



PROVINCIA DI
AREZZO (AR)

SETTORE VIABILITÀ - LL.PP. SERVIZIO
COORDINAMENTO LAVORI PUBBLICI E PNRR
DELLA LA PROVINCIA DI AREZZO



LAVORI DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA DI RIPRISTINO DEL PONTE SULLA S.P.45
PONTE ALLA PIERA, KM. 5+400, LOCALITÀ LE STRETTE, COMUNE DI ANGHIANI
CUP: I97H21003470001



PROGETTO ESECUTIVO

COMMITTENTE
PROVINCIA DI AREZZO (AR)

RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO
ARCH. GIUSEPPINA BOCCHINI

RTP PROGETTAZIONE
CAPOGRUPPO

operating.studio

VIA FUCILARI, 43/A
84014 - NOCERA INFERIORE (SA)

OPERATING S.R.L.
Via Fucilari 43/A - 84014
Nocera Inferiore (SA)
P.IVA 05927360651

DIRETTORE TECNICO
ING. ANTONIO PAUCIULO

Antonio
Pauciulo
24.08.2026
15:20:02
GMT+01:00

MANDANTI

DOTT. GEOL. UMBERTO BORGIA

VIA PANORAMICA, 25/D
84125 - SALERNO (SA)

REDATTO |

GEOL. U. BORGIA

VERIFICATO |

GEOL. U. BORGIA

APPROVATO |

ING. A. PAUCIULO

CODICE ELABORATO

SP45_PE_DOC_03

NOME ELABORATO

RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA

DATA EMISSIONE

DICEMBRE 2023

REV

00

PRIMA EMISSIONE

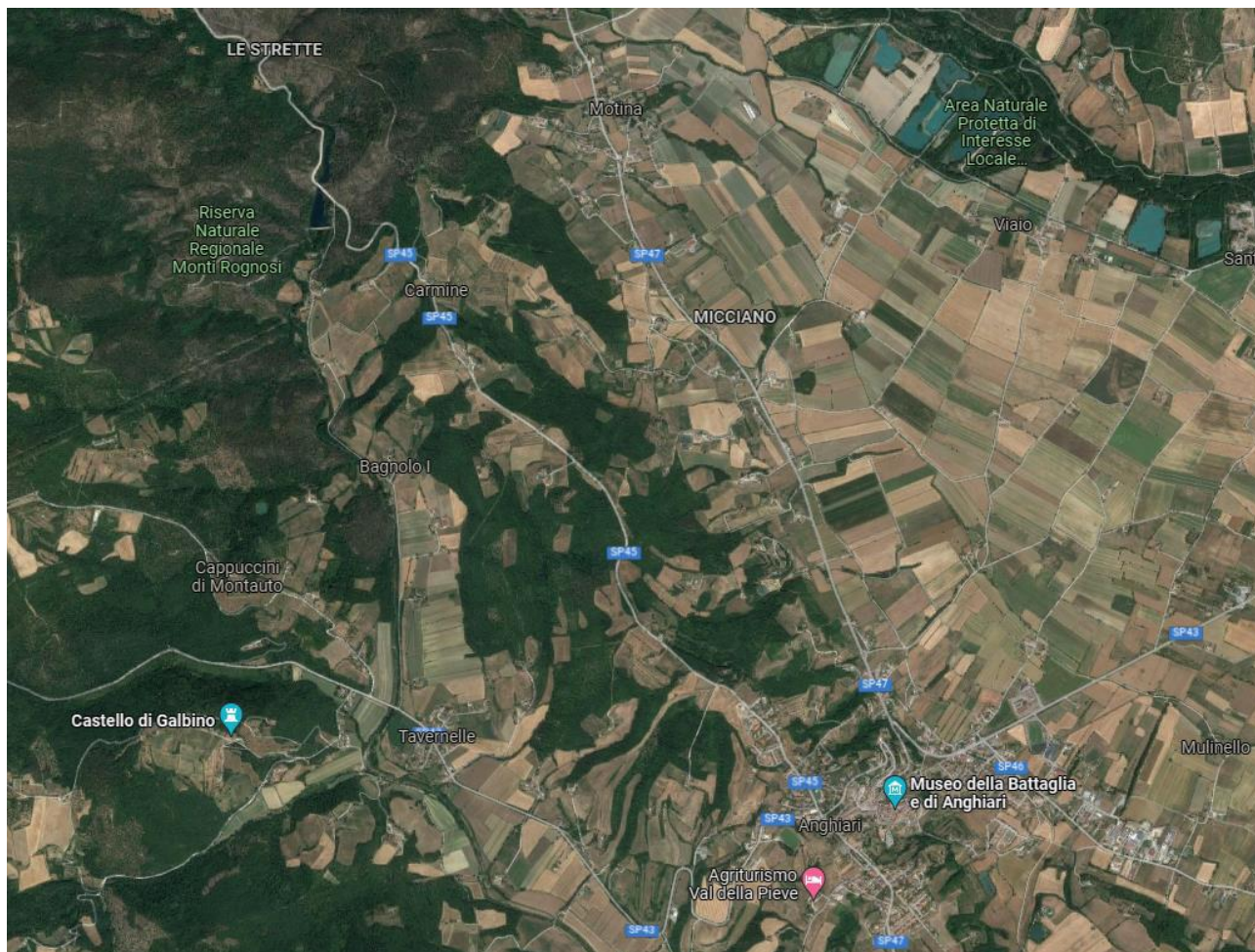
SCALA

-

Dott. Geol. Umberto Borgia

Cell: 3395492553
E-mail: umbertoborgia@tiscali.it
P.I. 04914760659

COMMITTENTE:
PROVINCIA DI AREZZO



SERVIZIO TECNICO DI INGEGNERIA ED ARCHITETTURA PER PROGETTAZIONE DEFINITIVA ED ESECUTIVA, COORDINAMENTO DELLA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE RELATIVO ALL'INTERVENTO DI "LAVORI DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA DI RIPRISTINO DEL PONTE SULLA S.P.45 PONTE ALLA PIERA, KM. 5+400, LOCALITÀ LE STRETTE, COMUNE DI ANGIARI".

LOCALITÀ: ANGIARI (AR)

Stampa circolare del Tribunale di Arezzo, Ufficio del Geologo, con la firma di Umberto Borgia e la data 18/12/2023.

INDICE

1. PREMESSA	3
2. RIFERIMENTI NORMATIVI	6
3 DESCRIZIONE DELL'AREA DI INTERVENTO	7
4. INQUADRAMENTO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO E IDROGEOLOGICO	9
5. PERICOLOSITA' GEOLOGICA E IDROGEOLOGICA	18
6. CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOLOGICA	20
7. INQUADRAMENTO IN PROSPETTIVA SISMICA	24
8. SUSCETTIBILITA' A LIQUEFAZIONE	29
9. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE	33

1 – PREMESSA

Il presente studio ha lo scopo di fornire un inquadramento geologico dell'area oggetto della progettazione di cui al presente incarico.

L'intervento principale da eseguirsi sul ponte riguarda la demolizione del parapetto esistente in calcestruzzo e la **messa a norma delle barriere stradali** mediante installazione di barriere stradali H2 bordo ponte. Per tale intervento, **sarà eseguito l'allargamento della carreggiata** per la realizzazione di idoneo cordolo in c.a. bordo ponte di ancoraggio delle barriere e dei collegamenti trasversali tra i cordoli, senza aumentare il numero di corsie.

Gli interventi proposti per la realizzazione del consolidamento strutturale previsti sono:

- Rinforzo con sistema FRCM composto da rete in fibra di carbonio (C-MESH 84/84) e matrice inorganica MX-C 25 MURATURA
- Riempimento estradosale mediante sottofondo alleggerito LecaCem Classic

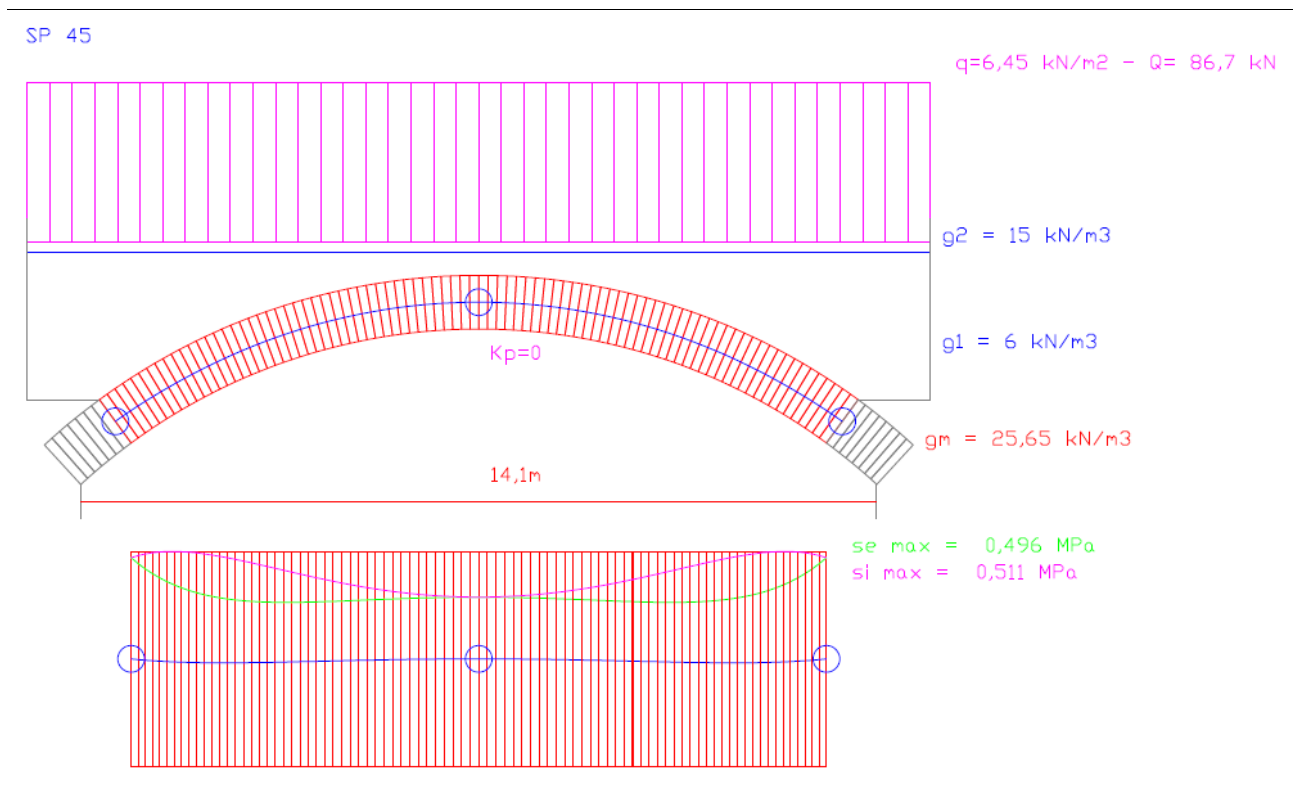


Figura. 1 – Schema ponte

Il presente studio ha lo scopo di definire le caratteristiche geologiche e idrogeologiche dell'area, riferite all'ambito geomorfologico rappresentativo, nonché le caratteristiche dei terreni interessati e l'inquadramento in prospettiva sismica.

Al fine di caratterizzare l'area oggetto dell'intervento e di fornire un modello geologico-tecnico della stessa, sono stati eseguiti:

- N. 2 sondaggi geognostici verticale a carotaggio continuo spinti alla profondità di 20 mt rispetto all'attuale piano campagna.
- N. 3 prelievo di campione indisturbato sul quale sono state eseguite analisi di laboratorio per la definizione dei parametri geotecnici.
- N. 4 prove penetrometriche di tipo SPT
- N. 1 indagine sismica di superficie di tipo MASW.

Le prove sono ubicate come riportato di seguito



Figura. 2 – Ubicazione indagini

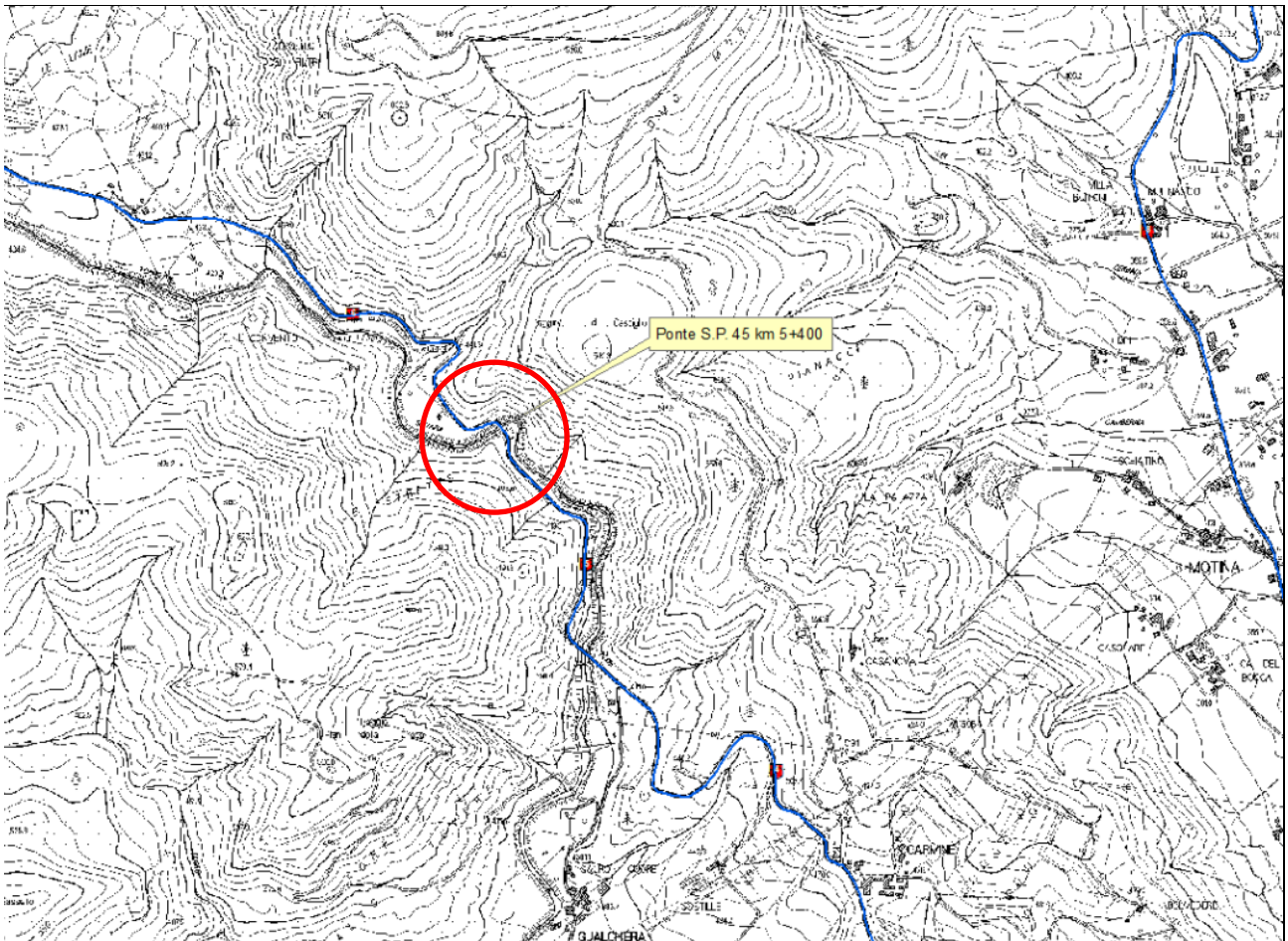


Figura. 3– Arereofotogrammetria

L'opera oggetto del presente intervento è censita al Foglio n. 26 e 27 del Comune di Anghiari.

Le indagini geognostiche, analisi di laboratorio e indagini geofisiche sono state eseguite dalla ditta PLP s.r.l.

Il report delle indagini costituisce parte integrante della presente relazione ed è allegato alla stessa.

Di seguito verranno descritte nel dettaglio tutte le attività eseguite in sito.

Il presente elaborato fornisce una esposizione geologica, geotecnica e di caratterizzazione in prospettiva sismica dell'area in esame.

L'area oggetto del presente studio è situata nella Sezione 289010 della Carta Geologica Regionale della Toscana redatta in Scala 1:10000 e Foglio 115 Città Di Castello della Carta Geologica d'Italia in scala 1:100000.

2 – RIFERIMENTI NORMATIVI

Il presente studio è stato redatto in linea e nel rispetto delle seguenti Norme vigenti sull'area:

- ***Decreto Ministeriale 17.01.2018***
- Testo Unitario - Norme Tecniche per le Costruzioni
- ***Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici***
- Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 17 gennaio 2018. Circolare 21 gennaio 2019, n° 7.
- ***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
- ***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 (2002). UNI
- ***Eurocodice 7.3 (2002)***
- Progettazione geotecnica - Parte II: Progettazione assistita con prove in sito (2002). UNI
- ***Leggi regionali*** in materia di pianificazione e di Vincolo Idrogeologico
- ***Ordinanze Autorità*** di Bacino Nazionale.
- **DPGR 26/R del 27/04/2007** - Regolamento di attuazione dell'art.62 della L.R. 03/01/2005 in materia di indagini geologiche;
- **DPCM 06/05/2005**: "Approvazione del piano di bacino del fiume Arno, stralcio assetto idrogeologico";

L'area in oggetto è identificata dalle seguenti coordinate WGS84:

LAT.: 43,574717° – LONG.: 12,016866°

A tali coordinate è associata una Classificazione Sismica secondo D.M. 17 gennaio 2018, per edifici di Classe III, pari ad una accelerazione sismica orizzontale su Terreno di Classe A, stimata con tempo di ritorno dell'azione sismica pari a 712 anni, di 0.234g

3 – DESCRIZIONE DELL'AREA D'INTERVENTO

Tale area è ubicata nel territorio del comune di Anghiari (AZ) a Nord-Ovest del territorio comunale in attraversamento del torrente Sovara.



Figura. 4 - Stralcio ortoimmagine con evidenziazione area d'interesse

L'areale interessato dalla lottizzazione è posto ad una quota di circa 420 mt slm in un area collinare nell'Appennino Tosco-Emiliano.

Il tracciato è rettilineo per il tratto di interesse con curve di raccordo in ingresso e in uscita. La morfologia del sito è con un lieve pendio.

4 – INQUADRAMENTO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO E IDROGEOLOGICO

Nella presente sezione verranno descritti i lineamenti geologici, geomorfologici ed idrogeologici relativi all'area oggetto del presente studio.

Inquadramento Geologico.

Quanto di seguito delineato trova indicazioni nella Relazione Geologico Tecnica e Sismica redatta per il PSC del Comune di Anghiari.

Pertanto, traendo spunto da tali informazioni, vengono descritti i principali aspetti geologici e geomorfologici di un intorno ben più esteso dell'areale d'interesse, al fine di chiarire il modello geologico dello stesso sui cui si sono impostati i fenomeni morfogenetici che hanno delineato l'attuale configurazione dei versanti e del fondo valle.

L'assetto geologico del territorio risulta molto complesso per la presenza di numerose unità tettoniche, che hanno subito più fasi deformative sia compressive sia distensive.

Il bacino Quaternario dell'Alta Valle del Tevere, ubicato tra la Toscana e l'Umbria, costituisce una pianura alluvionale intermontana ad una quota media di 300 m (s.l.m.). Il bacino è delimitato a nord-est dallo spartiacque appenninico principale, e ad ovest dai rilievi dell'Alpe di Catenaia, che dividono il bacino Tiberino dal bacino del F. Arno.

La piana si estende longitudinalmente all'asse principale della catena appenninica in direzione NW-SE per una lunghezza di circa 20 km ed una larghezza massima di circa 15. Il Bacino Alto-Tiberino è delimitato da sistemi di faglie orientate NW-SE e da sistemi orientati NE-SW. Quest'ultimi sono rappresentativi dell'area settentrionale del bacino e delimitano l'estensione verso nord dei sistemi NW-SE bordieri del bacino. Essi sono in relazione con il generale lineamento della "Val Marecchia" che è riscontrabile a livello regionale trasversalmente all'asse principale della catena appenninica, e delimita i bacini Quaternari dell'Alta Valle del Tevere, Arezzo e del Valdarno Superiore (Delle Donne, 2004). Da un punto di vista morfologico, il bacino di Anghiari-Sansepolcro può essere suddiviso in tre zone

parallele ed orientate NW-SE. La parte centrale del bacino corrisponde all'attuale piana alluvionale del Fiume Tevere, ubicata ad un'elevazione media di circa 300 m slm: risulta costituita dall'accumulo dei sedimenti alluvionali tendenzialmente grossolani con subordinati contributi più fini, riferibili al tardo Pleistocene e più verosimilmente all'Olocene. La porzione occidentale del bacino è delimitata dall'allineamento delle colline di Anghiari-Citerna, disposte circa NW-SE; detti rilievi, posizionati a quote massime di 440 m slm, sono costituiti dai depositi fluvio-lacustri del Pleistocene inferiore-medio. Lungo il margine orientale del bacino il contatto tra le alluvioni recenti del Fiume Tevere ed il substrato è coperto da una serie di conoidi alluvionali, generate dai tributari del F. Tevere. Sia il margine sud-occidentale che quello nord-orientale sono delimitati da faglie normali ad opposta vergenza, secanti gli elementi tettonici strutturatisi nella fase di accavallamento crostale (pieghe e sovrascorrimenti). La maggior parte della sismicità della penisola italiana è concentrata in corrispondenza dei numerosi bacini intermontani allineati con l'asse della catena appenninica. Il bacino dell'Alta Val Tiberina è parte di questa cintura estensionale attiva. Il catalogo dei terremoti storici rilevati nell'area di indagine suggerisce che almeno qualcuno di questi potrebbe essere generato dagli splay ad alto angolo della faglia alto-tiberina, immergenti verso NE.

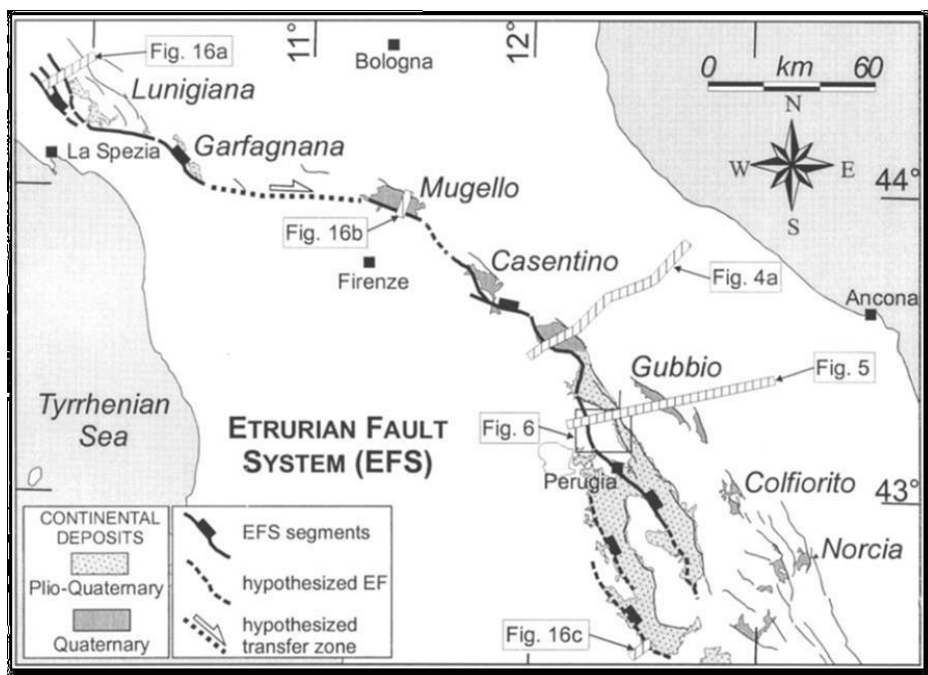
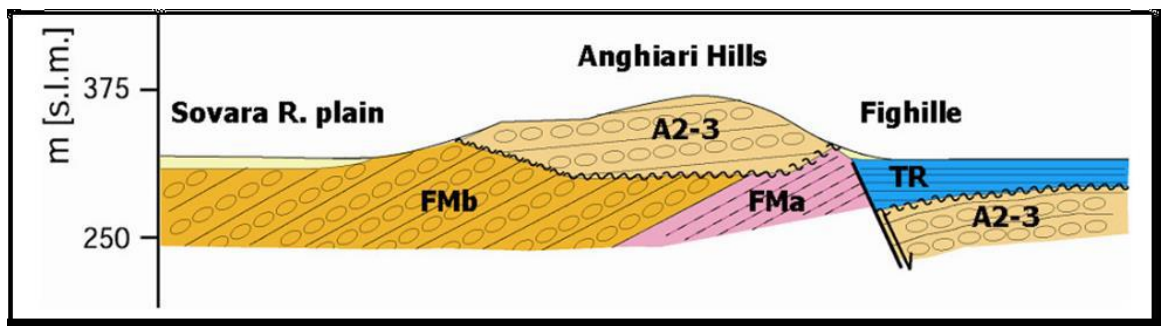


Fig. 5 - Stralcio dei principali lineamenti strutturali del contesto geologico di riferimento (fuori scala)

La storia geologico evolutiva del bacino indotta dall'attività del sistema di faglie sudoccidentale può essere così riassunta (figura sotto): durante il Pleistocene Inferiore – Medio si formò una depressione lungo il margine sud-occidentale del bacino, causata dall'attivazione di una faglia orientata NW-SE ubicata lungo la valle del Torrente del Sovara (Faglia del Sovara).

Infatti la valle del torrente Sovara delimita gli affioramenti del substrato pre-Quaternario, presenti ad ovest, dagli affioramenti dei depositi Quaternari presenti ad est. L'attività della faglia del T. Sovara controlla la sedimentazione clastica della successione riferibile al Pleistocene Inferiore-Medio che corrisponde ai sintemi di Fighille–Monterchi (FM) ed Anghiari. Quest'ultimi sono delimitati da una superficie di discordanza angolare. Infatti il Sintema di Monterchi-Fighille presenta inclinazioni di 30-40° verso il letto della faglia del T. Sovara (SW), mentre il sintema di Anghiari presenta giaciture pressoché orizzontali.



Ciò implica che tra la deposizione dei due sintemi si è verificato un basculamento del letto della faglia del T. Sovara. Successivamente si enucleò la faglia di Anghiari, determinando il sollevamento dei depositi riferibili ai sintemi di Anghiari e Fighille – Monterchi con la formazione della dorsale di Anghiari – Citerna. Sul blocco ribassato della faglia, i depositi riferibili al sintema del Fiume Tevere (TR) iniziarono a depositarsi sopra i precedenti, mentre sul blocco sollevato si attuano fenomeni di intensa lisciviazione ed alterazione. Il terrazzo di Anghiari si forma alla sommità della dorsale di Anghiari – Citerna, costituendo così un marker temporale dell'attivazione della faglia di Anghiari. In sintesi si verifica, lungo il margine occidentale del bacino altotiberino, una progradazione della deformazione verso il centro del bacino di sedimentazione.

L'attività della faglia di Anghiari è riscontrabile nell'assetto dei depositi tardo-Quaternari: sul blocco sollevato della faglia si forma la successione terrazzata, presente nella valle del T. Sovara, mentre sul blocco ribassato si forma una sequenza clastica aggradante alla base del fronte montuoso.

La dorsale collinare di Anghiari costituisce il principale elemento fisiografico del bacino Quaternario, ad una quota topografica di circa 90 metri rispetto alla pianura attuale. La collina presenta un profilo asimmetrico con versanti nord-orientali più acclivi (Cattuto et al., 1995).

Alla sua sommità si trova il terrazzo alluvionale riferibile al sub-sistema A2, al cui tetto è presente un paleosuolo molto sviluppato. L'intensa alterazione meteorica ha prodotto un suolo di tipo fersiallitico di colore rossastro molto intenso che costituisce un aspetto peculiare del rilievo di Anghiari. La faglia di Anghiari delimita verso est il colle omonimo, determinandone il suo sollevamento ed esumazione. La faglia separa gli affioramenti dei depositi Quaternari antichi, dai più recenti depositi alluvionali della valle del Tevere (Delle Donne, 2004).

L'area oggetto del presente studio è situata nel Foglio 115 Città Di Castello della Carta Geologica d'Italia in scala 1:100000.

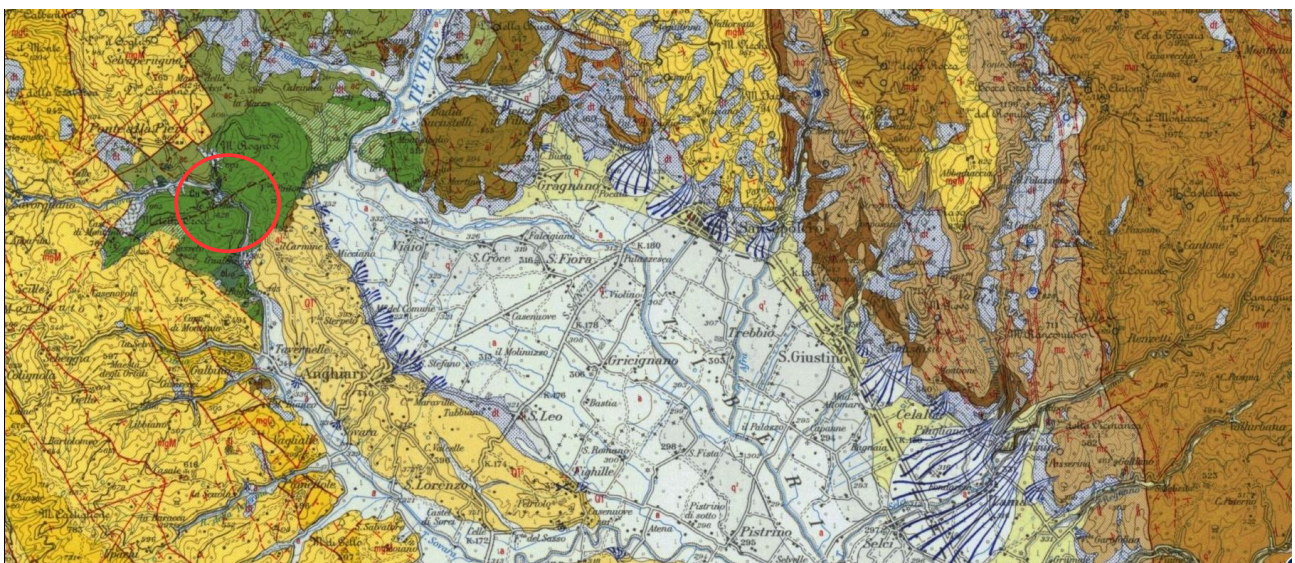
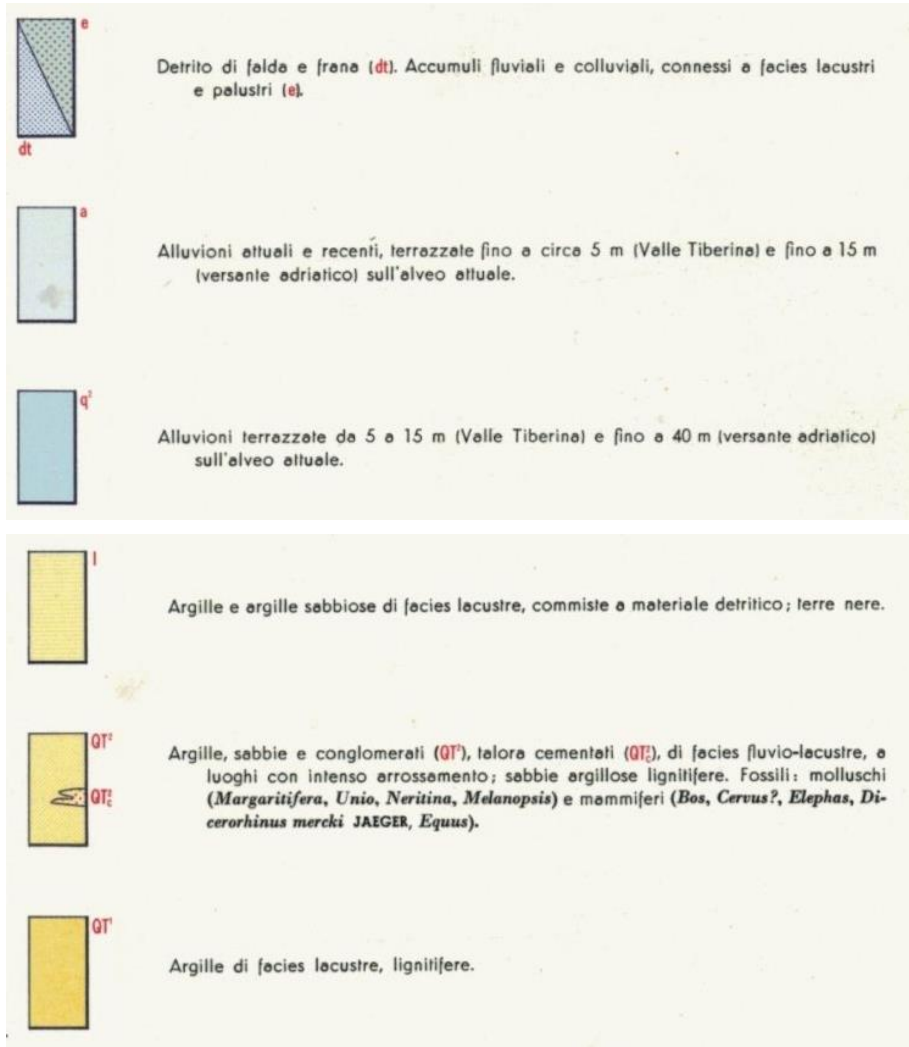


Fig. 6 – Stralcio Carta Geologica D'Italia – Foglio 115 Città di Castello Scala 1:100000

Dott. Geol. Umberto Borgia

Cell: 3395492553
E-mail: umbertoborgia@tiscali.it
P.I. 04914760659

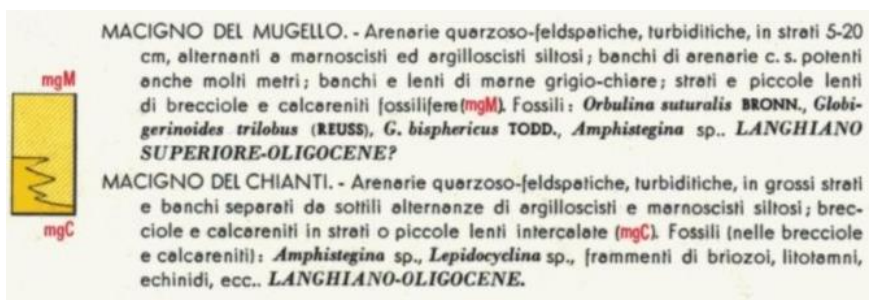
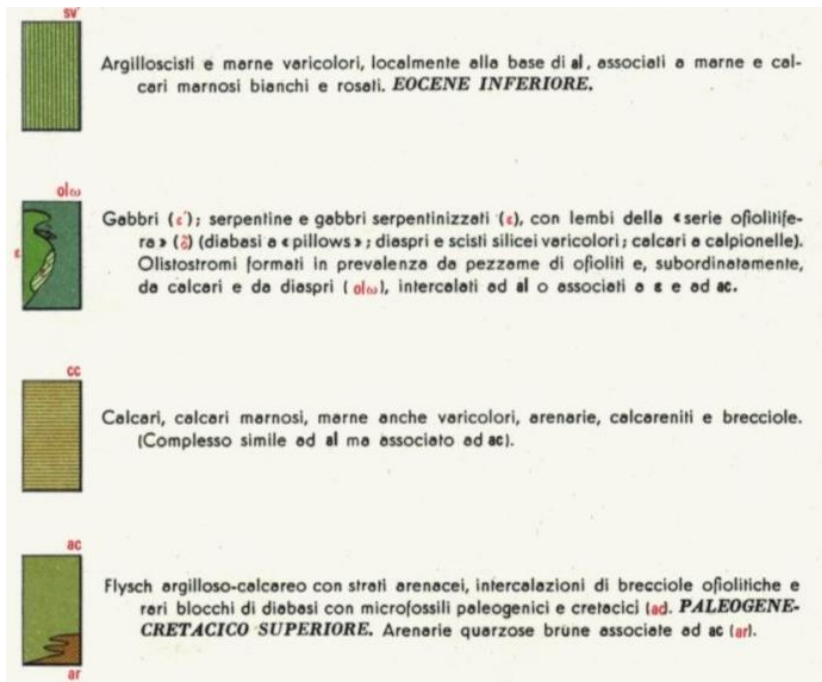


Dott. Geol. Umberto Borgia

Cell: 3395492553

E-mail: umbertoborgia@tiscali.it

P.I. 04914760659



In basa alla Carta Geologica Regionale della Regione Toscana redatta in Scala 1:10000 l'area oggetto dell'intervento rientra nella Sezione 289010.

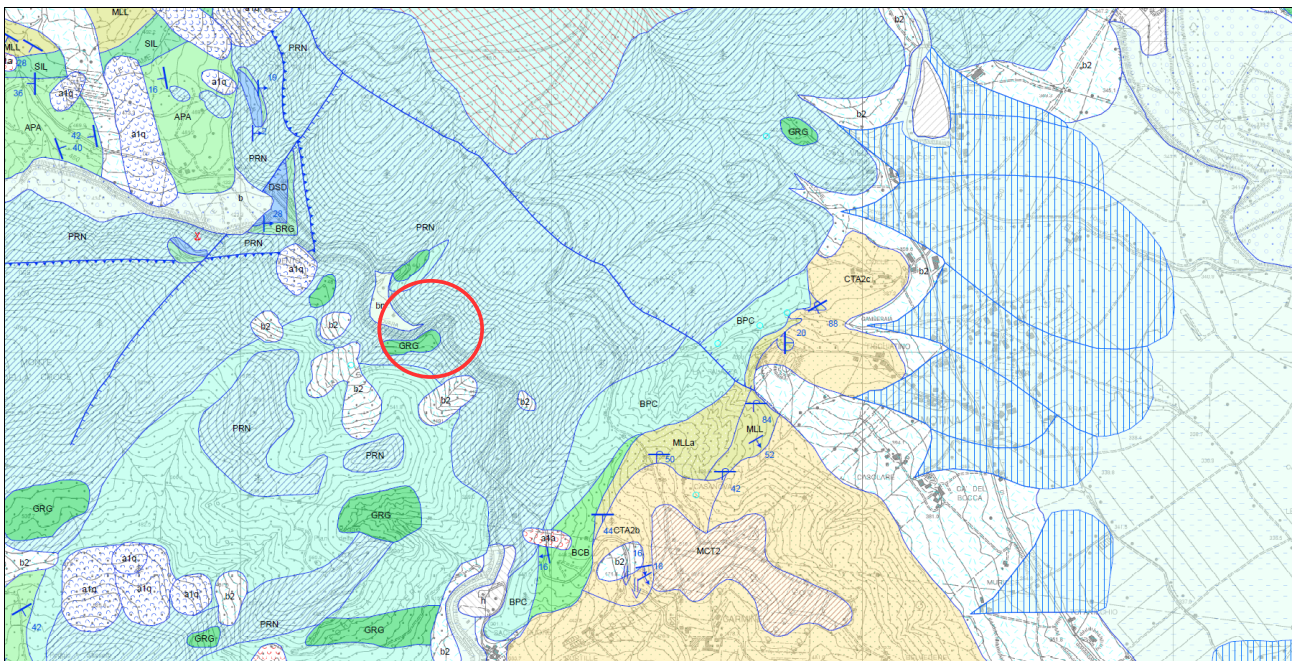


Fig. 7 – Stralcio Carta Geologica Regionale della Toscana – Sezione 289010 - Scala 1:100000

DEPOSITI QUATERNARI



h Deposito antropico
OLOCENE



Colluvio eluviale
Depositi caratterizzati da clasti centimetrici o decimetrici a spigoli vivi o subangolosi immersi in abbondante matrice limo-argillosa, raramente detritici, massivi o mal stratificati in accumuli di modesti spessori. I depositi colluviali ed i depositi eluviali, quasi ovunque associati, sono difficilmente distinguibili.
PLEISTOCENE SUPERIORE? - OLOCENE



b (GS) Depositi alluvionali attuali e recenti di fondovalle
Limi argillosi bruni prevalenti, in strati di alcuni decimetri di spessore, sabbie sciolte grigio-brune a stratificazione incrociata e ghiaie sabbiose poligeniche; gli spessori sono in genere compresi fra i 10 e i 15 m, ma con forti variazioni locali.
OLOCENE



b (LA) Depositi alluvionali attuali e recenti di fondovalle
Limi argillosi bruni prevalenti, in strati di alcuni decimetri di spessore, sabbie sciolte grigio-brune a stratificazione incrociata e ghiaie sabbiose poligeniche; gli spessori sono in genere compresi fra i 10 e i 15 m, ma con forti variazioni locali.
OLOCENE



b (S) Depositi alluvionali attuali e recenti di fondovalle
Limi argillosi bruni prevalenti, in strati di alcuni decimetri di spessore, sabbie sciolte grigio-brune a stratificazione incrociata e ghiaie sabbiose poligeniche; gli spessori sono in genere compresi fra i 10 e i 15 m, ma con forti variazioni locali.
OLOCENE



b (SG) Depositi alluvionali terrazzati
Depositi costituiti da prevalenti silti e sabbie siltose con intercalazioni di ghiaie sabbiose generalmente non differenziate, sopraelevati rispetto agli alvei attuali.
PLEISTOCENE MEDIO - SUPERIORE



bn (LA) Depositi alluvionali terrazzati
Depositi costituiti da prevalenti silti e sabbie siltose con intercalazioni di ghiaie sabbiose generalmente non differenziate, sopraelevati rispetto agli alvei attuali.
PLEISTOCENE MEDIO - SUPERIORE

GRG

GABBRI

Gabbri prevalentemente a grana grossolana, in struttura massiva o in sequenze cumulitiche, costituite da dunite, wehriliti e troctoliti, più o meno serpentizzate da un metamorfismo di basso grado. Affiorano in ammassi lentiformi di dimensioni da decametriche a ettometriche o in struttura filoniana dentro alle serpentinit, localmente rodingitizzati.
GIURASSICO

PRN

PERIDOTITI SERPENTINIZZATE

Lherzoliti a spinello e subordinatamente harzburgiti in struttura massiva con paragenesi caratterizzata da olivina, orto e clino-pirosseno, piccole percentuali di spinello e plagioclasio, più o meno serpentizzate da un metamorfismo di basso grado, con paragenesi a serpentino, clorite, talco e amianto.
Lungo la valle del T. Sovara piccoli affioramenti di oficalciti.
GIURASSICO

TRG

PERIDOTITI TETTONICHE

Sulla cima del Monte Rognosio lherzoliti a spinello con paragenesi ad olivina, orto e clino-pirosseno e piccole percentuali di spinello, in cui è possibile riconoscere l'originaria scistosità della roccia definita dall'orientazione del pirosseno.
GIURASSICO

L'area oggetto dell'intervento a farsi è situata su

PRN: PERIDOTITI SERPENTINIZZATE

Inquadramento Geomorfologico.

L'area di interesse, è situata in un contesto collinare all'interno dell'Appennino Toscano ad una quota di c.ca 400 mt s.l.v. con pendenze da moderate ad elevate che aumentano in direzione N-NE.

L'opera in oggetto è in attraversamento del torrente che incide i versanti creando, secondo quanto riportato nella cartografia redatta per il PSC del Comune di Anghiari, una franosità diffusa sul versante a Nord.

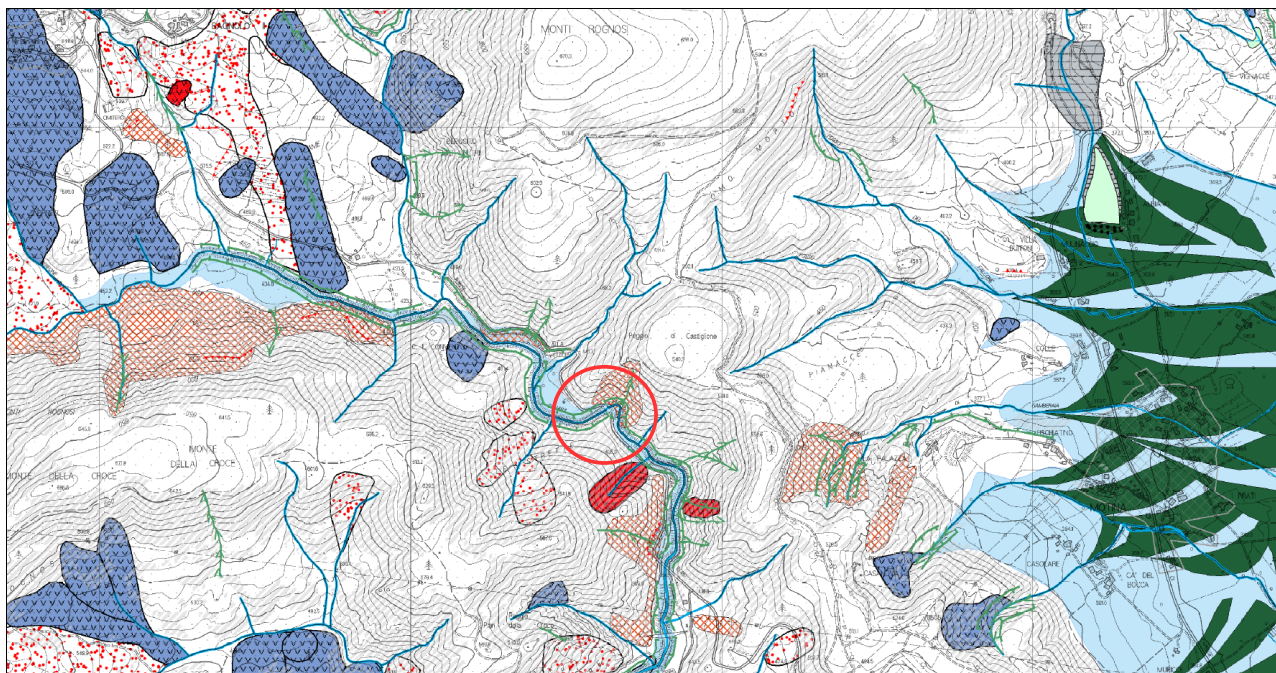
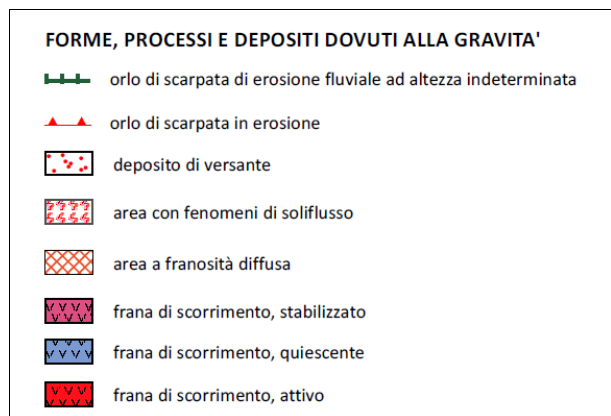


Fig. 8 – Stralcio Carta Geomorfologica PSC Comune di Anghiari



Inquadramento Idrogeologico ed idrologico.

L'idrografia superficiale e connessa alla presenza del Torrente Sovara del quale l'opera in oggetto costituisce l'attraversamento.

I terreni presenti sono dotati di una permeabilità elevata per quanto riguarda il fondo Torrente mentre la permeabilità è bassa nell'area circostante ad eccezione del tratto con dissesti di versante diffusi nel quale risultano valori di permeabilità variabile.

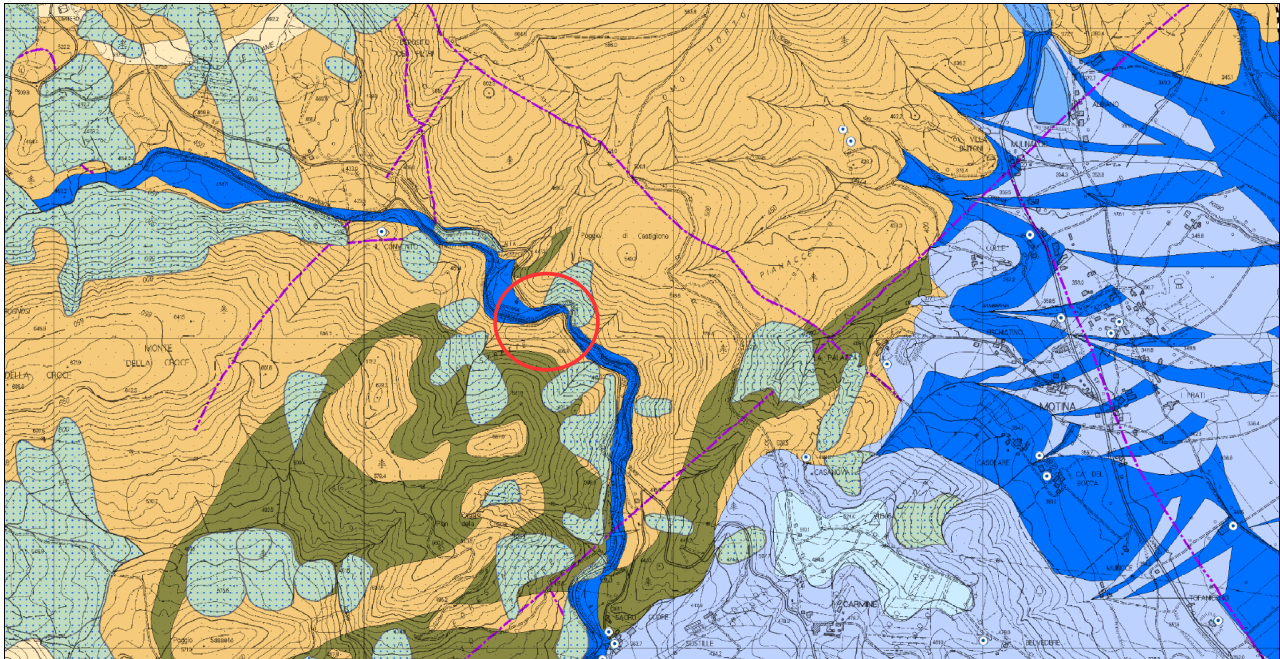
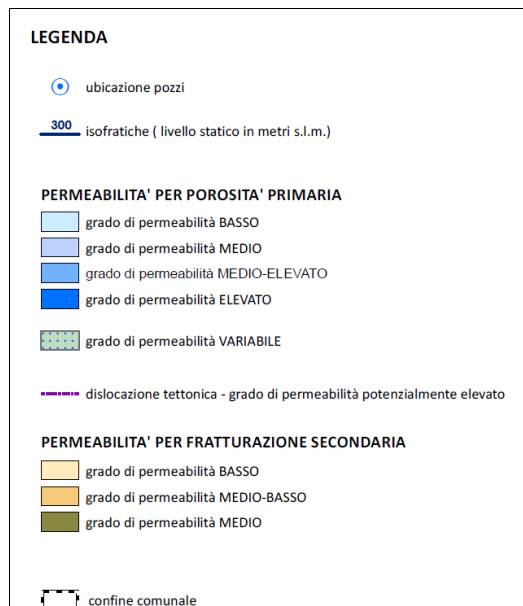


Fig. 9 – Stralcio Carta Idrogeologica PSC Comune di Anghiari



LEGENDA

AUTORITA' DI BACINO DEL FIUME TEVERE
Piano di Assetto Idrogeologico - Inventario dei Movimenti Franosì

-  elemento presunto
-  stato attivo
-  stato quiescente
-  stabilizzato

Bacino del Fiume Arno
AUTORITA' DI BACINO DISTRETTUALE DELL'APPENNINO SETTENTRIONALE
Perimetrazione delle aree con pericolosità da fenomeni geomorfologici di versante
(aggiornamento Marzo 2019)

-  delimitazione area di bacino fiume Arno
-  stato attivo - pericolosità molto elevata (P4)
-  stato quiescente - pericolosità elevata (P3)
-  stabilizzato - pericolosità media (P2)

-  confine comunale

A tal fine si raccomanda
interventi di mitigazione volti a
garantire le condizioni di sicurezza
della viabilità a valle che, comunque,
in base a dette perimetrazioni, risulta
esterna all'ambito perimetrato in frana
in stato attivo.

Sulla base di quanto riportato
nella Carta della Pericolosità geologica
redatta per il PSC del Comune di
Anghiari il succitato versante a monte

risulta a **Pericolosità geologica molto elevata (G4)** mentre l'intero ambito nel quale è
inserito il ponte è a **Pericolosità geologica elevata (G3)**.

Va precisato che in base a tale rappresentazione solo il ponte in oggetto risulterebbe
a **Pericolosità geologica media (G2)**

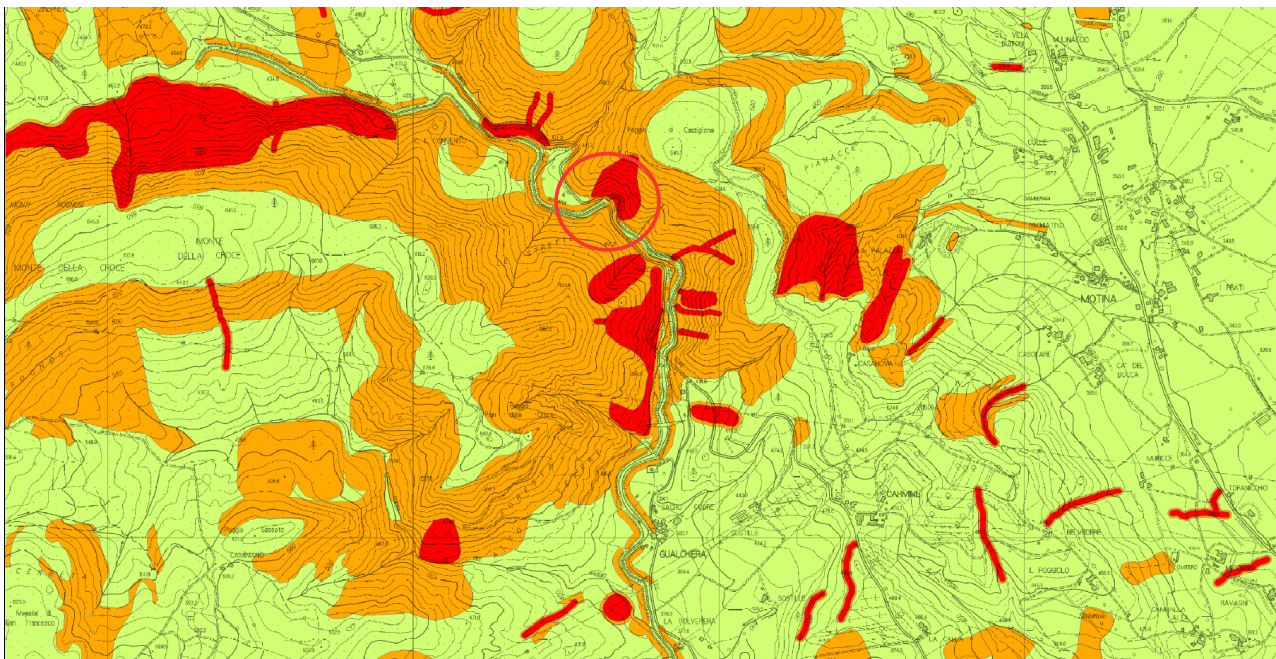


Fig. 11 – Stralcio Carta Pericolosità Geologica PSC Comune di Anghiari

LEGENDA

 confine comunale

PERICOLOSITA' GEOLOGICA

 Pericolosità geologica molto elevata (G.4)

 Pericolosità geologica elevata (G.3)

 Pericolosità geologica media (G.2)

Si rimarca che approfondimenti di dettaglio sulla tipologia di movimento di versante ed il livello di pericolosità esulano dal presente incarico.

Si ritiene infine che l'intervento a farsi non incrementi in alcun modo le condizioni di Rischio dell'area e pertanto risulti del tutto compatibile con il Piano Stralcio per L'Assetto Idrogeologico redatto dall'Autorità di Bacino del Fiume Tevere.

6. CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOLOGICA

Al fine di rappresentare un modello geologico dell'area di un volume significativo in funzione dell'opera a farsi è stato eseguita, oltre ad un rilevamento geologico dell'area, una campagna di indagini geognostiche, geotecniche e geofisiche.

6.1 Indagini eseguite

6.1.1 Sondaggi geognostici

Nel corso del presente lavoro, sul sito oggetto di indagine sono stati effettuati sotto incarico della stazione Appaltante, dalla ditta PLP s.r.l., n. 2 sondaggi geognostici verticali eseguiti a carotaggio continuo spinto alla profondità di 20 e 25 mt rispetto all'attuale piano campagna e ubicati come indicato in planimetria nell'allegato Report delle indagini eseguite e di seguito riportato.



Fig. 12 – Ubicazione sondaggi

Nel corso della perforazione sono stati prelevati n. 3 campioni indisturbati da sottoporre a prove di laboratorio per la caratterizzazione fisica e meccanica dei terreni interessati dall'opera a farsi (vd. Certificati allegati) ed eseguite n. 4 prove penetrometriche di tipo SPT.

La falda idrica non è stata rinvenuta nelle profondità investigate secondo quanto riportato dalla ditta PLP nel Report delle indagini eseguite. Tuttavia si suppone la presenza di una falda superficiale nei primi 10 mt vista la presenza del Torrente.

Per i dati inerenti le perforazioni si rimanda ai certificati di prova rappresentanti le colonne stratigrafiche allegate.

Si rimanda ai certificati di prova e relative interpretazioni per i dettagli.

6.2 Considerazioni stratigrafiche e tecniche

In base a quanto finora descritto e in riferimento al sondaggio eseguito di cui al fascicolo allegato di prova

Si possono definire i seguenti parametri meccanici per i vari livelli geotecnici:

banco "A" profondità dal piano campagna a –5.00 metro

Terreno sabbioso argilloso di colore marrone;

Spessore: 5.00 metri

Peso di Volume: $\gamma = 1900 \text{ kg/mc}$

Angolo di Attrito Interno: $\phi' = 25^\circ$

Coesione: $c_u = \text{--- kg/cmq}$

Modulo Edometrico $E_d = 50 \text{ Kg/cmq}$

banco "B" profondità da –5.00 metro a –10.00 metri dal piano campagna

Roccia peridotitica alterata (residuo della perforazione sabbioso).

Spessore: 5.00 metri

Peso di Volume: $\gamma = 1900 \text{ kg/mc}$

Angolo di Attrito Interno: $\phi' = 28^\circ$

Coesione: $c_u = \text{--- kg/cmq}$

Modulo Edometrico $E_d = 80 \text{ Kg/cmq}$

banco "C" profondità da –10.00 a -20.0 (massima profondità raggiunta nel sondaggio)

Roccia peridotitica (residuo della perforazione sabbioso con trovanti).

Spessore investigato: 10,00 metri

Peso di Volume: $\gamma = 2000 \text{ kg/mc}$

Angolo di Attrito Interno: $\phi' = 30^\circ$

Coesione: $c_u = \text{--- kg/cmq}$

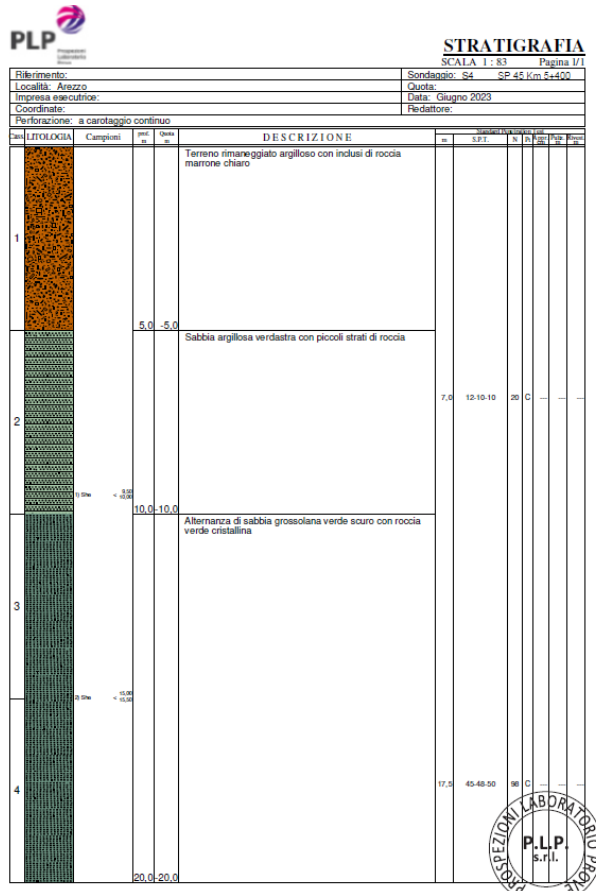
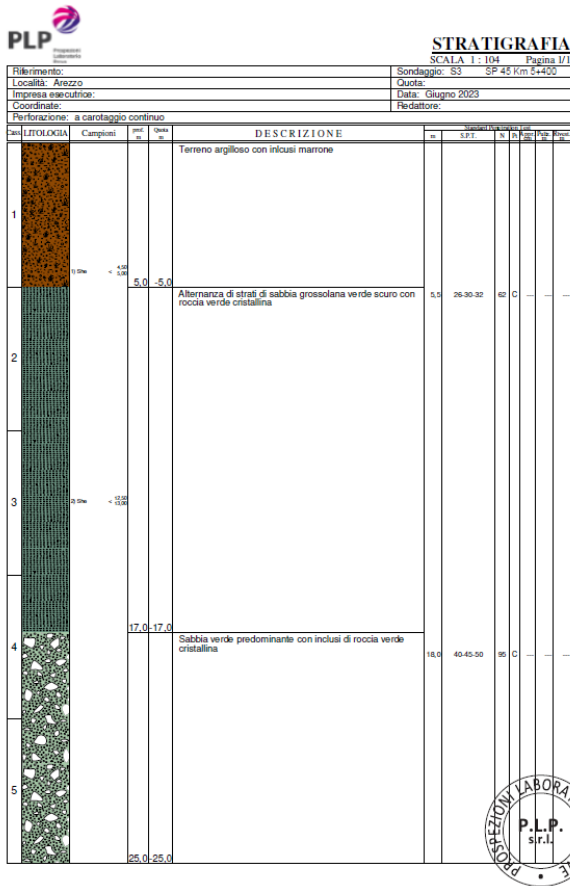
Modulo Edometrico $E_d = 150 \text{ Kg/cmq}$

La falda non è stata rinvenuta nelle profondità investigate dalla ditta esecutrice, tuttavia si suppone la presenza di una falda superficiale nei primi 10 mt.

Per maggiori dettagli in riferimento a quanto descritto si rimanda ai certificati di prova allegati.

6.3 Modello Geologico rappresentativo

Si riportano le colonne stratigrafiche allegate nel Report delle Indagini eseguite commissionate dalla Stazione Appaltante



7. INQUADRAMENTO IN PROSPETTIVA SISMICA

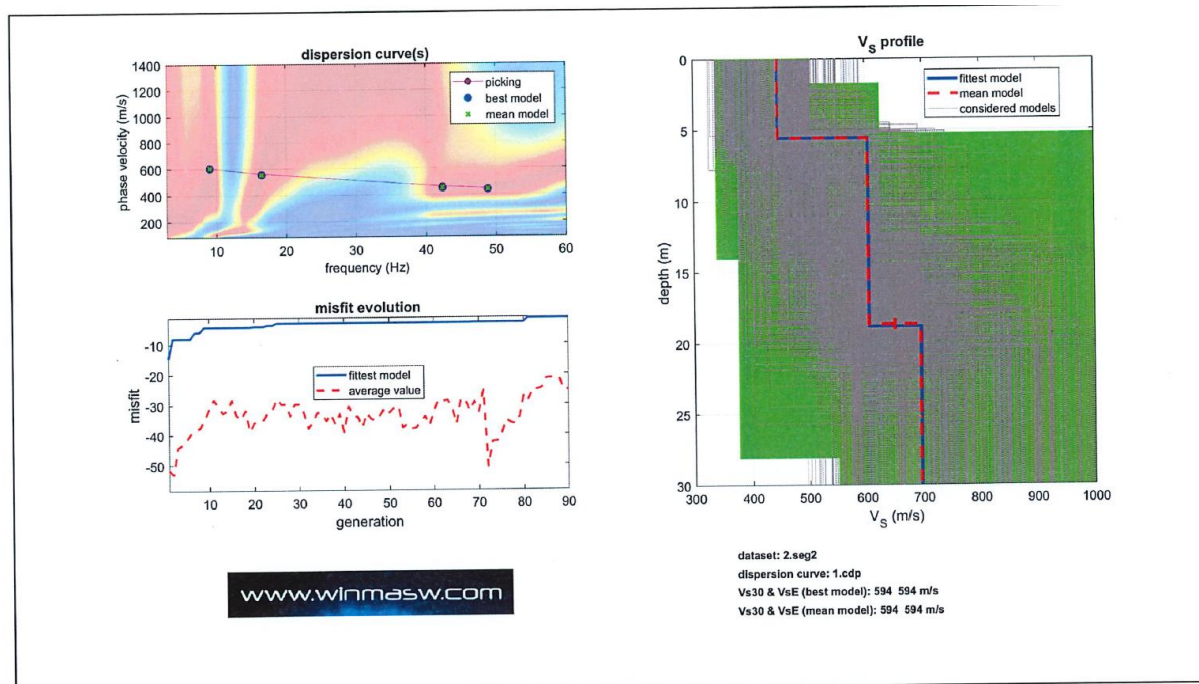
7.1 – Indagine Sismica

Nel corso del presente lavoro è stata eseguita una indagine sismica in onde di superficie di tipo MASW, ed una misura della frequenza di risonanza di sito con il metodo HVSr finalizzata alla analisi di Risposta Sismica Locale dell'area con approccio semplificato per edifici di Classe III in linea con il D.M. 17 gennaio 2018.

L'indagine è stata eseguita dalla ditta PLP s.r.l.

I risultati ed i dettagli della stessa sono riportati nell'allegato specifico.

Si riportano di seguito i profili di velocità calcolati, riportati nel Report di indagini.



Non si entra el merito dell'interpretazione del modello di velocità non essendo in possesso degli analitici delle tracce registrate.

7.2 Risposta Sismica Locale

Al fine di avere un inquadramento dell'area in prospettiva sismica si è proceduto, per la definizione dell'azione sismica, all'approccio semplificato e pertanto al calcolo del V_{seq} per l'individuazione della categoria di suolo di fondazione secondo quanto previsto dal D.M. 17 gennaio 2018, Par. 3.2.2.

Il calcolo è stato riferito, ovviamente, a partire dal piano di appoggio della fondazione, presunto a c.ca -1.0 mt rispetto al piano strada attuale.

Tale valore si è attestato intorno ai 590 ± 50 **mt/sec**. Il profilo di velocità fa rientrare il suolo in oggetto nella categoria di suolo "B", secondo il D.M. 17 gennaio 2018.

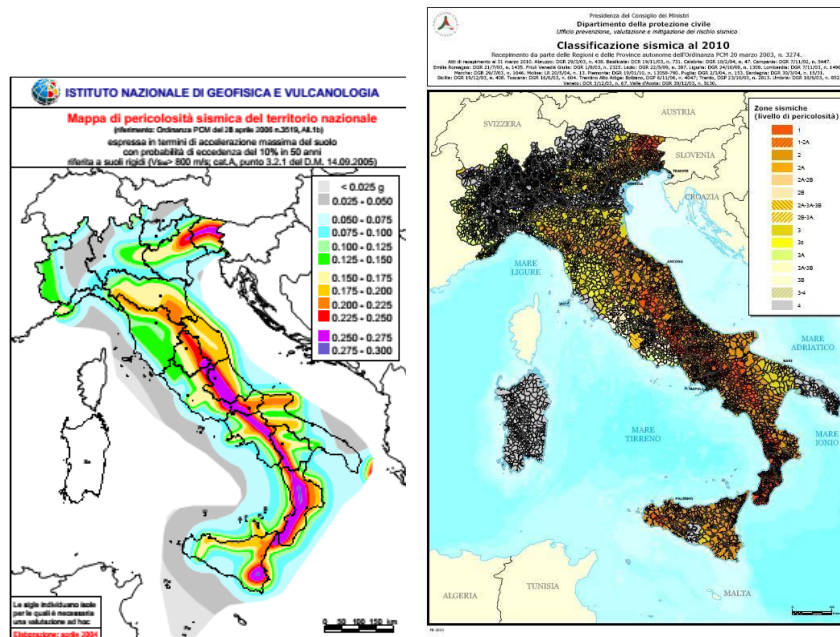


Fig. 13 – Classificazione sismica del territorio Italiano

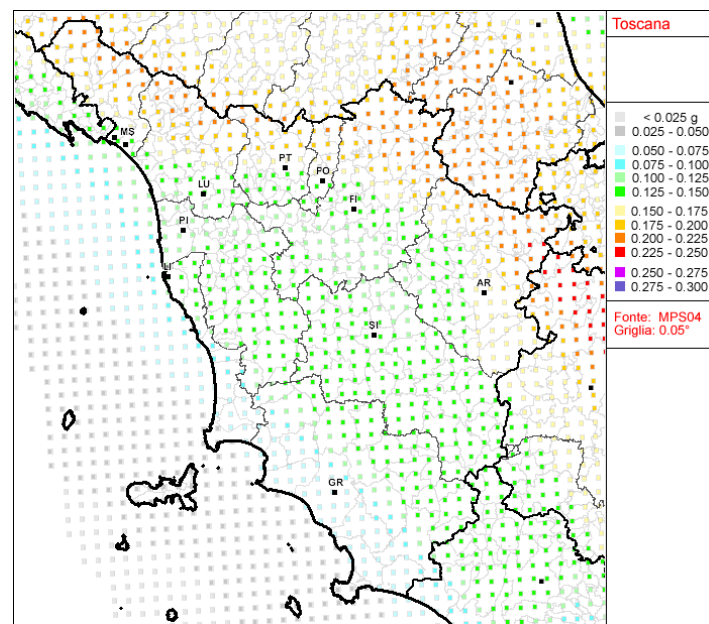


Fig. 14 – Valori di pericolosità del territorio regionale

Va ricordato che il territorio in esame è identificato dalle seguenti coordinate:

LAT.: 43,574717° – LONG.: 12,016866°

A tali coordinate, considerando che l'opera da realizzare appartiene alla *Classe di edificio*

III secondo il D.M. 17 gen. 2018, per una vita nominale della struttura di 50 anni, periodo

Relazione geologico-tecnica e sismica finalizzata alla progettazione definitiva ed esecutiva relativo all'intervento di manutenzione straordinaria del ponte sulla S.P. 45

Comune di Anghiari (AR) – COMUNE DI AREZZO

Rev. Dicembre 2023

di riferimento per l'azione sismica 75 anni con probabilità di superamento del 10%, è associato un tempo di ritorno per l'azione sismica di 712 anni riferendosi allo SLV, per un valore di a_g (accelerazione orizzontale massima su suolo di categoria A) pari a 0,234g.

Di seguito vengono schematicamente rappresentati i parametri di pericolosità sismica sopra esposti:

Classe dell'edificio: III: Costruzioni il cui uso prevede affollamenti significativi

Vita nominale: 50 anni

Vita di riferimento per l'azione sismica: 75 anni

Parametri di pericolosità sismica

Stato limite	Periodo di ritorno dell'azione sismica in anni - Tr	Probabilità di superamento - percentuale	a_g (g)	F_o	T_c (s)
SLO	45	81	0.078	2.440	0.268
SLD	75	63	0.099	2.366	0.276
SLV	712	10	0.234	2.385	0.302
SLC	1462	5	0.295	2.400	0.316

Sulla base di tale valore si è calcolato lo spettro di risposta elastico normalizzato per la componente orizzontale e verticale dell'accelerazione, per i differenti stati limite. In particolare si prenderà in considerazione quello riferito nel dettaglio allo SLV e quindi ad un periodo di ritorno dell'azione sismica di 712 anni.

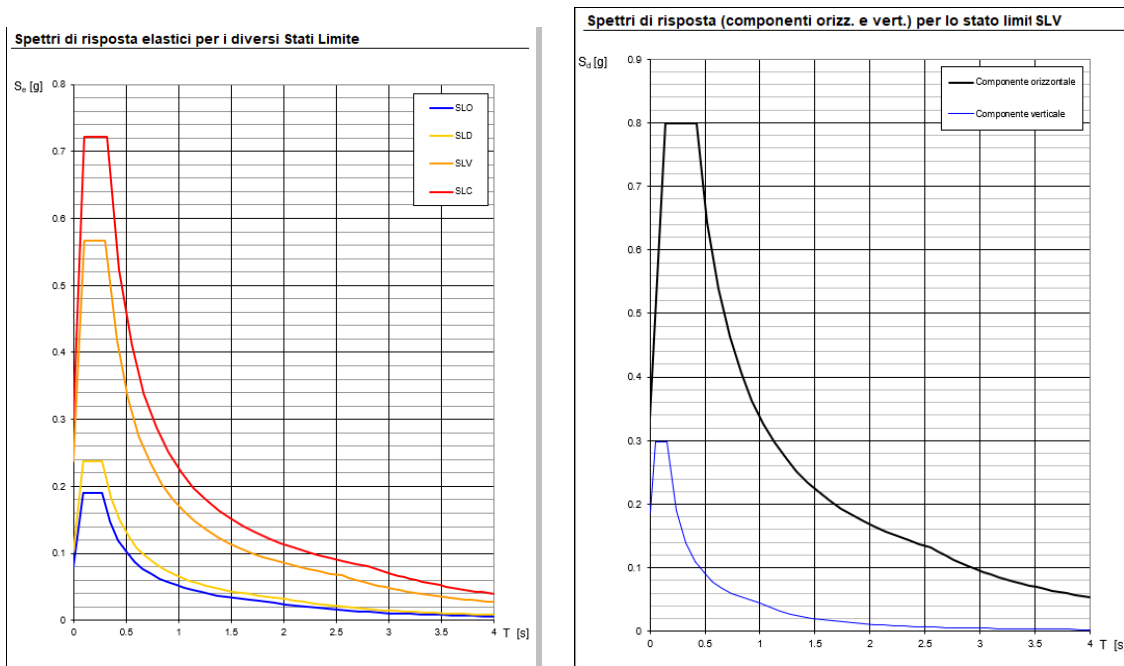


Fig. 15 - Spettro di risposta orizzontale su suolo cat. A Spettro di risposta su sito

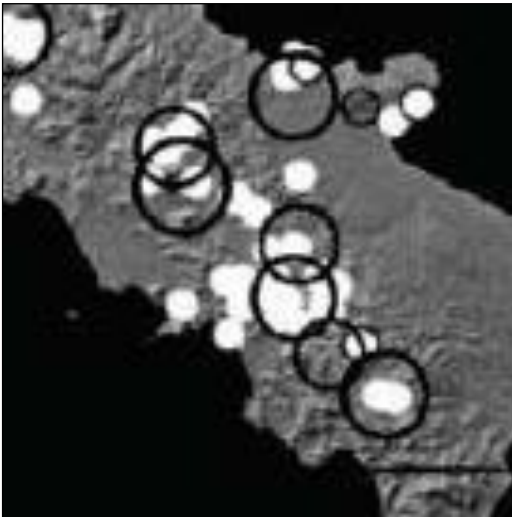
Parametri sismici secondo il D.M.17 gennaio 2018

Longitudine del sito (°):	12.016866
Latitudine del sito (°):	43.574717
Periodo di riferimento (anni):	75
Probabilità di superamento (%):	10
Accelerazione sismica orizzontale massima al sito (g):	0.334
Categoria sottosuolo:	Classe B
Fattore di amplificazione stratigrafico:	1.17
Categoria topografica:	T1
Fattore di amplificazione topografico:	1.2
Coefficiente di smorzamento (%):	5
Fattore massimo di amplificazione dello spettro di accelerazione orizzontale:	2.389
Periodo d'inizio del tratto a velocità costante dello spettro di accelerazione orizzontale(s):	0.140
Periodo di ritorno del sisma (anni):	712

E' stato riscontrato uno sbalzo di impedenza sismica, comunque moderato, ad una profondità di c.ca 15 mt. Questo porta ad una amplificazione delle frequenze di c.ca i 4-5 Hz corrispondente ad un periodo fondamentale di vibrazione pari a c.ca 0.2 sec.

Non sono stati rinvenuti nel corso dell'indagine ulteriori rifrattori più profondo che ad ogni modo genererebbero amplificazioni per frequenze fuori da quelle di interesse per la struttura i oggetto.

8. SUSCETTIBILITÀ A LIQUEFAZIONE



La liquefazione può essere una delle principali cause di danno delle opere geotecniche, e quindi anche delle opere di fondazioni di edifici ed infrastrutture. Il potenziale di liquefazione dipende da due fattori principali: caratteri del moto sismico (ampiezza, frequenza e durata) e natura dei terreni.

Attesa la scarsità di evidenze ben documentate di fenomeni di liquefazione in Italia ed, in particolare, in Campania le metodologie operative per la determinazione del potenziale di liquefazione del

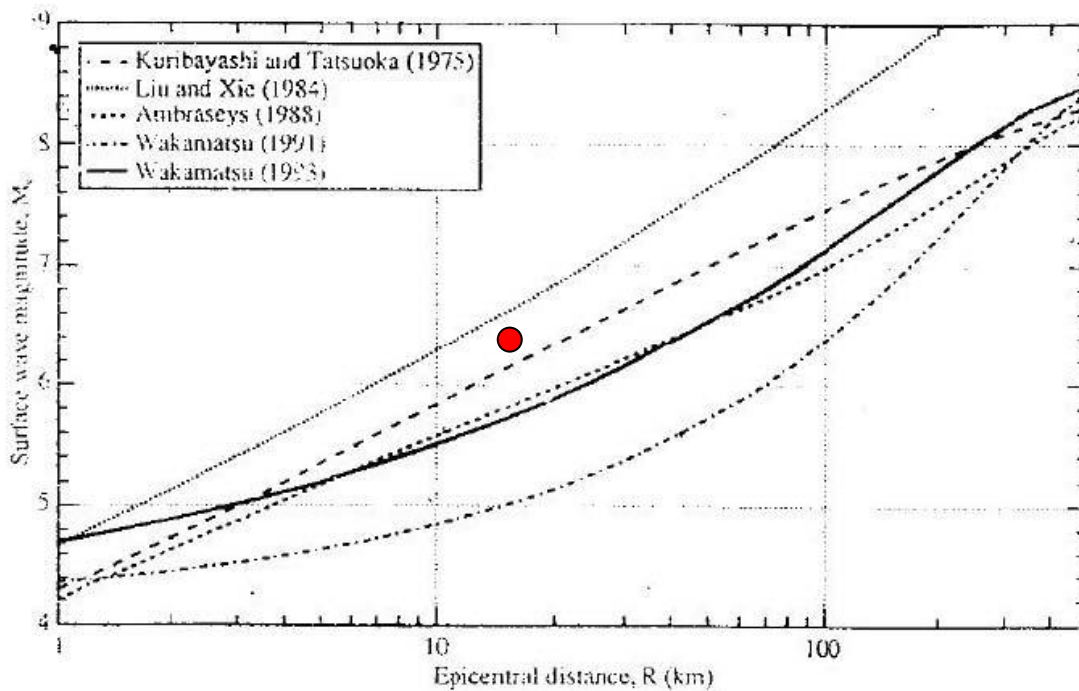
terreni, derivano da esperienze maturate in ambiti geologici diversi dal quello italiano.

A titolo informativo si riporta in figura (Galli, 2000) la localizzazione dei siti ove, secondo l'Autore risultano essersi manifestati in Italia fenomeni di liquefazione (area centro-sud).

Alcuni metodi mettono in relazione la distanza epicentrale con la magnitudo (o momento sismico dell'evento) o con metodi basati su base geomorfologica.

Nel primo caso, l'estensione massima della zona potenzialmente suscettibile di liquefazione può essere valutata impiegando relazioni empiriche tra magnitudo e distanza epicentrale (o, in alternativa, tra intensità macrosismica e distanza epicentrale) e fenomeni osservati di liquefazione.

Per i diversi studi sono state predisposte relazioni che si possono riassumere nel grafico successivo in cui è evidenziata la possibilità di occorrenza di fenomeni di liquefazione correlando tali dati (nel caso specifico Magnitudo attesa 6,5 e Distanza 15 Kilometri).



UNITÀ GEOMORFOLOGICA	SUSCETTIBILITÀ
Letto di fiume, palude, colmata	Alta
Conoide, argine naturale, duna di sabbia, spiaggia	Media
Terrazzo, collina, montagna	Bassa

Relazioni empiriche tra magnitudo e massima distanza epicentrale entro la quale si sono storicamente osservati fenomeni di liquefazione proposte da vari autori

Criteri geologici e geomorfologici per valutare il potenziale di liquefazione

Tali relazioni possono essere indicative per una prima valutazione del potenziale di liquefazione dei terreni non essendo esaustivi della problematica geologica locale.

Infatti, affinché realmente si verifichi un fenomeno di liquefazione è necessario che concorrano altre condizioni sfavorevoli quali: stato tensionale geostatico ridotto (presenza di sabbie monogranulari); profondità ridotta del pelo libero della falda, condizioni idrauliche

al contorno tali da impedire il drenaggio durante il terremoto, elevata entità e durata delle azioni sismiche.

Fattore importate per l'esclusione (potenziale assenza di probabilità di occorrenza del fenomeno di liquefazione) nel caso di studio, è la presenza di terreni argilloso/limosi e non sabbiosi che ne fanno escludere la possibilità già dal piano di campagna.

Ai sensi dell'OPCM n° 3274/2003 Allegato 4, la verifica della suscettibilità a liquefazione può essere omessa se il terreno sabbioso saturo si trova a profondità superiore a quindici metri dal piano campagna.

Si può inoltre trascurare il pericolo di liquefazione quando $Sag < 0,15g$ e, al contempo, la sabbia in esame soddisfi almeno una delle condizioni seguenti:

contenuto in argilla superiore al 20% con indice di plasticità > 10 ;

contenuto di limo superiore al 35 % e resistenza $N1 (60) > 20$;

frazione fine trascurabile e resistenza $N1 (60) > 25$, dove $N1 (60)$ è il valore della resistenza penetrometrica $NSPT$ misurato nella prova *Standard Penetration Test*, normalizzato ad uno sforzo efficace di confinamento di 100 kPa e ad un fattore di rendimento energetico 0,6 nell'esecuzione della prova.

Quando nessuna delle precedenti condizioni è soddisfatta, la suscettibilità a liquefazione deve essere verificata come minimo mediante i metodi generalmente accettati dell'ingegneria geotecnica, basati su correlazioni di campagna tra misure in sito e valori critici dello sforzo ciclico di taglio che hanno causato liquefazione durante terremoti passati.

Ai sensi del Decreto Ministero infrastrutture 17 Gennaio 2018, capitolo 7.11.3.4 (Stabilità nei confronti della liquefazione), il sito presso il quale è ubicato il manufatto deve essere stabile nei confronti della liquefazione; mentre al successivo (7.11.3.4.2 Esclusione della verifica a liquefazione), la verifica a liquefazione può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti circostanze:

eventi sismici attesi di magnitudo M inferiore a 5;

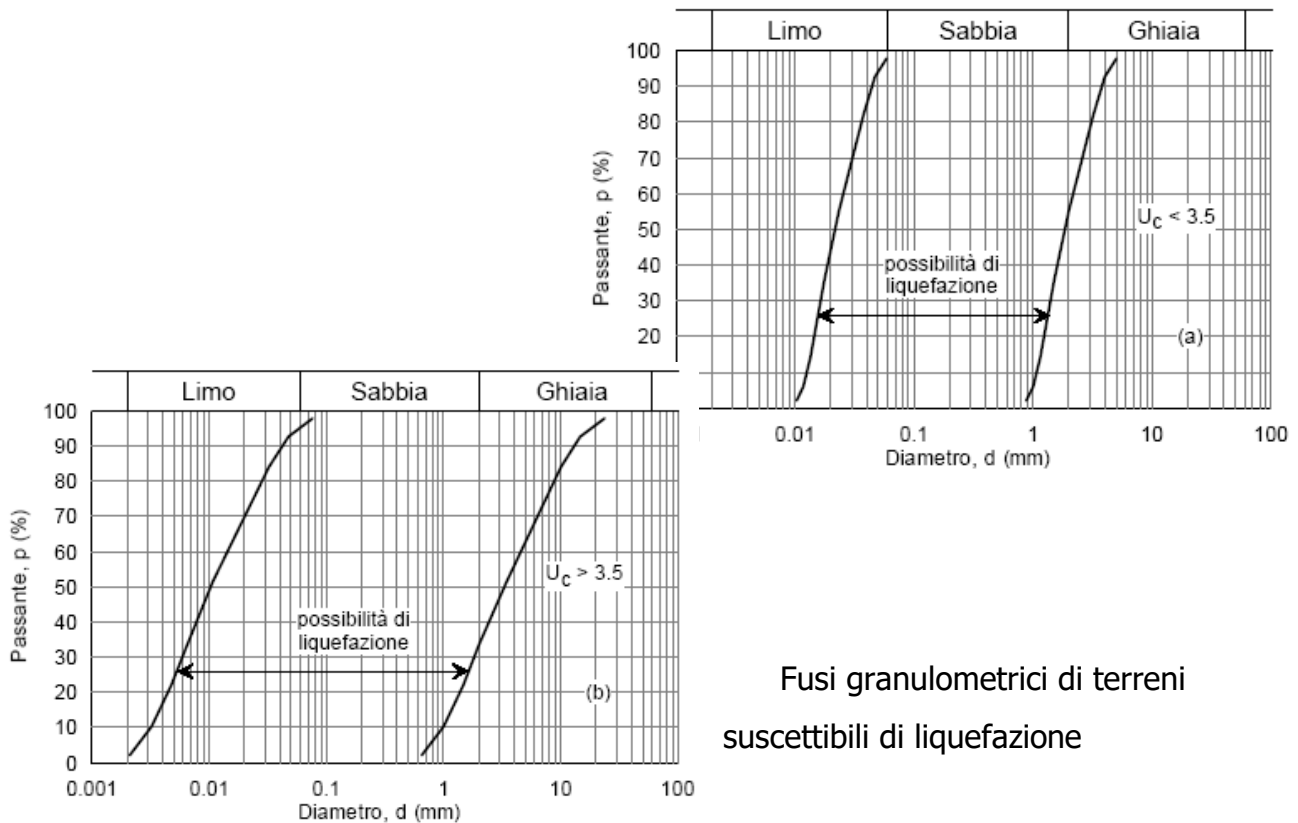
accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di $0,1g$;

profondità media stagionale della falda superiore a quindici metri dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;

depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N1)60 > 30$ oppure $qc1N > 180$ dove $(N1)60$ è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e $qc1N$ 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 alle zone indicate nella Figura

7.11.1(a) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c < 3,5$ ed in Figura 7.11.1(b) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c > 3,5$.



Fusi granulometrici di terreni
suscettibili di liquefazione

Per il caso di studio ci troviamo nelle condizioni di esclusione della specifica verifica di liquefazione essendo in presenza di area con soggiacenza della falda superiore a quindici metri,; pertanto, non si propone la verifica alla liquefazione in quanto implicitamente verificata.

Tanto vale anche per la possibilità di innesco di fenomeni di addensamento in quanto i terreni in affioramento si presentano con un grado di addensamento da medio ad elevato e da poco cementati a cementati e mai si presentano sciolti.

Non sono segnalate in nessuna delle zone di studio, né in quelle vicine e geologicamente simili, presenza di cavità nel sottosuolo, né durante la esecuzione delle indagini dirette ed indirette si è individuata tale presenza, vista anche la composizione geologico-stratigrafica dei terreni in affioramento e nel sottosuolo.

Il sito oggetto del presente studio rientra nei casi di esclusione per la valutazione suscettibilità a liquefazione previsto al comma 3 Par. 7.11.3.4.2 del D.M. 17 gennaio 2018 in quanto i terreni in falda sono di natura litoide con un N_{spt} sempre superiore a 30.

9 – CONSIDERAZIONI E INDICAZIONI CONCLUSIVE

• Pericolosità idrogeologica

L'area sulla quale è ubicato l'intervento a farsi risulta a valle di un versante caratterizzato movimenti diffuso e perimetrato nel PAI a Pericolosità molto elevata e stato attivo. Secondo le perimetrazioni di cui sopra come anche dalla cartografia redatta per il PSC il ponte oggetto dell'intervento risulterebbe invece caratterizzato da pericolosità moderata. Approfondimenti sullo stato del versante esulano dall'incarico oggetto della progettazione.

• Geotecnica

I terreni interessati dall'opera a farsi sono dotati di buone caratteristiche di resistenza a compressione verticale compatibile con il tipo di prestazione richiesta dall'opera.

La falda idrica, secondo quanto riportato nel Report delle indagini commissionate dalla Stazione Appaltante è stata rinvenuta alla profondità superiore a quelle investigate e pertanto di scarso interesse in relazione al

volume significativo. Si suppone tuttavia, vista la presenza del torrente, una falda superficiali a profondità inferiori che comunque non interferisce con l'opera in progetto.

Non si intravedono pertanto particolari controindicazioni e/o situazioni problematiche in relazione all'opera in progetto fermo restando gli opportuni calcoli oggetto dell'elaborato specifico Relazione Geotecnica.

• Pericolosità sismica

L'area oggetto dell'intervento è individuata dalle seguenti coordinate WGS84: LAT: N. coordinate decimali 43.574717° - LONG: E coordinate decimali 12.016866°. A tali coordinate è associato un valore di a_g (accelerazione massima orizzontale al bedrock di riferimento) stimato per un tempo di ritorno dell'azione sismica pari 712 anni (Classe edificio III) pari a 0.234g.

Dall'analisi si Risposta Sismica Locale è risultato uno spettro di risposta elastico orizzontale normalizzato con una accelerazione massima pari a c.ca 0.8g per periodi di oscillazioni compresi fra 0.2s e 0.6s ed un fattore massimo d'amplificazione dello spettro di accelerazione orizzontale pari a 2.5.
Dall'osservazione dello spettro di risposta elastico dell'accelerazione (componente orizzontale) si evince una sostanziale riduzione di accelerazione, rispetto alla accelerazione al bedrock, per strutture aventi periodo fondamentale di oscillazione superiore a 2.0 s.

È stato individuato un rifrattore alla profondità di 15 mt c.ca, responsabile di amplificazioni per frequenze intorno a 4-5 Hz, pari ad un periodo di vibrazione di c.ca 0.2-0.3 sec.

Non sono stati rilevati altri rifrattori a profondità maggiori negli spessori investigati. Profondità superiori a quelle investigate genererebbero comunque amplificazioni a frequenze di scarso interesse in relazione all'opera.

• Liquefazione

Dott. Geol. Umberto Borgia

Cell: 3395492553
E-mail: umbertoborgia@tiscali.it
P.I. 04914760659

Il sito oggetto del presente studio rientra nei casi di esclusione per la valutazione suscettibilità a liquefazione previsto al comma 3 Par. 7.11.3.4.2 del D.M. 17 gennaio 2018 in quanto i terreni sono di natura litoide con un N_{spt} superiore a 30.

Si conclude asserendo che in base a quanto finora esposto, l'intervento da porre in essere non comporta particolari controindicazioni nell'ambito del rispetto delle vigenti Norme e non incrementa in alcun modo gli ambiti di pericolosità geologica presenti nell'area.

Firma

A blue circular professional stamp of the Ordine dei Geologi di Salerno. The text inside the stamp includes "ORDINE DEI GEOL. DI SALERNO", "U. BORGIA", and "Abc. n. 1878". Overlaid on the stamp is a handwritten signature in black ink that appears to read "U. Borgia".

Salerno, 20 dic. 23