioni contenute in questo rapporto devono essere considerate non valide a meno che le modifiche non vengano, previe comunicazioni tecniche ufficiali rese per iscritto, successivamente esaminate e validate dagli scriventi sì che possano essere riconsiderate e/o validate.

Le condizioni del sito modificate o il trasferimento delle strutture proposte possono richiedere ulteriori indagini e prove specifiche per determinare se le nostre conclusioni e raccomandazioni sono applicabili in considerazione delle mutate condizioni.

La presente relazione deve essere letta unitamente a tutte le note allegate e deve essere conservata integralmente senza separazione di singole pagine o sezioni.

La CG Associati Srls non può essere ritenuta responsabile per interpretazioni o conclusioni fatte da altri a meno che non siano supportate da una dichiarazione espressamente resa alla scrivente che deve accettare le interpretazioni e le implicazioni geologico-tecniche.

I nostri servizi professionali sono stati eseguiti e resi, unitamente alle raccomandazioni in conformità con i principi e le buone pratiche ingegneristiche generalmente accettate. Questa garanzia è sostitutiva di tutte le altre garanzie espresse o implicite.