

ASS. COMUNITA' PAPA GIOVANNI XXIII

Comune di Rimini

Valorizzazione dell'ambito della Comunità Giovanni XXIII quale ricordo del luogo di preghiera e raccoglimento del fondatore



Oggetto:
RELAZIONE GEOLOGICA-GEOTECNICA

Progettisti:
Dott. Geol. M. Gurnari

REPERTORIO : 18-022
REV./AGG. : -
DATA : novembre 2018
SCALA : -

Tavola:

-

Allegato:

-



Via Flaminia, 171 – 47923 Rimini - tel. 0541 774446 - e.mail: tecnico@waterness.it

Indice

1. PREMESSA	3
2. INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO, GEOLOGICO, IDROGEOLOGICO, STRATIGRAFICO	7
2.1 Geomorfologia.....	8
2.2 Geologia.....	12
2.3 Idrogeologia.....	15
2.4 Stratigrafia	16
3. CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEI TERRENI	17
4. OGGETTO DELL'INTERVENTO DI VALORIZZAZIONE	18
5. SISMICITA' DELL'AREA	20
6. STABILITA' DELL'AREA.....	24
7. EVENTUALI INDICAZIONI GEOTECNICHE.....	26
7.1 Capacità portante critica del terreno	28
8. CONCLUSIONI	29
9. ALLEGATI	31
9.1 Prove penetrometriche statiche (CPT).....	33
9.2 Pericolosità sismica del sito.....	38

ASS. COMUNITA' PAPA GIOVANNI XXIII

Comune di Rimini

Valorizzazione dell'ambito della Comunità Giovanni XXIII quale ricordo del luogo di preghiera e raccoglimento del fondatore

RELAZIONE GEOLOGICA-GEOTECNICA

1. PREMESSA

Su incarico dell'Associazione Comunità Papa Giovanni XXIII si è eseguito il presente studio geologico-geotecnico mirante all'inquadramento ed alla definizione delle caratteristiche dei terreni costituenti l'area oggetto di un intervento di valorizzazione e sistemazione dell'area verde naturale in località Sant'Aquilina e definirne le condizioni geologiche generali e di eventuale successiva progettazione.

Per le finalità di cui sopra è stata condotta un'indagine mediante sopralluogo dell'area interessata, controllo diretto dello stato di fatto per la verifica delle condizioni esistenti con rilievo delle caratteristiche dei terreni affioranti ed individuazione di eventuali potenziali fenomeni di dissesto in atto.

E' stata ricostruita, nei limiti, la successione stratigrafica locale per la determinazione delle caratteristiche geomeccaniche dei terreni incontrati e la loro parametrizzazione geotecnica all'aumentare della profondità.

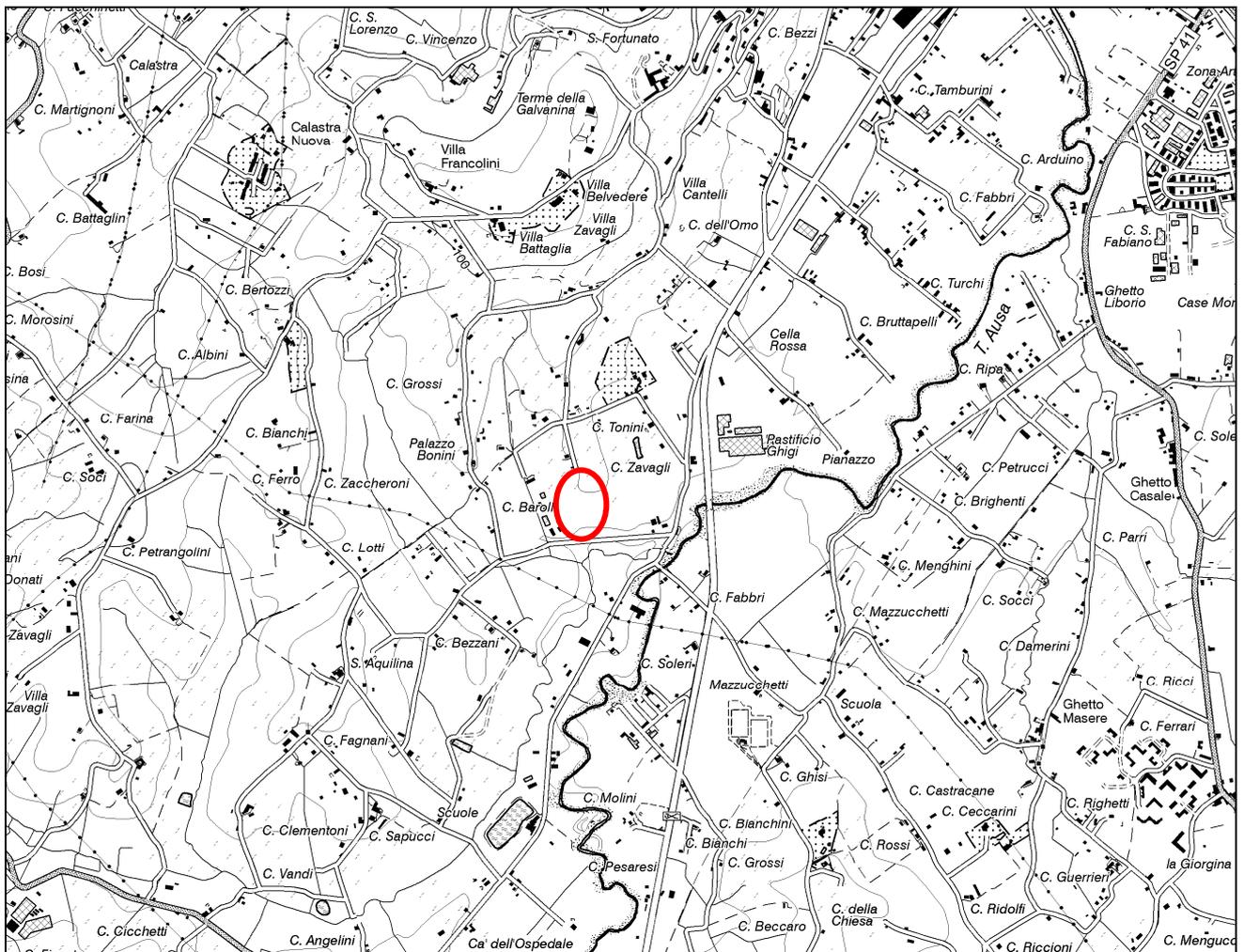
Si è provveduto, pertanto, alla verifica dell'area di versante, di morbida collina e del sovrastante pianoro sommitale su cui è attualmente ubicato un uliveto e la verifica nelle

diverse situazioni a regime in relazione alla condizione di equilibrio esistente e quella post-opera.

E' stata considerata la compatibilità dell'intervento con l'attuale situazione geologica ed idrogeologica locale e con gli strumenti urbanistici in vigore.

E' stata verificata la situazione stratigrafica locale al fine di determinare i parametri geotecnici delle formazioni presenti ed interessate dall'intervento con la consultazione dei dati bibliografici pubblicati ed inediti e precedenti lavori già eseguiti nella zona prossima a quella indagata.

A seguire si riportano stralci della cartografia tecnica pubblicata.

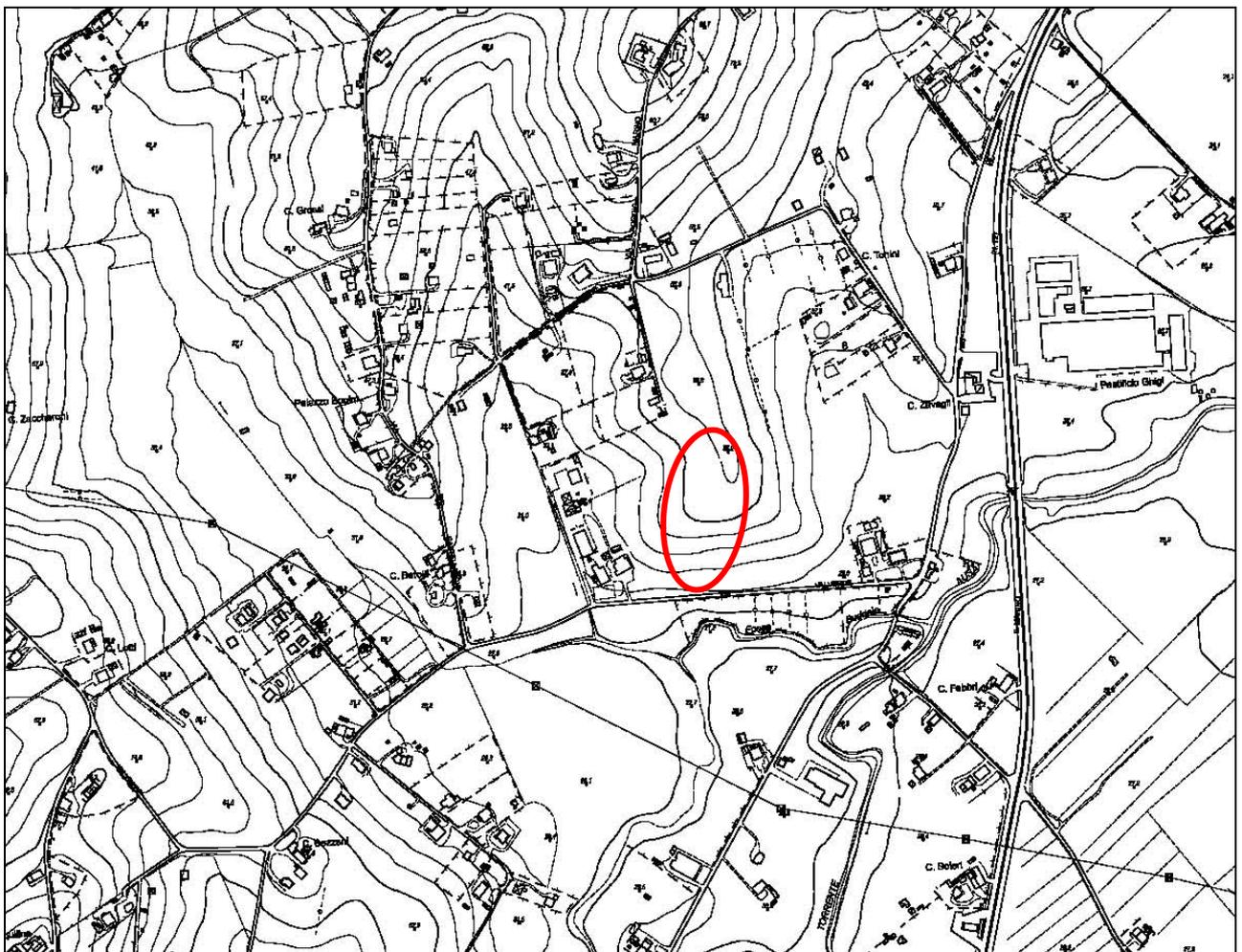


Stralcio cartografico Tavoleta 256-SE con indicata l'area oggetto dell'edificazione prevista

Per gli scopi previsti e per le profondità di intervento si sono eseguite prove geognostiche e prova sismica in punti considerati significativi e rappresentativi della situazione geomorfologica e stratigrafica locale.

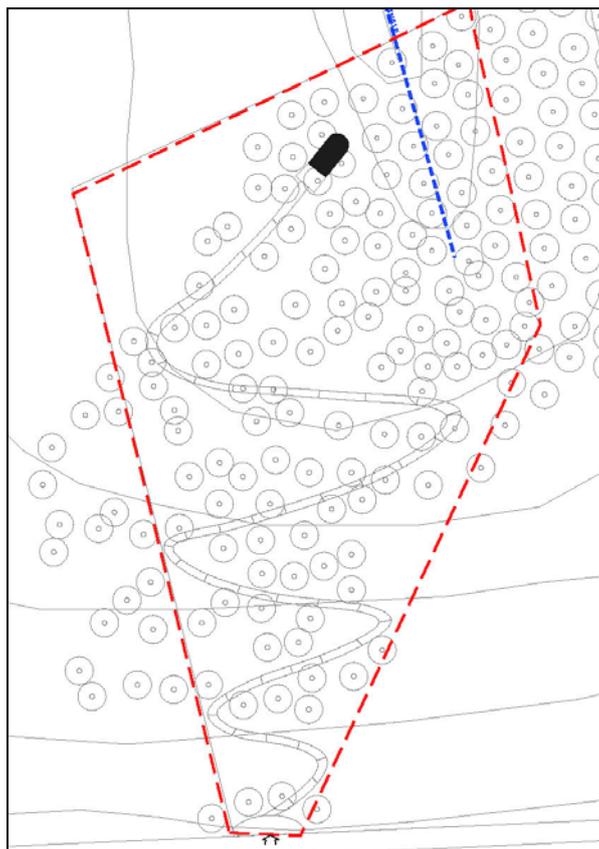
L'area indagata ricade in Comune di Rimini Località Sant'Aquilina, a poca distanza dalla statale Rimini - San Marino, adiacente alla sede storica della Comunità Papa Giovanni XXIII fondata nel 1958 e proprietaria dei luoghi.

A livello cartografico l'area d'interesse si trova ricompresa nella Tavolettina 256-SE alla scala 1:25.000 ed al limite fra le Sezioni n° 256152 e 256153 della Carta Tecnica Regionale alla scala 1:5.000.



Stralcio CTR n. 256152 e 256153 con indicata l'area d'interesse

Il territorio in parola rientra in zona sismica di II categoria; pertanto il presente studio è stato redatto in conformità alla normativa sismica vigente ed in relazione alla NTC 2018.



Stralcio planimetria di progetto

Lo studio, come anticipato, è stato supportato attraverso:

- la ricerca bibliografica di tutti i dati idrologici, geologici e stratigrafici della fascia in interesse e suo sviluppo ai fini del progetto;
- l'esecuzione di indagini geognostiche in sito condotte a mezzo di n°3 sondaggi penetrometrici statici (CPT);
- l'esecuzione di n°1 "Indagine sismica passiva a stazione singola HVSR";
- la successiva interpretazione delle prove penetrometriche confrontate con ulteriori dati ricavati da precedenti campagne geognostiche eseguite in passato in siti limitrofi;

tutto ciò allo scopo di ricostruire:

- la situazione geologica geomorfologica e litostratigrafica locale;
- la parametrizzazione geotecnica e geomeccanica dei terreni interessati dall'intervento;
- l'eventuale presenza di falda mediante misura del livello statico nei fori delle prove penetrometriche;
- le condizioni di stabilità dei terreni di fondazione;

- il profilo della velocità delle onde di taglio (V_s) per fornire la categoria di suolo di fondazione;
- gli eventuali criteri costruttivi idonei per il dimensionamento delle opere di fondazione e delle infrastrutture di servizio;
- eventuali prescrizioni per l'esecuzione delle opere.

2. INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO, GEOLOGICO, IDROGEOLOGICO, STRATIGRAFICO

La zona di interesse ricade all'interno dell'ambito collinare di Covignano, in particolare in località Sant'Aquilina. L'areale in studio insiste su una porzione di terreno caratterizzato da un versante ad acclività ridotta che culmina su di un pianoro sommitale posto a circa 50 mt s.l.m. Tale pianoro sommitale, su cui si ipotizza di posizionare una struttura adibita a luogo di culto – come da Accordo di Programma in essere – presenta una piantumazione ad ulivi tipica del paesaggio rurale della zona.

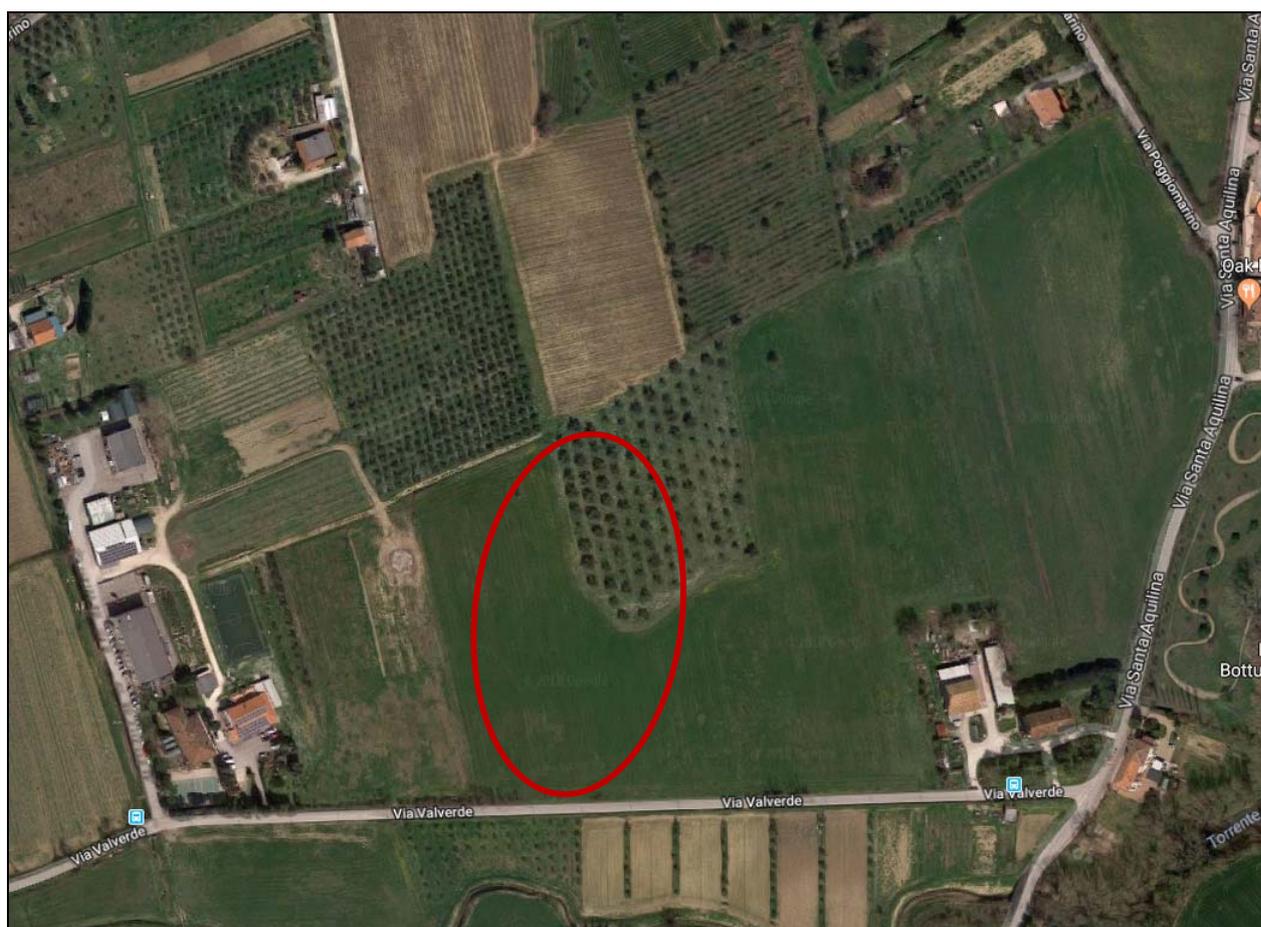


Immagine satellitare della zona oggetto di studio

2.1 Geomorfologia

Sul piano geomorfologico, a scala generale, la zona oggetto di studio si colloca nel primo entroterra romagnolo in area limitrofa al crinale sovrastante a Via Valverde (vedere immagine precedente e successiva) all'apice di un versante posto in sinistra idrografica al Torrente Ausa ed al suo affluente sinistro il Fosso Budriale.

Il versante menzionato immerge a est-sudest con pendenze massime di 10° raccordandosi gradatamente al fondovalle sul quale sono presenti la Via Valverde, il Torrente Ausa ed il Fosso Budriale, e le strutture della Ass. Papa Giovanni XXIII.

L'aspetto morfologico generale dell'area strettamente d'interesse e delle zone limitrofe è tipicamente collinare con versanti caratterizzati da acclività variabile in funzione della natura litologica dei terreni che li costituiscono.



Immagine prospettica della zona oggetto di studio

Tale area si colloca in fascia morfologica di bassa collina plio-pleistocenica al limite del raccordo con le alluvioni di pianura, e nei suoi lineamenti di massima è caratterizzata da rilievi generalmente ribassati con versanti moderatamente acclivi, come quello oggetto di studio.

Questi presentano una maggiore acclività dove è rinvenibile una situazione stratigrafica tendenzialmente a reggipoggio ed una condizione di stabilità generalmente discreta. Mentre una minore acclività è evidente dove la giacitura degli strati è a franappoggio e la stabilità d'insieme è minore o sono presenti depositi di versante.



Ripresa fotografica dello stato dei luoghi

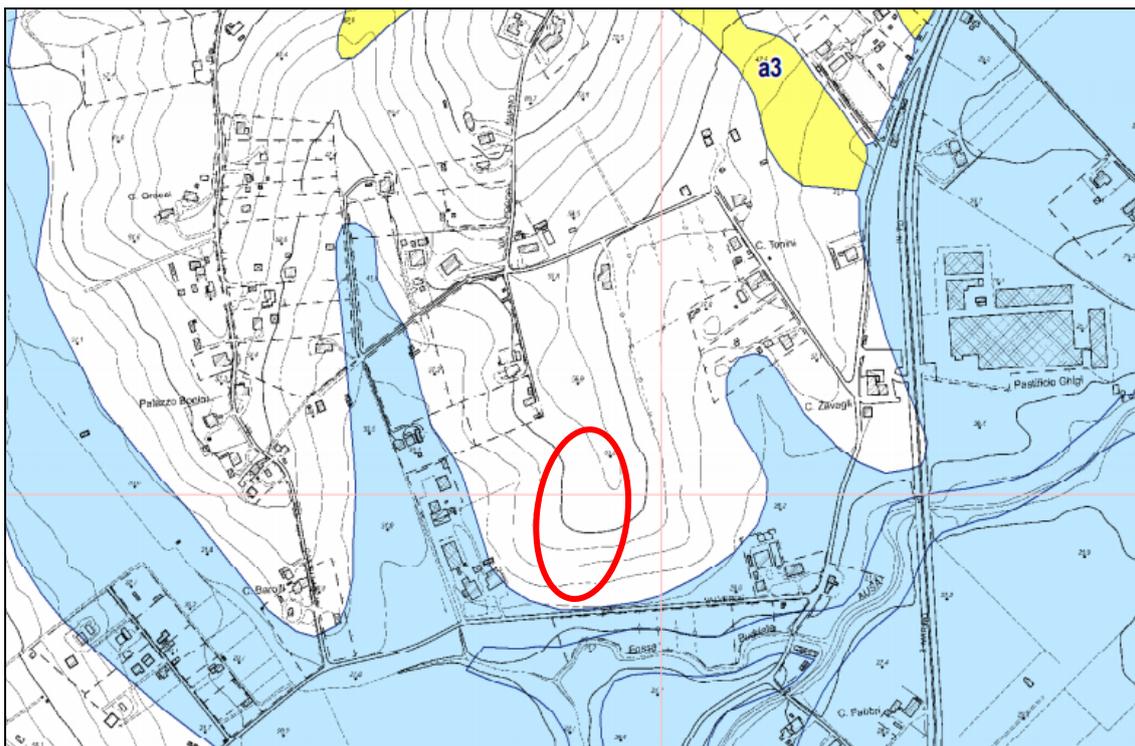
L'acclività poco pronunciata dei versanti collinari è, pertanto, legata alla litologia dei terreni presenti ed alla loro giacitura.

La natura argillosa di questi terreni (rif. successivo Paragrafo 2.2) presenta infatti un elevato grado di alterabilità e di erodibilità da parte degli agenti atmosferici, quest'ultimi responsabili dell'attuale conformazione dei luoghi creatasi attraverso una serie di processi morfogenetici.

La modificazione dei versanti ha originato l'attivazione di movimenti di massa nei terreni a forte componente argillosa o caratterizzati da particolari disturbi di origine tettonica e sui depositi eluvio-colluviali più spessi.

In particolare in questa tipologia di litologie sono assai diffusi fenomeni di dissesto piuttosto lenti e poco profondi fra cui frane di tipo colamento e deformazioni plastiche come *creeping*. Mentre scivolamenti per scorrimento tendono a svilupparsi maggiormente su versanti con stratificazione a franapoggio meno inclinata del pendio.

Inerente a ciò, si riporta a seguire stralcio cartografico della Carta del Dissesto edita dal Servizio Geologico Sismico e dei Suoli della Regione Emilia-Romagna. Grazie a tale cartografia si evidenzia che l'area d'interesse non viene ricompresa all'interno di nessuna perimetrazione relativa a fenomenologie di dissesti in atto o quiescenti.



LEGENDA:

- a3 - Deposito di versante s.l.; a5 - Antico deposito di versante
- a4 - Deposito eluvio-colluviale; e1 - Deposito di salsa; d1 - Deposito eolico; f1
- Depositi alluvionali**
- bn - Depositi alluvionali attualmente non in evoluzione

**Stralcio Carta del Dissesto della Regione Emilia-Romagna con indicata l'area oggetto di studio
(da: Servizio Geologico Sismico e dei Suoli)**

Relativamente a quanto indicato anche nella cartografia ufficiale si constata che nell'area interessata dal progetto in esame, allo stato attuale non sono evidenti particolari situazioni geomorfologiche o morfometriche significative ai fini della stabilità.

Non sono evidenti particolari segni di erosione superficiale tranne che nelle modeste zone di impluvio e nei solchi di origine artificiale (fossi di scolo, scarpate da lavorazioni agricole) dove si rinvencono zone di deposito di materiale di naturale eluviale e punti di erosione idrica attivati durante gli eventi meteorici principali che generano tratti con *creep* superficiale e piccole nicchie ed avvallamenti con ristagno idrico, seppur temporaneo.



Ripresa fotografica dello stato dei luoghi

Per cui l'area indagata e le zone oggetto dell'Accordo di Programma sopra menzionato non presentano attualmente segni premonitori di instabilità di tipo profondo e/o superficiale.

L'eventuale realizzazione della struttura da adibire a luogo di culto sarà preferibilmente ubicata all'apice del modesto versante sopra descritto, in una zona che si presenta sub-pianeggiante, come mostrato nelle immagini fotografiche precedenti.

2.2 Geologia

Il territorio in oggetto occupa, dal punto di vista geologico generale, il margine padano appenninico della catena appenninica ed è caratterizzato da depositi sedimentari di origine continentale.

Infatti, il bordo appenninico esterno e la attuale fascia costiera adriatica sono il prodotto del sistema ad embrici e accavallamenti che regola il sollevamento e lo sviluppo della catena appenninica. L'intrecciarsi di complessi meccanismi sedimentari e tettonici hanno dato luogo alla formazione di bacini alla fronte e sulla parte retrostante degli accavallamenti traslando con essi all'interno dell'Avanfossa.

Il risultato finale è quello di un consistente impilamento di sedimenti caratteristici della successione sedimentaria plio-pleistocenica, fra cui quelli della zona di studio.

Il bordo appenninico esterno e l'avanfossa appenninico-adriatica propriamente detta, iniziano a delinearsi durante il Messiniano migrando nella fascia esterna e trovano il loro massimo sviluppo nel pliocene inferiore quando la tettonogenesi appenninica raggiunge il suo apice (Cremonini e Ricci Lucchi, 1982; Note illustrative della Carta Geologica d'Italia scala 1:50.000 Foglio 256-Rimini con bibliografia, 2005).

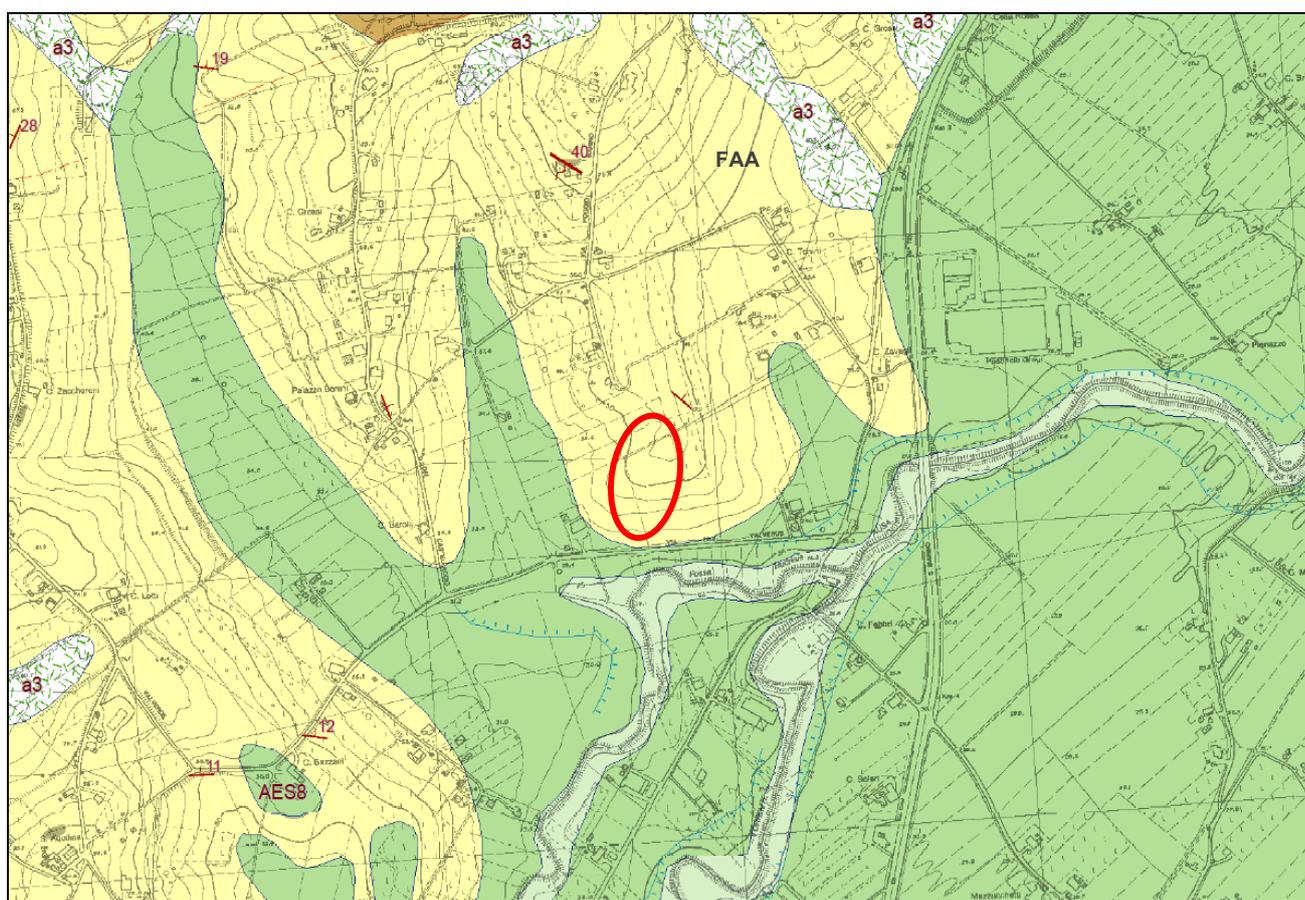
Durante il pliocene medio-superiore la distensione comincia ad interessare la parte più interna della catena mentre i principali fronti compressivi sono ubicati nella fascia romagnolo - marchigiana esterna determinandone il sollevamento e la parziale emersione.

Nel pleistocene inferiore-medio i fronti compressivi migrano in Adriatico. Si hanno movimenti differenziali verticali delle aree che continuano anche nel "Pleistocene glaciale" influenzando lo sviluppo e la tipologia della sedimentazione.

Durante tutto il Quaternario l'area marchigiano-romagnola subisce notevoli e ripetuti cambiamenti climatici (glaciazioni); queste variazioni e il progressivo sollevamento originano più generazioni di depositi alluvionali terrazzati visibili nelle vallate dei torrenti locali.

L'incisione dei depositi suddetti si realizza progressivamente nel corso dell'Olocene quando il ringiovanimento dei versanti determina il modellamento dei caratteri morfologici attuali (Cremonini e Ricci Lucchi, 1982; Note illustrative della Carta Geologica d'Italia scala 1:50.000 Foglio 256-Rimini con bibliografia, 2005).

Nell'immagine seguente è riportato stralcio della carta Geologica dell'areale d'interesse, tratta dalla cartografia edita dalla Regione Emilia Romagna, Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli.



LEGENDA:

AES8: Subsistema di Ravenna – Depositi alluvionali eterometrici dati da ciottoli, sabbie e limi (Pleistocene sup. - Olocene); AES8a: Unità di Modena – Depositi alluvionali eterometrici dati da ciottoli, sabbie e limi. Limite superiore sempre affiorante e coincidente con il piano topografico dato da un suolo calcareo di colore bruno olivastro e bruno grigiastro al tetto (Olocene); **FAA**: Formazione delle Argille Azzurre - Argille di colore grigio-azzurro con rare intercalazioni di arenarie giallastre in letti da sottili a spessi, e argille marnose e siltose grigie in letti sottili e molto sottili (Pliocene sup. - Pleistocene inf.).

Stralcio Carta Geologica (da: Carta Geologica dell'appennino emiliano-romagnolo a scala 1:10.000 Sezione 256150 S. Fortunato - edizione aggiornata al 2011, a cura del Servizio Geologico Sismico e dei Suoli) con indicata l'area d'interesse

Osservando la cartografia geologica edita riportata sopra, per l'area in oggetto e nella zona strettamente d'interesse, è possibile individuare la seguente Formazione caratteristica:

- **FAA – Formazione Argille Azzurre**

Argille di colore grigio-azzurro con rare intercalazioni di arenarie giallastre in letti da sottili a spessi, e argille marnose e siltose grigie in letti sottili e molto sottili. Sono fossilifere ricche in foraminiferi e macrofossili, spesso bioturbate, a stratificazione poco marcata. Sono talora diffusi slumps con olistoliti di gesso derivati da unità evaporitiche. Limite inferiore netto, probabilmente discontinuo, su FAA2; paraconcordante su FCO. Limite superiore graduale, per aumento della frazione sabbiosa, con SVG. Depositi di scarpata e base scarpata. Potenza complessiva affiorante di circa 700 m. (Piacenziano – Gelasiano).

In generale, i terreni che affiorano nella zona oggetto di intervento e nel suo intorno, presentano una successione suddivisibile in tre litotipi differenziati in base alle caratteristiche di alterazione e di quelle geotecniche (grado di compattezza e composizione mineralogica) dall'alto verso il basso:

- “coltre eluvio-colluviale” di modesto e regolare spessore, mediamente consistente e caratterizzata da un elevato grado di fratturazione a causa di fenomeni di essiccamento legati ai fattori meteorologici e di alterazione chimico/fisica;
- “substrato formazionale decompresso” che rappresenta il passaggio a terreni propri della formazione in posto, fortemente sovraconsolidati ed a minor grado di alterazione/fratturazione.
- “substrato formazionale” in senso stretto, che per definizione geotecnica risulta duro - molto duro (nel grado di compattezza) ed a bassissimo grado di alterazione/ossidazione.

A livello tettonico, limitatamente alle previsioni progettuali, la situazione geostrutturale non presenta controindicazioni o particolarità che possano far presupporre rischi particolari rispetto al contesto su cui si inserisce.

Non sono presenti dislocazioni, né si individuano lineamenti o fratture di superficie che lascino presupporre considerazioni tettoniche particolari.

2.3 Idrogeologia

L'idrografia superficiale è caratterizzata da fossi e fossetti che raccolgono le acque di precipitazione meteorica dalle strade e dai crinali e le convogliano verso il fondovalle nel Fosso consortile Budriale – posizionato a sud dell'area agricola in studio e da qui dopo un sottopasso della Via Sant'Aquilina al Torrente Ausa, corso d'acqua principale della zona.

Alcuni fossi di importanza minore di origine da lavorazione agricola solcano il versante collocandosi in assi vallivi secondari. Il regime idrologico di tali corsi d'acqua, come anche quello del Fosso Budriale e del Torrente Ausa è intermittente: portata assente nella stagione secca, abbondante successivamente a precipitazioni intense e prolungate.

Il principale fattore di modellamento dei versanti è rappresentato dall'azione dilavante delle acque meteoriche che si manifesta con fenomeni di erosione per ruscellamento superficiale sia diffuso che canalizzato.

I terreni superficiali presenti nell'area di indagine, a prevalenza argillosa, possiedono generalmente un discreto potere di ritenzione e limitate qualità drenanti ovvero modesta permeabilità e porosità efficace.

La circolazione idrica del primo sottosuolo è caratterizzata generalmente da lenti d'acqua che si formano successivamente a periodi di prolungate precipitazioni; esse scorrono solitamente confinate al contatto tra la coltre superficiale alterata (spesso di natura sia gravitativa che eluvio-colluviale) ed il substrato più compatto ed inalterato.

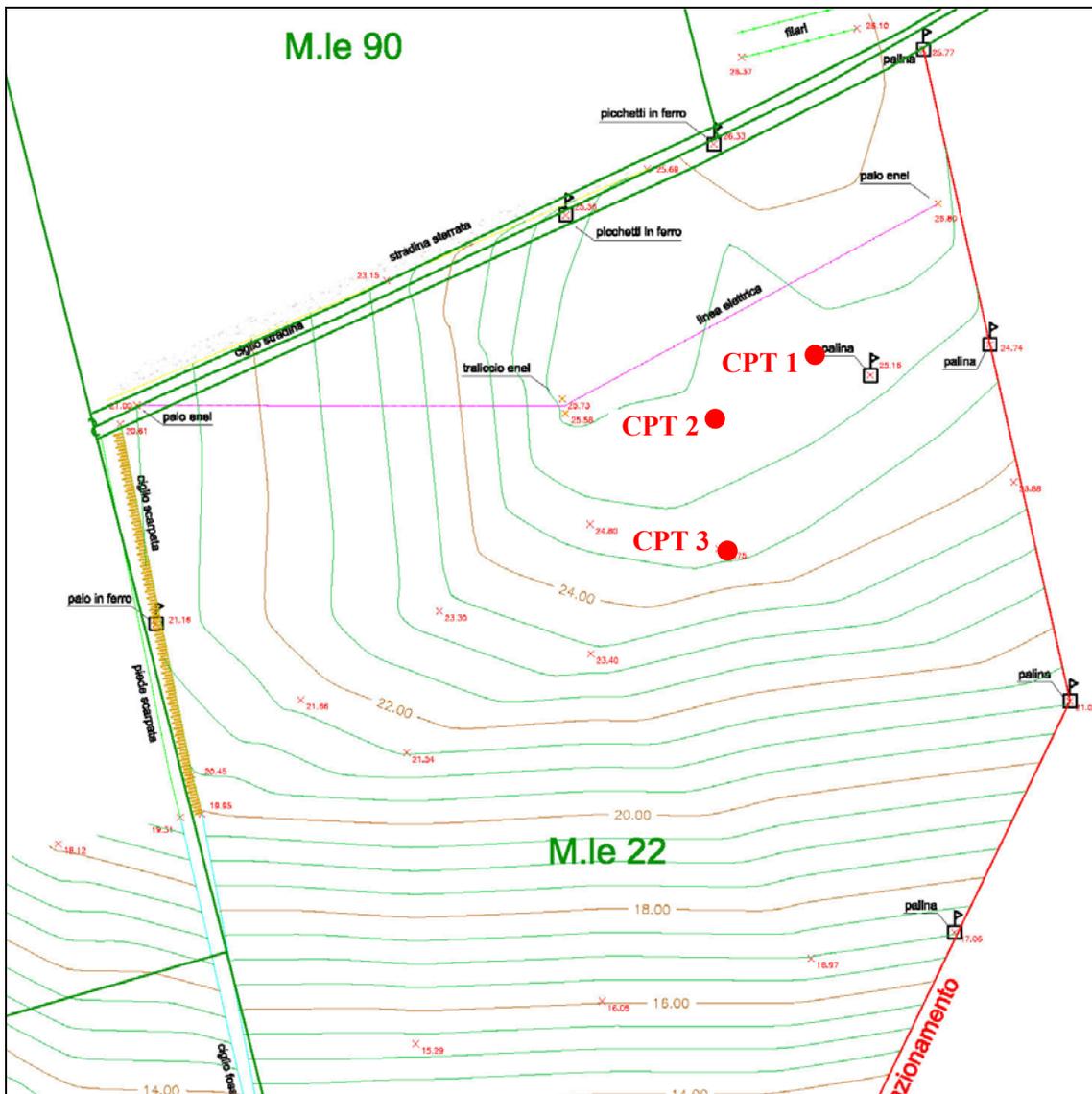
Tali circolazioni evidenziano un andamento piezometrico estremamente variabile che oscilla in diretta relazione con le precipitazioni e un regime intermittente a seconda dell'andamento dei periodi siccitosi e piovosi. Solitamente le lenti idriche scorrono nella coltre superficiale, distinta da una apprezzabile permeabilità secondaria dovuta all'alterazione ed alla fessurazione delle argille, al di sopra del substrato compatto.

A scala prettamente locale, invece, durante l'esecuzione dei sondaggi geognostici ai fini del presente studio – effettuati dopo alcune giornate piovose – non è stata rinvenuta

presenza di falda, almeno fino alla profondità massima raggiunta (11,4 mt da p.c. in corrispondenza della CPT2 – vedere Allegato 9.1).

2.4 Stratigrafia

Per quanto riguarda la **stratigrafia**, è stata condotta una campagna di indagini geognostiche al fine di determinare la successione stratigrafica dei terreni d'interesse. I sondaggi geognostici sono stati eseguiti dalla ditta incaricata “Intergeo” Srl di San Marino e sono stati realizzati il giorno 30 ottobre 2018 (3 prove penetrometriche statiche - CPT). Di seguito si riporta la distribuzione planimetrica delle prove geognostiche menzionate, su rilievo di dettaglio.



Ubicazione prove penetrometriche statiche (CPT)

Sulla base di quanto acquisito per mezzo delle prove eseguite sui terreni in oggetto, si è potuta ricostruire la seguente successione litostratigrafica locale.

da p.c. a -0,8/1,0 mt: *Orizzonte stratigrafico superiore (copertura detritica argillosa)* – Terreno di riporto e da lavorazione agricola costituito da materiali argillosi con presenza di materiale argillo-limoso di tipo plastico con scarse caratteristiche geomeccaniche.

da -0,8/1,0 a -6,6/11,4 mt: *Orizzonte stratigrafico intermedio (substrato formazionale decompresso e/o alterato)* – Terreni costituiti da argille e argille sabbiose limose, ascrivibili al periodo pliocenico, con buone caratteristiche di resistenza geotecnica.

da -6,6/11,4 mt in poi: *Orizzonte stratigrafico inferiore (substrato formazionale compatto)* – Terreni di substrato costituiti dalla F.ne delle argille azzurre, con ottime caratteristiche di resistenza geotecnica.

Inerente alle condizioni idrogeologiche, come già anticipato nell'opportuno paragrafo, nell'esecuzione dei sondaggi geognostici non è stata rinvenuta presenza di acqua (vedere Allegato 9.1).

L'assenza idrica sotterranea è giustificata dal fatto che le prove sono state condotte in prossimità dell'apice del versante, su di un rialzo morfologico rispetto alla topografia circostante. I modesti canali e corsi d'acqua presenti alla base della piccola collina fungono da impluvio a drenaggio delle aree topograficamente sovrastanti.

3. CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEI TERRENI

Le prove penetrometriche eseguite in sito, unitamente a dati verificati in precedenti campagne geognostiche realizzate in zona e su terreni similari, hanno fornito risultati d'indagine e diagrammi ben sfruttabili dal punto di vista interpretativo; sono sempre utilizzabili comunque per confronto diretto tra loro e per le verifiche tecniche.

Un'analisi interpretativa dei sondaggi è stata effettuata con l'uso di elaboratore e fornisce direttamente le caratteristiche litologiche ed i parametri geotecnici per ogni strato attraversato.

In base alla resistenza di punta ed alla resistenza laterale registrate dal penetrometro meccanico tipo Begemann, nonché da analisi di laboratorio su terreni simili, si possono attribuire ai terreni indagati i seguenti valori geotecnici:

$$C_u = \frac{R_p}{15-20} \quad E_{ed} = \alpha R_p$$

Con:

15-20 = coefficiente χ dipendente dalla litologia e dalle caratteristiche del terreno.
 α = 1.5-2.0 - per terreni sabbioso-limosi granulari;
 3.0-4.0 - per terreni argillosi parzialmente sovraconsolidati.

In base alle prove penetrometriche statiche, significative per tali tipi di terreni, si sono ottenuti i valori di Resistenza alla Punta (R_p) e resistenza laterale (R_l) alle differenti quote, da cui è stato possibile attribuire ai terreni indagati i seguenti parametri geotecnici nominali e parametri geotecnici caratteristici:

LITOLOGIA	γ	φ'	φ'_k	c'	c_k	c_u	c_{uk}
Orizzonte stratigrafico superiore	1.8-1.9	18°-20°	18°	0	0	0.1-0.2	0.1
Orizzonte stratigrafico intermedio	1.9-2.0	22°-24°	22°	0.1-0.15	0.1	2.7-4	2.7*
Orizzonte stratigrafico inferiore	2.0-2.1	24°-26°	24°	0.2-0.3	0.2	>5	>5

γ = Peso di volume naturale (t/mc); φ' = Angolo di attrito medio (gradi); φ'_k = Angolo di attrito caratteristico (gradi); c' = Coesione efficace media (kg/cmq); c_k = Coesione efficace caratteristica (kg/cmq); c_u = Coesione non drenata media (kg/cmq); c_{uk} = Coesione non drenata caratteristica (kg/cmq)
 *valore minimo registrato

4. OGGETTO DELL'INTERVENTO DI VALORIZZAZIONE

Le opere oggetto dell'intervento di valorizzazione dell'areale individuato consisteranno nella realizzazione di un luogo di preghiera comprendente un percorso pedonale di 500 ml che parte da via Valverde e sale fino alla sommità di una morbida collina piantumata ad ulivi che affaccia verso San Marino, dove si prevede di erigere un manufatto edilizio di modeste dimensioni adibito al raccoglimento e alla preghiera in memoria del Fondatore della Comunità.

L'accesso al luogo di culto (chiesetta) sarà effettuato a mezzo di un percorso pedonale ecosostenibile che con una pendenza del 5% risalirà i 20 metri di dislivello dalla strada Valverde fino a raggiungere il manufatto edilizio posto in posizione panoramica.

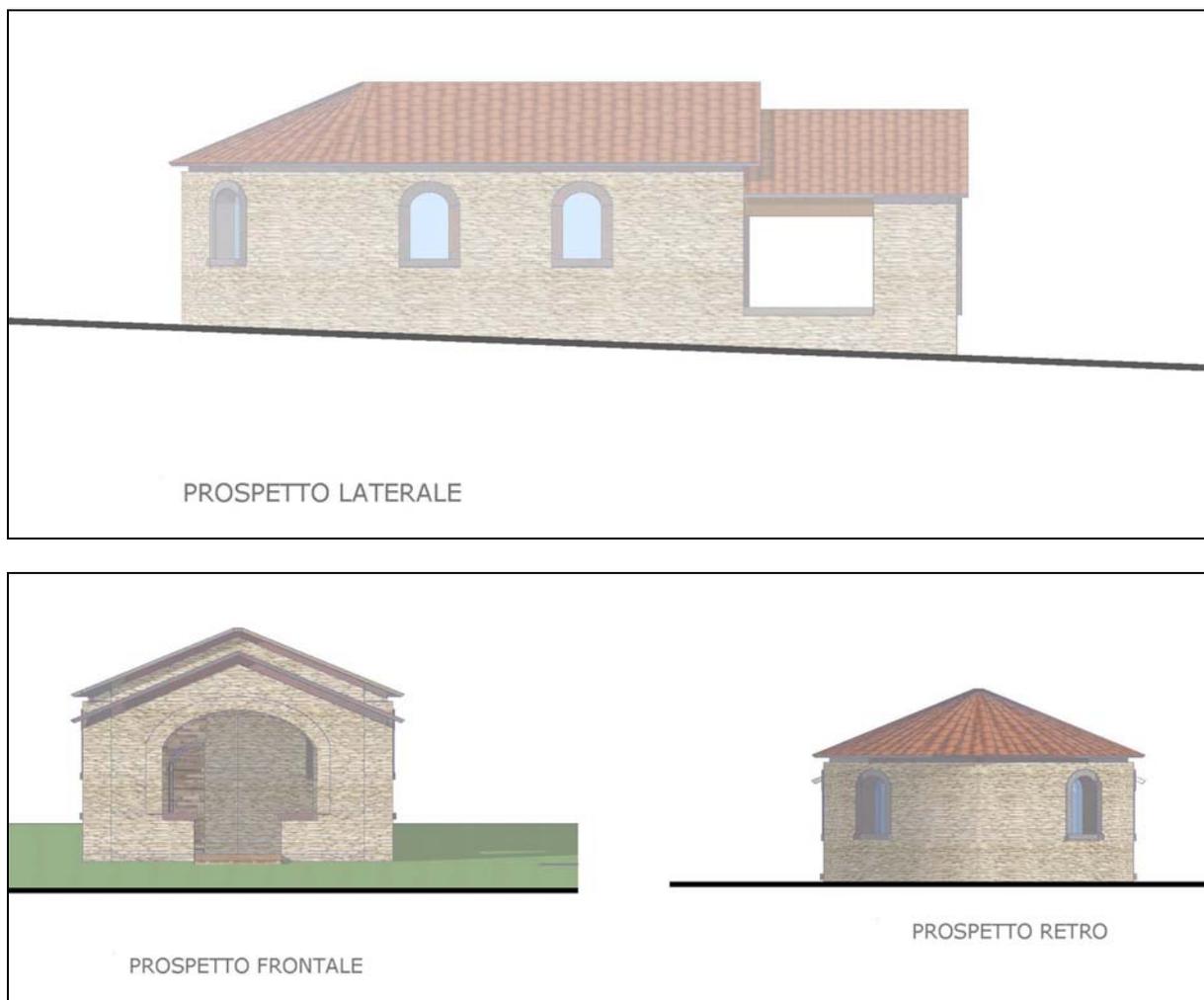
Il percorso sarà largo 2,5 mt e si svilupperà con 6 tornanti assecondando la collina per un lunghezza complessiva di 400 ml.

Il modesto manufatto (chiesetta) posto in posizione panoramica consisterà in un ambiente unico di 7,40 m per 4,40 m di larghezza con davanti un piccolo portico di larghezza sempre 4,40 m per una profondità di 2,60 m circa. L'altezza è al colmo sarà di 3,70 m e alla gronda di 2,40 m .



Stralcio progetto di Valorizzazione dell'ambito della Comunità Papa Giovanni XXIII

Esternamente il luogo di culto si presenterà come un manufatto in pietra posta a secco, costituita da Pietra di San Marino tagliata in blocchi irregolari accostati senza utilizzo di malta, come rappresentato nelle seguenti immagini prospettiche.



Stralcio prospetti di progetto

5. SISMICITA' DELL'AREA

L'area d'interesse ricade nel territorio del Comune di Rimini (RN), area classificata in **zona sismica 2**.

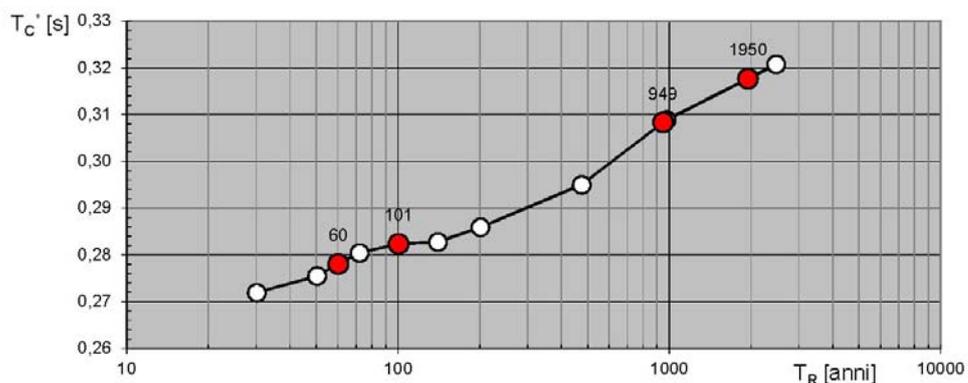
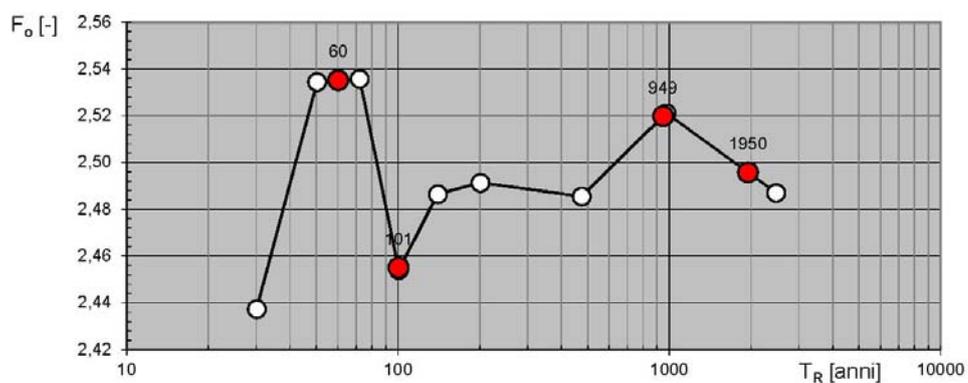
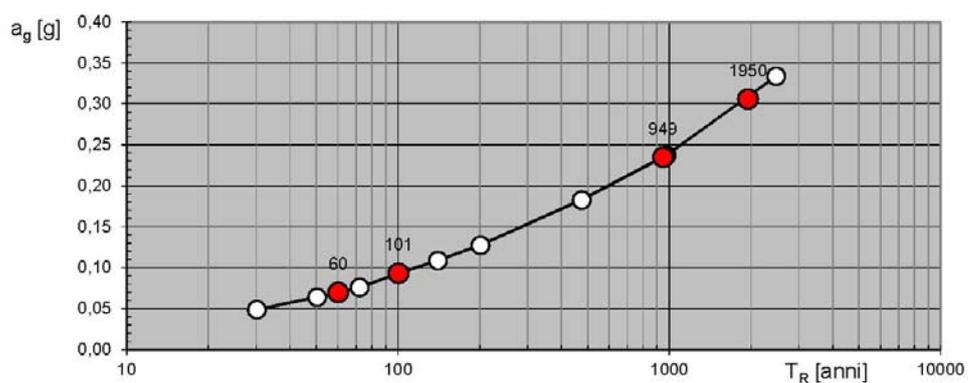
Di seguito si riporta la tabella dove, in base ad un approccio *Sito Dipendente*, sono contenuti i valori attribuiti alla zona di studio ed i relativi grafici corrispondenti.

I valori a cui si fa riferimento sono: l'accelerazione di picco orizzontale del suolo **ag**, il valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale **F₀**, ed il periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale **T*_C**, tutti definiti secondo il periodo di ritorno in anni (**T_R**).

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

T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_C^* [s]
30	0,049	2,437	0,272
50	0,064	2,534	0,275
72	0,076	2,536	0,280
101	0,093	2,454	0,282
140	0,109	2,486	0,283
201	0,128	2,491	0,286
475	0,183	2,485	0,295
975	0,237	2,521	0,309
2475	0,334	2,487	0,321

Valori di progetto dei parametri a_g , F_o , T_C^* in funzione del periodo di ritorno T_R



Come anticipato, infatti, la stima della pericolosità sismica viene definita mediante un approccio "sito dipendente" e non più tramite un criterio "zona dipendente".

L'azione sismica di progetto, in base alla quale valutare il rispetto dei diversi stati limite presi in considerazione, viene definita partendo dalla "pericolosità di base" del sito di costruzione, che è l'elemento essenziale di conoscenza per la determinazione dell'azione sismica.

Premesso ciò, nel sito d'interesse è stata eseguita una *Indagine sismica passiva a stazione singola HVSR* (acquisizione dei microtremiti ambientali) della durata di 20 minuti primi. La registrazione, in tal senso, è avvenuta senza una energizzazione del terreno.

Lo strumento di registrazione è stato posizionato, tramite bolla di collocamento, in posizione orizzontale, in un luogo ritenuto idoneo e previa pulizia del terreno da ostacoli, erba, detrito, etc...

Dalla registrazione del rumore sismico ambientale in campo libero, è stata ricavata la curva H/V. La curva H/V è stata invertita creando un modello sintetico più vicino alla curva sperimentale.

La velocità media delle onde di taglio nei primi 30 mt di terreno viene calcolata ai sensi di legge (Norme Tecniche per le Costruzioni 2018) con la seguente formula:

$$V_{s,30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_{s,i}}} \text{ [m/s]}.$$

dove h_i e $V_{s,i}$ indicano lo spessore (in m) e la velocità delle onde di taglio (m/s) dello strato i -esimo, per un totale di N strati presenti nei 30 m superiori. Attraverso la determinazione delle onde di taglio V_s i terreni indagati vengono inseriti in una delle seguenti categorie:

Categoria	Descrizione
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i> con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{SPT,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</i> con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{SPT,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti</i> , con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 180 m/s (ovvero $N_{SPT,30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).
E	<i>Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m</i> , posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ m/s).

Dall'analisi dell'indagine sismica effettuata si può affermare che il sito è caratterizzato da una **velocità delle onde di taglio ($V_{s,30}$) compresa fra 443 e 491 m/sec**, corrispondente ad un terreno di **tipo B**.

Inerente all'area di eventuale realizzazione del manufatto da adibire a luogo di culto, per quanto concerne le condizioni topografiche (NTC 2018) poiché la superficie si presenta sub-pianeggiante, rientra nel caso della **classe T1**.

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

Per la determinazione dei parametri sismici sono state, inoltre, introdotte le coordinate geografiche del sito d'interesse, la classe d'uso, la vita nominale, la categoria di sottosuolo e la categoria topografica (NTC 2018); con apposito foglio di calcolo si sono ottenuti i seguenti valori relativi ai differenti stati limite.

Valori dei parametri a_g , F_o , T_C^* per i periodi di ritorno T_R associati a ciascuno SL

SLATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_C^* [s]
SLO	60	0,070	2,535	0,278
SLD	101	0,093	2,455	0,282
SLV	949	0,235	2,520	0,308
SLC	1950	0,306	2,496	0,318

Gli ulteriori valori ricavati per i parametri degli spettri di risposta (orizzontale e verticale) e i relativi grafici, nonché l'elaborato riguardante l'indagine sismica passiva effettuata, sono riportati allegati in calce alla presente relazione (Allegato 9.2 – Pericolosità sismica del sito).

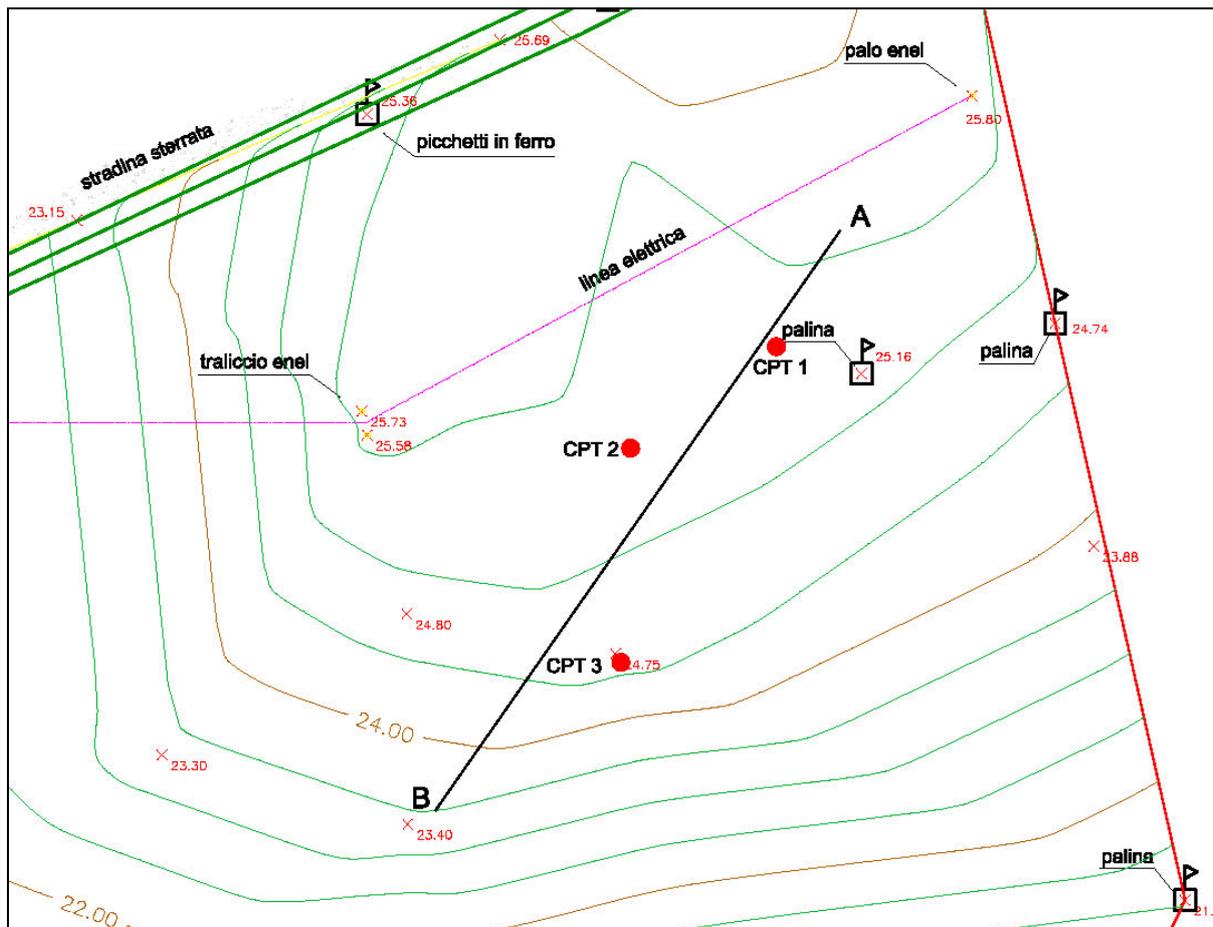
6. STABILITA' DELL'AREA

L'area strettamente d'interesse ai fini della messa in opera della nuova struttura adibita a luogo di culto (chiesetta) si presenta sub-orizzontale, ad oggi non soggetta a fenomeni gravitativi, stati tensionali e situazioni di instabilità latente.

I sondaggi geognostici hanno permesso di individuare, nella zona indagata (rif. Allegato 9.1 - Prove penetrometriche statiche), un primo strato caratterizzato da terreno superficiale di copertura e soggetto a lavorazione agricola per uno spessore di circa 0,8-1,0 mt, come indicato nel Paragrafo 2.4.

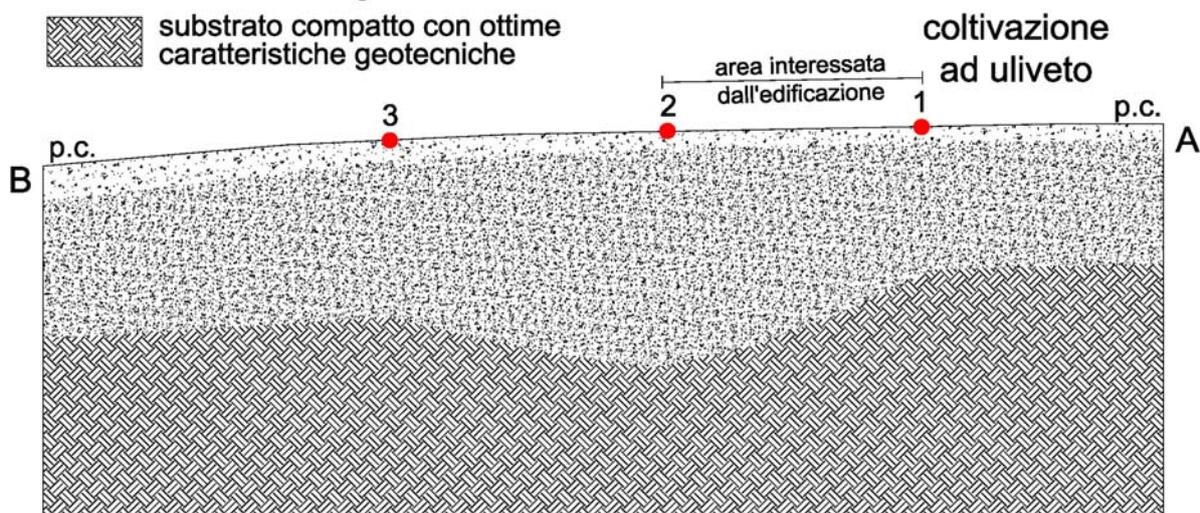
All'interno di questi terreni e fino alle profondità appena indicate la resistenza alla punta del penetrometro statico aumenta fino a raggiungere i valori di 70/80 Kg/cmq, corrispondenti a valori di Cu pari a 3,4/3,6 Kg/cmq. In base a tali valori è possibile constatare che i terreni al di sotto di 1 mt di profondità da p.c. posseggono già buone caratteristiche geotecniche.

Nella seguente immagine viene ricostruita – nei limiti – la stratigrafia dei terreni nella zona eventualmente oggetto della messa in opera della modesta struttura (chiesetta) all'apice della morbida collina adiacente alla sede storica della Associazione Comunità Papa Giovanni XXIII.



Traccia di sezione (A-B) lungo la quale è stata ricostruita la stratigrafia del terreno

-  2 penetrometrie statiche (CPT)
-  terreno superficiale di copertura
-  substrato alterato con buone caratteristiche geotecniche
-  substrato compatto con ottime caratteristiche geotecniche



Ricostruzione stratigrafica della porzione di versante interessata dall'eventuale messa in posto del modesto manufatto (sezione A-B)

In funzione di quanto affermato finora, ovvero topografia sub-orizzontale del sito in studio e buone caratteristiche geotecniche dei terreni già nei primi metri di spessore, è possibile affermare che l'area indagata non sia soggetta a richiami di ordine gravitativo. Inoltre, la topografia del terreno non presenta attualmente segni riconducibili ad instabilità in atto o latenti.



Immagine dello stato dei luoghi con indicate le ubicazioni delle CPT (n°2 sinistra, n°1 destra)

Oltre a quanto già affermato sopra, si constata che allo stato attuale non sono presenti, e nemmeno se ne ha memoria, fenomeni gravitativi neppure sul limitrofo versante (pendio di raccordo fra l'apice della collina ed il fondovalle dove è ubicata la Via Valverde) che possano interessare la struttura eventualmente prevista.

7. EVENTUALI INDICAZIONI GEOTECNICHE

Le determinazioni relative alla tipologia ed eventuale dimensionamento delle fondazioni e le relative verifiche geotecniche – secondo quanto definito nelle NTC18 – sono di competenza del progettista, per cui le considerazioni seguenti vanno intese come contributo indicativo per formalizzare le scelte in proposito.

Premesso ciò, in base alle considerazioni riportate nel capitolo precedente ed a valutazioni di tipo geotecnico-strutturale concernenti la sub-orizzontalità dell'area e le

buone caratteristiche geotecniche dei terreni nel sito di studio, per l'eventuale realizzazione della struttura menzionata sopra può essere indicata una fondazione sia di tipo diretto che profonda, che abbia come prerogativa il raggiungimento e/o la messa in posto ad una quota che preveda il contatto con i terreni appartenenti all'orizzonte stratigrafico intermedio (*substrato formazionale decompresso*).

Tale orizzonte stratigrafico, infatti, in fase di indagine geognostica si è appurato essere caratterizzato da litotipi con buone caratteristiche geotecniche.

In riferimento alle tipologia costruttiva in parola si prescrive:

- se verranno previste fondazioni dirette, la realizzazione di un sistema di drenaggio perimetrale – lato monte – costituito da ghiaia e materiale molto permeabile avvolta da tessuto non tessuto, alla base del quale porre una tubazione drenante con pendenza a valle, realizzato in aderenza alle eventuali fondazioni superficiali (se esistenti);
- al termine dei lavori dovrà essere ripristinato, esternamente al perimetro della struttura, il profilo ante-operam e complessivamente lo stato dei luoghi.

Per quanto riguarda il percorso pedonale risulta particolarmente importante il sistema di drenaggio. Un sistema di drenaggio ben adeguato alle condizioni del luogo permette di ridurre drasticamente gli interventi di manutenzione.

Il drenaggio dovrà svolgere sostanzialmente le funzioni di:

- far defluire le acque meteoriche che cadono direttamente sul percorso pedonale;
- far defluire l'acqua di versante che affluisce sul percorso pedonale dai lati.

Nel caso in oggetto tale funzione si può ottenere semplicemente inclinando il piano di passaggio in senso trasversale. Infatti, in caso di pendenze lievi come nella situazione programmata, afflusso limitato di acqua di versante e presenza di una scarpata stabile sul lato a valle, un'inclinazione del 1-2% verso valle garantirebbe un drenaggio efficace lungo il tracciato pedonale che potenzialmente si andrà a realizzare.

7.1 Capacità portante critica del terreno

In riferimento alla situazione stratigrafica ed alle caratteristiche geotecniche dei terreni investigati, come già anticipato è possibile proporre di dotare le modeste strutture relative al progetto di valorizzazione paesaggistica in parola, di fondazioni che raggiungano almeno l'orizzonte stratigrafico intermedio (ved. Paragrafo 2.4).

Di seguito è ipotizzata la capacità portante dei terreni ottenuta mediante la condizione di plasticità proposta da Fröhlich, che definisce qual è il carico limite critico detto $N_{q_{crit}}$ che, in un caso di fondazioni dirette si può trasmettere al terreno senza che si producano deformazioni plastiche. La condizione di plasticità di Fröhlich in generale è espressa dalla seguente pressione di contatto limite critica P_{crit} :

$$P_{crit} = N_{q_{crit}} (\gamma' t + c' \cotg \phi')$$

Poiché nei materiali in cui presumibilmente sarà impostata la struttura in parola è prevalente la coesione (c_u) mentre l'angolo d'attrito è tendente a $\phi' = 0$, la relazione precedente si semplifica in:

$$P_{crit} = \pi c_u$$

Infine, sempre in funzione della NTC 2008 e ss.mm.ii. la portanza del terreno in esame R_d si otterrà riducendo la portata limite P_{crit} per un certo fattore di sicurezza detto γ_R , diverso in funzione dell'approccio che si intende utilizzare, secondo un concetto non del tutto differente da quello dettato dal superato D.M. 11/03/1988.

$$R_d = P_{crit} / \gamma_R$$

VERIFICA SECONDO LE NTC DM 17-01-2018

Le verifiche Geotecniche agli stati limite ultimi SLU devono soddisfare la relazione

$$R_d > E_d$$

Nell'esempio di fondazione diretta o superficiale.

APPROCCIO 1 COMBINAZIONE 1 (STR) – A1 + M1 + R1

APPROCCIO 2 COMBINAZIONE 1 (STR) – A1 + M1 + R3

Ponendo $c_u = 2,7 \text{ kg/cmq}$

$R3 = R1 = \gamma_r = 1$

$Rd1-1 = P_{crit} / \gamma_r1 = 8,48 / 1 = 8,48 \text{ kg/cmq}$

APPROCCIO 2 COMBINAZIONE 1 (GEO) – A1 + M1 + R3

$R3 = \gamma_r = 2,3$

$Rd2-1 = P_{crit} / \gamma_r3 = 8,48 / 2,3 = 3,686 \text{ kg/cmq}$

8. CONCLUSIONI

Le indagini e gli studi geologici condotti sull'area di proprietà della Associazione Comunità Papa Giovanni XXIII in Via Valverde – località Sant'Aquilina, Comune di Rimini, interessata dal progetto di valorizzazione dell'ambito della Comunità Papa Giovanni XXIII, hanno evidenziato la seguente situazione:

- La morfologia locale risulta costituita dai terreni posti in parte su un modesto versante ad acclività ridotta ed in parte alla sommità della morbida collina piantumata ad ulivi, nel primo entroterra riminese, affacciata verso il Monte Titano e la Rep. di San Marino e prossima alle strutture della Associazione Papa Giovanni XXIII.
- La stratigrafia locale – in base alle indagini effettuate – è costituita da un orizzonte stratigrafico superiore individuabile da p.c. a -0,8-1,0 mt di terreno superficiale modificato da lavorazione agricola, da un orizzonte stratigrafico intermedio compreso fra 0,8/1,0 e 6,6/11,4 mt costituito da terreni a prevalente componente argillosa argilla-sabbiosa-limosa con buone caratteristiche geotecniche (corrispondente al substrato alterato e/o decompresso) e da un terzo orizzonte da -6,6/11,4 in poi che rappresenta il substrato compatto.
- Le opere di valorizzazione previste nell'Accordo di Programma stipulato consistono alla realizzazione di un luogo di preghiera comprendente un percorso pedonale di 500 ml che parte da via Valverde e sale fino alla sommità di una morbida collina piantumata ad ulivi che affaccia verso San Marino, dove si

erigerà un manufatto edilizio di modeste dimensioni adibito al raccoglimento e alla preghiera in memoria del Fondatore della Comunità.

- I criteri costruttivi da adottarsi per la nuova struttura – se del caso – consisteranno nella messa in opera di fondazioni che raggiungano l'orizzonte stratigrafico intermedio, le cui litologie hanno fatto registrare, in fase di indagine geognostica, buone caratteristiche geotecniche.

A supporto dell'indagine condotta sono state effettuate 3 prove penetrometriche statiche (CPT) ai fini dell'identificazione della stratigrafia del terreno nella zona oggetto di intervento, la parametrizzazione geotecnica dei terreni interessati dalle opere e definire le eventuali tipologie fondazionali da adottare e le prescrizioni da seguire.

Inoltre, è stata condotta una indagine sismica passiva a stazione singola HVSR per definire la categoria sismica del sottosuolo. Dall'analisi dell'indagine sismica effettuata si può affermare che tale sito è caratterizzato da un terreno di tipo B.

Per quanto descritto ed indicato nella presente relazione e nella condizione in cui saranno rispettate le indicazioni riportate, la realizzazione delle opere concernenti il progetto di valorizzazione dell'areale descritto non comporterà sostanziali né significative variazioni agli equilibri geomorfologici, idrologici - idrogeologici ed ambientali raggiunti.

In definitiva, quindi, si esprime parere di fattibilità tecnica, geologica generale idrogeologica ed ambientale, positivo.

Rimini, 20 novembre 2018



9. ALLEGATI

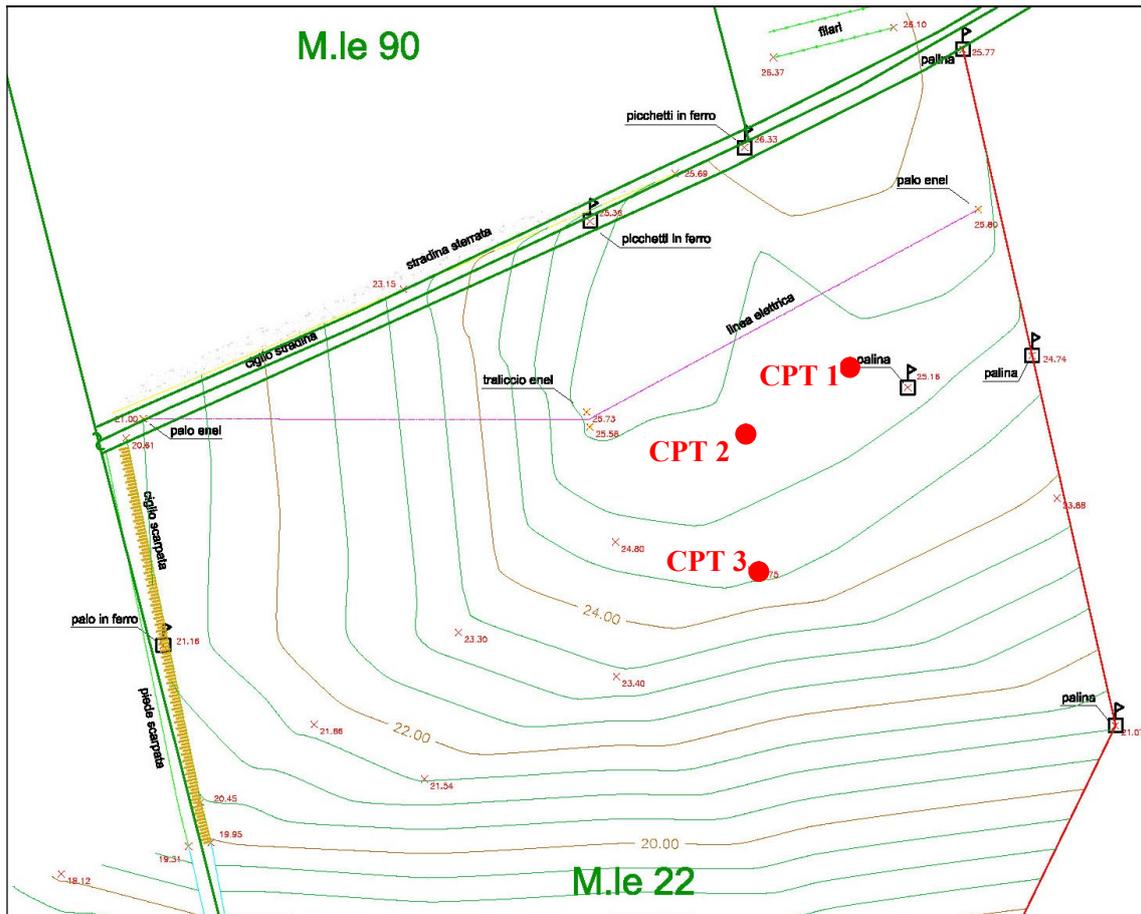
9.1 Prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test)

9.2 Pericolosità sismica del sito

ASS. COMUNITA' PAPA GIOVANNI XXIII
Comune di Rimini

**Valorizzazione dell'ambito della Comunità Giovanni XXIII
quale ricordo del luogo di preghiera
e raccoglimento del fondatore**

9.1 PROVE PENETROMETRICHE STATICHE
(Cone Penetration Test)



Ubicazione prove penetrometriche statiche (CPT)



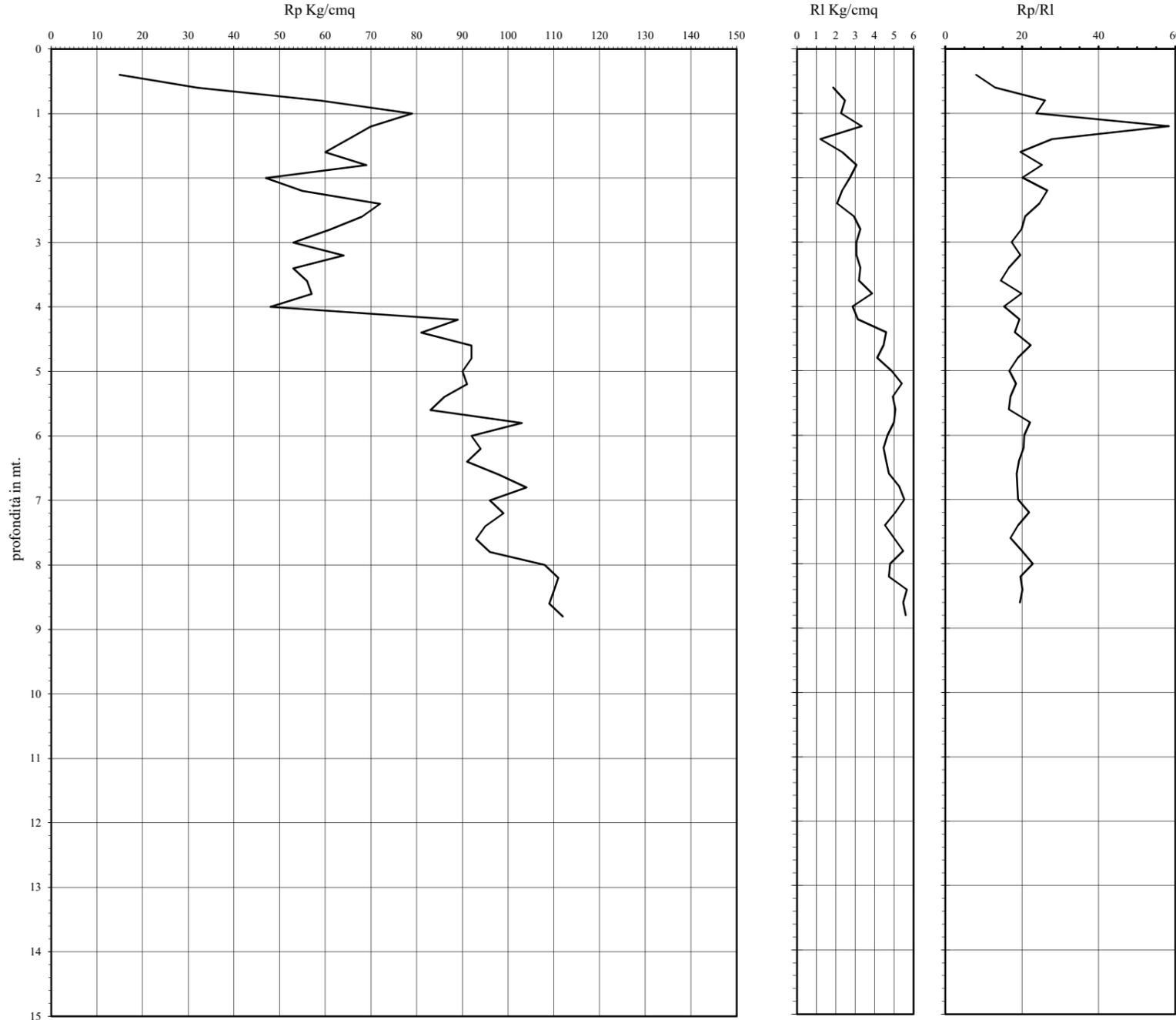
Ubicazione prove penetrometriche statiche (CPT) – ripresa fotografica

Prova Penetrometrica Statica

Prova n.: CPT 3
 Cantiere: Rimini (RN) - Via Valverde - Papa Giovanni
 Data: Ottobre 2018

Quota inizio: piano campagna
 Liv.falda: assente
 Note:

Classificazione orientativa dei terreni (Schmertmann - 1978)



Angolo d'attrito interno, densità relativa e coesione										Verifica alla liquefazione								
										magnitudo di 6 g								
										accelerazione massima al suolo 0,25 g								
										(Seed et al. 1985)								
										coefficiente di sicurezza								
										ϕ°	Dr	Cu	Nspt					
										Kg/cmq								
A	A	A	A	A	A	S	S	S	S	mt.	Rp	Rl	Rp/Rl					
0	M	T	M	C	M	S	L	L	S	0,2	15		8,04	/	/	0,75	/	n.l.
T				C	L	A				0,4	32	1,87	12,97	/	/	1,6	/	n.l.
										0,6	59	2,47	26,03	/	/	2,95	/	n.l.
										0,8	79	2,27	23,70	/	/	3,95	/	n.l.
										1	70	3,33	58,33	37	0,48	/	17,5	2,77
										1,2	65	1,20	27,86	/	/	/	16,25	2,77
										1,4	60	2,33	19,57	/	/	3	/	n.l.
										1,6	69	3,07	25,24	/	/	3,45	/	n.l.
										1,8	47	2,73	20,14	/	/	2,35	/	n.l.
										2	55	2,33	26,61	/	/	2,75	/	n.l.
										2,2	72	2,07	24,55	/	/	3,6	/	n.l.
										2,4	68	2,93	20,82	/	/	3,4	/	n.l.
										2,6	61	3,27	19,89	/	/	3,05	/	n.l.
										2,8	53	3,07	17,28	/	/	2,65	/	n.l.
										3	64	3,07	19,59	/	/	3,2	/	n.l.
										3,2	53	3,27	16,56	/	/	2,65	/	n.l.
										3,4	56	3,20	14,48	/	/	2,8	/	n.l.
										3,6	57	3,87	19,88	/	/	2,85	/	n.l.
										3,8	48	2,87	15,32	/	/	2,4	/	n.l.
										4	89	3,13	19,35	/	/	4,45	/	n.l.
										4,2	81	4,60	18,13	/	/	4,05	/	n.l.
										4,4	92	4,47	22,26	/	/	4,6	/	n.l.
										4,6	92	4,13	18,90	/	/	4,6	/	n.l.
										4,8	90	4,87	16,67	/	/	4,5	/	n.l.
										5	91	5,40	18,45	/	/	4,55	/	n.l.
										5,2	86	4,93	16,97	/	/	4,3	/	n.l.
										5,4	83	5,07	16,60	/	/	4,15	/	n.l.
										5,6	103	5,00	22,07	/	/	5,15	/	n.l.
										5,8	92	4,67	20,60	/	/	4,6	/	n.l.
										6	94	4,47	20,43	/	/	4,7	/	n.l.
										6,2	91	4,60	19,23	/	/	4,55	/	n.l.
										6,4	98	4,73	18,61	/	/	4,9	/	n.l.
										6,6	104	5,27	18,80	/	/	5,2	/	n.l.
										6,8	96	5,53	18,95	/	/	4,8	/	n.l.
										7	99	5,07	21,84	/	/	4,95	/	n.l.
										7,2	95	4,53	19,00	/	/	4,75	/	n.l.
										7,4	93	5,00	17,01	/	/	4,65	/	n.l.
										7,6	96	5,47	20,00	/	/	4,8	/	n.l.
										7,8	108	4,80	22,82	/	/	5,4	/	n.l.
										8	111	4,73	19,59	/	/	5,55	/	n.l.
										8,2	110	5,67	20,12	/	/	5,5	/	n.l.
										8,4	109	5,47	19,46	/	/	5,45	/	n.l.
										8,6								
										8,8								

Caratteristiche strumento: penetrometro statico semovente, 200kN spinta
 Punta meccanica tipo Begemann - manicotto laterale superficie 150 cmq

Legenda:

- argilla
- sabbia limoso argillosa
- sabbia

AO argilla organica e terreni misti; AMT argilla molto tenera;
 AT argilla tenera; AM argilla media; AC argilla compatta
 AMC argilla molto compatta; ASL argilla sabbiosa limosa;
 SL sabbia e limo; SLA sabbia limoso argillosa
 SS sabbia sciolta; S sabbia; SD sabbia densa

Cu media Kg/cmq 3,93875 16,875 Nspt media n. colpi

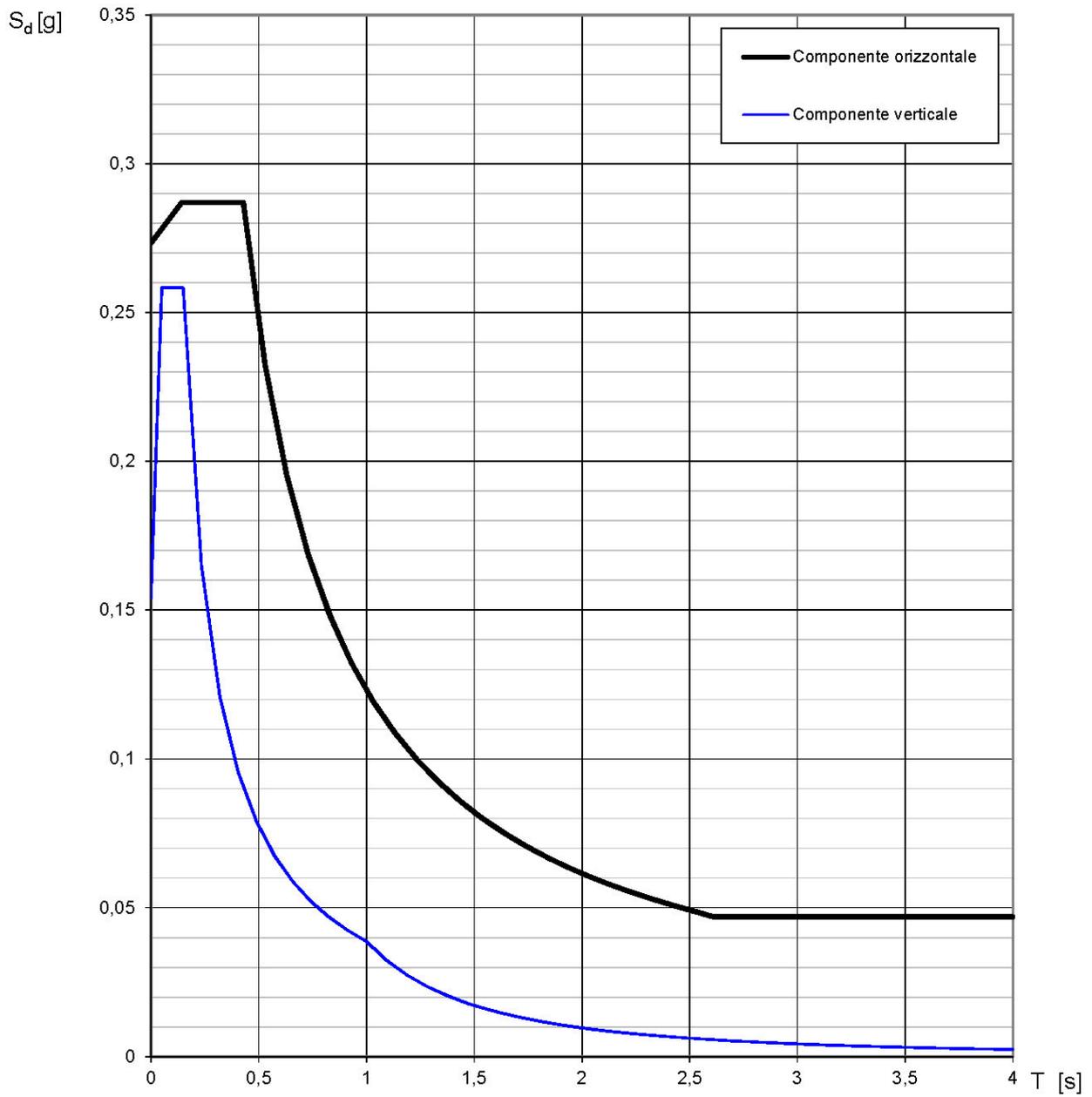
n.l. non liquefacibile

ASS. COMUNITA' PAPA GIOVANNI XXIII
Comune di Rimini

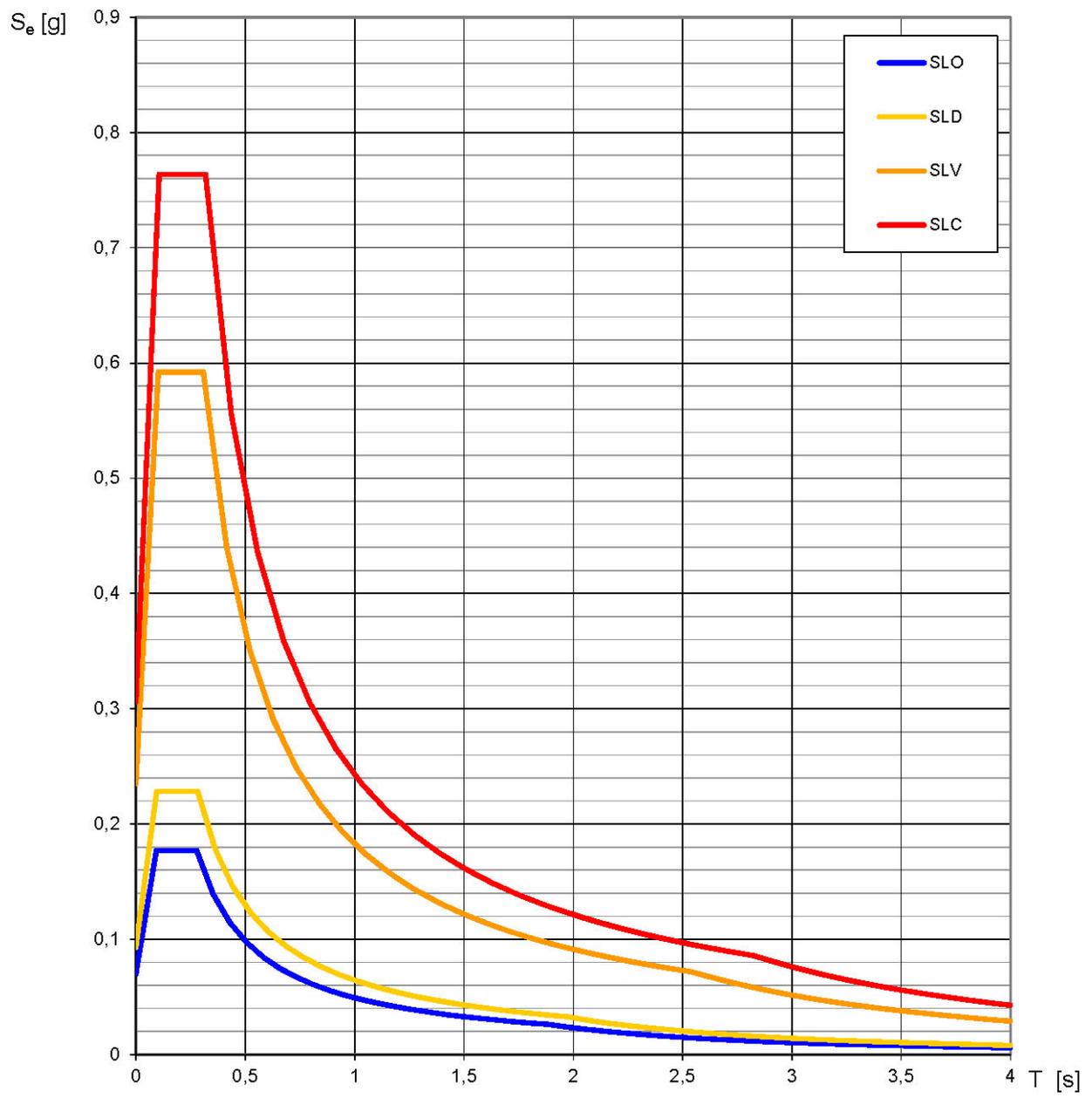
**Valorizzazione dell'ambito della Comunità Giovanni XXIII
quale ricordo del luogo di preghiera
e raccoglimento del fondatore**

9.2 PERICOLOSITA' SISMICA DEL SITO

Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato limite: SLV



Spettri di risposta elastici per i diversi Stati Limite



Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato limite: SLV

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
a_g	0,235 g
F_o	2,520
T_C	0,308 s
S_S	1,163
C_C	1,392
S_T	1,000
q	2,400

Parametri dipendenti

S	1,163
η	0,417
T_B	0,143 s
T_C	0,429 s
T_D	2,540 s

Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_S \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = \sqrt{10/(5 + \xi)} \geq 0,55; \quad \eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.6; §. 3.2.3.5})$$

$$T_B = T_C / 3 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.8})$$

$$T_C = C_C \cdot T_C^* \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.7})$$

$$T_D = 4,0 \cdot a_g / g + 1,6 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.9})$$

Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.4)

$$0 \leq T < T_B \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_o} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left(\frac{T_C T_D}{T^2} \right)$$

Lo spettro di progetto $S_d(T)$ per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico $S_e(T)$ sostituendo η con $1/q$, dove q è il fattore di struttura. (NTC-08 § 3.2.3.5)

Punti dello spettro di risposta

	T [s]	Se [g]
	0,000	0,273
T_B ←	0,143	0,287
T_C ←	0,429	0,287
	0,530	0,233
	0,630	0,195
	0,731	0,169
	0,831	0,148
	0,932	0,132
	1,032	0,119
	1,133	0,109
	1,233	0,100
	1,334	0,092
	1,434	0,086
	1,535	0,080
	1,635	0,075
	1,736	0,071
	1,836	0,067
	1,937	0,064
	2,037	0,060
	2,138	0,058
	2,238	0,055
	2,339	0,053
	2,439	0,050
T_D ←	2,540	0,048
	2,610	0,047
	2,679	0,047
	2,749	0,047
	2,818	0,047
	2,888	0,047
	2,957	0,047
	3,027	0,047
	3,096	0,047
	3,166	0,047
	3,235	0,047
	3,305	0,047
	3,374	0,047
	3,444	0,047
	3,513	0,047
	3,583	0,047
	3,652	0,047
	3,722	0,047
	3,791	0,047
	3,861	0,047
	3,930	0,047
	4,000	0,047

Parametri e punti dello spettro di risposta verticale per lo stato limite: SLV

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
a_{gv}	0,154 g
S_s	1,000
S_T	1,000
q	1,500
T_B	0,050 s
T_C	0,150 s
T_D	1,000 s

Parametri dipendenti

F_v	1,649
S	1,000
η	0,667

Punti dello spettro di risposta

	T [s]	Se [g]
	0,000	0,154
T_B ←	0,050	0,258
T_C ←	0,150	0,258
	0,235	0,165
	0,320	0,121
	0,405	0,096
	0,490	0,079
	0,575	0,067
	0,660	0,059
	0,745	0,052
	0,830	0,047
	0,915	0,042
T_D ←	1,000	0,039
	1,094	0,032
	1,188	0,027
	1,281	0,024
	1,375	0,020
	1,469	0,018
	1,563	0,016
	1,656	0,014
	1,750	0,013
	1,844	0,011
	1,938	0,010
	2,031	0,009
	2,125	0,009
	2,219	0,008
	2,313	0,007
	2,406	0,007
	2,500	0,006
	2,594	0,006
	2,688	0,005
	2,781	0,005
	2,875	0,005
	2,969	0,004
	3,063	0,004
	3,156	0,004
	3,250	0,004
	3,344	0,003
	3,438	0,003
	3,531	0,003
	3,625	0,003
	3,719	0,003
	3,813	0,003
	3,906	0,003
	4,000	0,002

Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_s \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 §. 3.2.3.5})$$

$$F_v = 1,35 \cdot F_0 \cdot \left(\frac{a_g}{g} \right)^{0,5} \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.11})$$

Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.10)

$$0 \leq T < T_B \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_0} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left(\frac{T_C T_D}{T^2} \right)$$



INTERGEO s.r.l. - **Servizi Geologici**

Strada Acquasalata, 9 47899 Serravalle - RSM

Codice Operatore Economico - SM21197

Tel. 333 2208376

www.intergeosm.com - mail: info@intergeosm.com

Località:

Rimini (RN) - Via Valverde - Papa Giovanni

Oggetto:

Indagine sismica passiva a stazione singola HVSR

Data:

Ottobre 2018

Premessa

Il giorno 30/10/2018 a Rimini (RN) - Via Valverde - Papa Giovanni è stata eseguita un'indagine sismica passiva a stazione singola al fine di stimare il profilo della velocità delle onde di taglio ($V_{s,eq}$) per fornire la categoria di suolo di fondazione, secondo le Norme Tecniche per le Costruzioni (2018);

Strumentazione utilizzata e modalità esecutive

La misura di microtremore ambientale è stata effettuata per mezzo di un registratore sismico mostrato in figura 1.



Fig. 1

Il registratore è composto da una terna di velocimetri, i quali trasmettono il segnale ad un sistema di acquisizione digitale a basso rumore.

Lo strumento è stato posizionato correttamente (tramite bolla sferica e piedini regolabili) sul terreno; inizia l'acquisizione dei microtremori: i modi di vibrare del terreno vengono amplificati, convertiti in forma digitale, organizzati e salvati su una memoria digitale. Successivamente i dati vengono trasferiti nel PC dove, mediante il codice di calcolo Grilla appositamente sviluppato, vengono analizzati ed elaborati come mostrato in seguito.

Procedura di analisi dati per stazione singola H/V

Dall'elaborazione della registrazione del rumore sismico ambientale, è stata ricavata la curva H/V (HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO) (Pag. 4).

Il grafico H/V TIME HISTORY (Pag. 4) mostra le “finestre temporali” analizzate per l'elaborazione della curva H/V e permette di individuare eventuali finestre di disturbo all'interno di una registrazione.

Il grafico DIRECTIONAL H/V (Pag. 4) rappresenta la proiezione del HVSR lungo le diverse direzioni, da 0° a 180° in senso orario, dove 0° rappresenta la direzione del Nord segnato sullo strumento (da 180° a 360° i risultati sono simmetrici). Questo permette di vedere se una componente orizzontale prevale sull'altra: cioè se la media HVSR riceve più il contributo da parte di un componente orizzontale.

In seguito, il grafico SINGLE COMPONENT SPECTRA (Pag. 5), mostra l'andamento delle singole componenti nelle tre direzioni (N-S_E-O_Verticale).

In base alle conoscenze stratigrafiche, utilizzando la curva H/V, è stato possibile realizzare su di essa un modello sintetico di V_s (EXPERIMENTAL VS. SYNTHETIC H/V) (Pag. 5) seguendo inoltre le linee guida Sesame, 2005 (Pag. 6).

La classificazione del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio, $V_{S,eq}$ (in m/s), definita dall'espressione (Norme Tecniche per le Costruzioni 2018 del 17/01/2018), con la seguente formula:

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

con:

h_i : spessore dell'i-esimo strato;

$V_{S,i}$: velocità delle onde di taglio nell'i-esimo strato;

N : numero di strati;

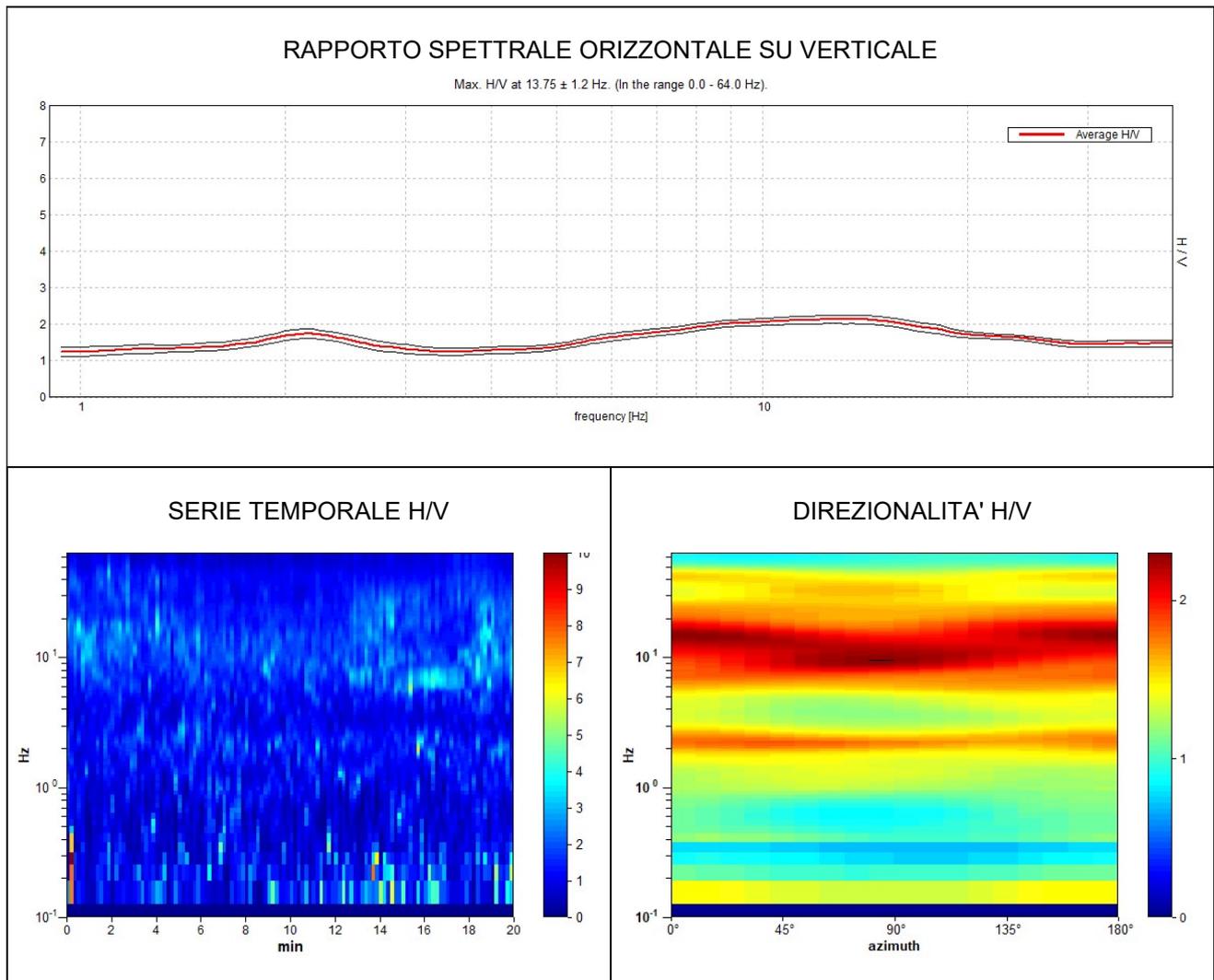
H : profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da V_s non inferiore a 800 m/s.

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

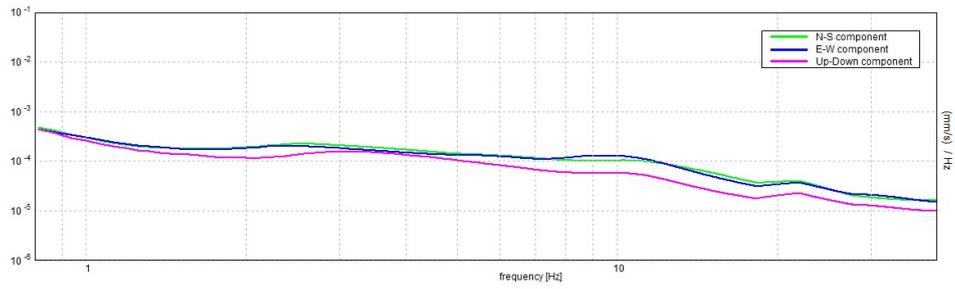
RIMINI VIA VALVERDE

Inizio registrazione: 30/10/18 15:08:23 Fine registrazione: 30/10/18 15:28:24
Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN
Dato GPS: 44.016486 – 12.541341

Durata registrazione: 0h20'00". Analisi effettuata sull'intera traccia.
Freq. campionamento: 128 Hz
Lunghezza finestre: 10 s
Tipo di lisciamento: Triangular window
Lisciamento: 20%

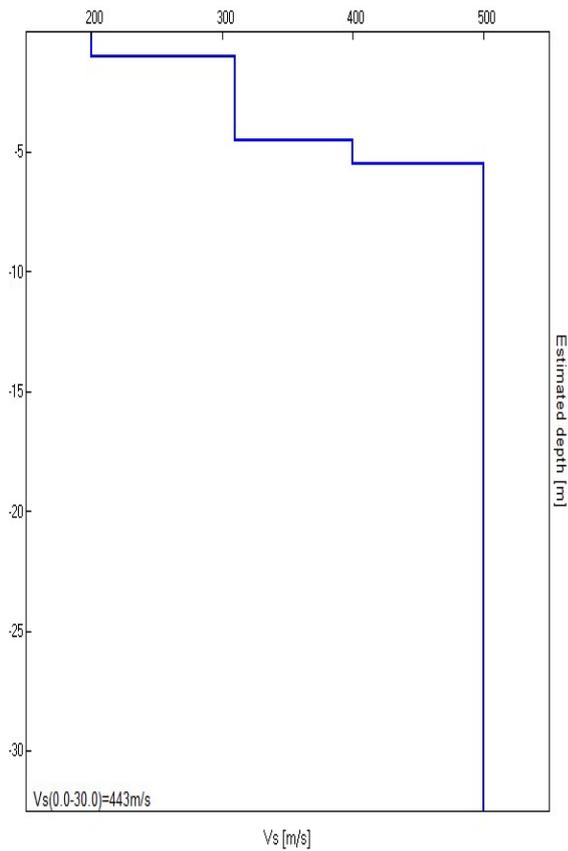
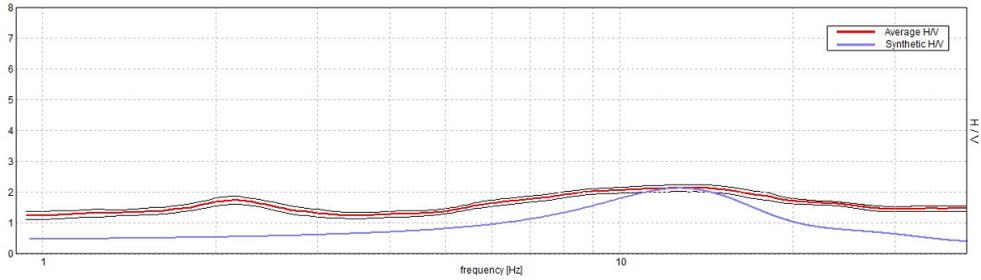


SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO

Max. H/V at 13.75 ± 1.2 Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]
1.00	1.00	200
4.50	3.50	310
5.50	1.00	400
inf.	inf.	500

$V_s(0.0-30.0)=443\text{m/s}$

Picco H/V a 13.75 ± 1.2 Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).

Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	$13.75 > 1.00$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$9625.0 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Superato 0 volte su 331	OK	

Criteri per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	9.527 Hz	OK	
Esiste f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	51.063 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$2.13 > 2$	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.04729 < 0.05$	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.50028 < 0.6875$	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.1128 < 1.58$	OK	

L_w	lunghezza della finestra
n_w	numero di finestre usate nell'analisi
$n_c = L_w n_w f_0$	numero di cicli significativi
f	frequenza attuale
f_0	frequenza del picco H/V
σ_f	deviazione standard della frequenza del picco H/V
$\varepsilon(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	ampiezza della curva H/V alla frequenza f_0
$A_{H/V}(f)$	ampiezza della curva H/V alla frequenza f
f^-	frequenza tra $f_0/4$ e f_0 alla quale $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequenza tra f_0 e $4f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	deviazione standard di $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ è il fattore per il quale la curva $A_{H/V}(f)$ media deve essere moltiplicata o divisa
$\sigma_{\log H/V}(f)$	deviazione standard della funzione $\log A_{H/V}(f)$
$\theta(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Valori di soglia per σ_f e $\sigma_A(f_0)$

Intervallo di freq. [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.2 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ per $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ per $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

According to the Sesame, 2005 guidelines.

Con la determinazione delle onde di taglio Vs i terreni indagati vengono inseriti in una delle seguenti categorie di sottosuolo (N.T.C. 2018_Tabella 3.2.II):

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.</i>
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.</i>
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.</i>
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.</i>
E	<i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.</i>

Dall'analisi dell'indagine si può affermare che il sito è caratterizzato dalle seguenti velocità delle onde di taglio (V_{s30}):

profondità di calcolo	V_{s30} m/sec.	Categoria di suolo
0,00-30,00mt.	443	B
1,00-31,00mt.	463	B
2,00-32,00mt.	472	B
3,00-33,00mt.	481	B
4,00-34,00mt.	491	B