

Studio

Geologia Geotecnica Geofisica Topografia

Marsich

Dott. Geol. Marsich Paolo

Via Lussinpiccolo, 1

34145 TRIESTE

Tel./fax 040 829440

cell. 347 7806995

e-mail: paolomarsich@studiomarsich.it

www.studiomarsich.it

REGIONE FRIULI VENEZIA GIULIA

COMUNE DI AQUILEIA

RELAZIONE GEOLOGICA

A SUPPORTO DEL PROGETTO DI ALLACCIAMENTO DELLA LINEA
ELETTRICA E LA MESSA IN OPERA DI PORTALI ALL'INGRESSO DI 3 AREE
ARCHEOLOGICHE PER L'INSTALLAZIONE DI UN SISTEMA
CONTAPERSONE OTTICO ALL'INTERNO DEL PROGETTO "VERSO UN
PARCO ARCHEOLOGICO"

REGIONE AUTONOMA
FRIULI VENEZIA GIULIA
SERVIZIO EDILIZIA
UDINE
000485-4 MAR 21
D.P.R. 381/2001 DEPOSITATO
L.R. 16/2009

Committente: Fondazione Aquileia

Relatore: dott. geol. Marsich Paolo



Marzo 2021

giulia favi
albo sezione A
numero 734
architetto

Ordine
degli
architetti
pianificatori
paesaggisti e
conservatori
della provincia di
trieste

giulia favi
albo sezione A
numero 734
architetto

Sommario

Premessa	2
Inquadramento geologico, geomorfologico, idrogeologico e sismico.....	3
Rilevamento geologico	9
Modello geologico.....	14
Modello geotecnico.....	15
Risposta sismica e stabilità di sito	16
Azione sismica.....	17
Conclusioni	18

Allegato n°1: Ubicazione delle aree d'indagine - scala 1:25000

Allegato n°2: Ubicazione delle aree d'indagine - scala 1:5000

Allegato n°3: Carta della zonizzazione geologico-tecnica (2008) – scala 1:5000

Allegato n°4: Carta geologica formazionale, litologica e dei punti di indagine (2008) –
scala 1:5000

Allegato n°5: Sezione geologica tipo A-A' – scala 1:100

Allegato n°6: *Relazione geologica: integrazioni – interventi di valorizzazione e
musealizzazione del Fondo Cossar progetto esecutivo – primo stralcio*



Premessa

Nel mese di febbraio 2021 è stata svolta un'indagine geologico-tecnica a supporto del progetto per l'allacciamento della linea elettrica e la messa in opera di portali all'ingresso di tre aree archeologiche per l'installazione di un sistema contapersone ottico all'interno del progetto "Verso un Parco Archeologico", ad Aquileia.

La presente relazione viene redatta in conformità a quanto previsto da:

- D.M. 17 gennaio 2018 di approvazione delle *Norme Tecniche per le Costruzioni*;
- CIRCOLARE 21 gennaio 2019, n. 7 C.S.LL.PP. *Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni"» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018*;
- D.P.R. 328/01 - art. 41;
- *Relazione geologico-tecnica a corredo della variante generale al P.R.G.C. del Comune di Aquileia*, novembre 2008.

La finalità dell'indagine era quella di definire i lineamenti geomorfologici della zona nonché gli eventuali processi morfogenetici ed i dissesti in atto o potenziali, la loro tendenza evolutiva, la successione litostratigrafica locale, con definizione della genesi e della distribuzione spaziale dei litotipi e dei caratteri idrogeologici generali.

L'indagine si è sviluppata secondo le seguenti fasi:

- ricerca bibliografica per l'assunzione di informazioni di tipo geologico e geomorfologico sull'area indagata;
- sopralluogo esteso all'area e ad un adeguato intorno, per il rilievo delle informazioni geomorfologiche;
- rilevamento geologico-tecnico per il rilievo di informazioni litologiche;
- disamina della *"Relazione geologica"* e *"Relazione geologica: integrazioni"* a supporto degli *Interventi di valorizzazione e musealizzazione del Fondo Cossar progetto esecutivo – primo stralcio* del dott.geol. Valent Massimo;
- disamina della *"relazione geologica, geotecnica e sismica – musealizzazione dei mosaici dell'area Violin"* del dott.geol. Bincoletto Luca.

Negli allegati n°1 e n°2 è indicata, sulla Carta Tecnica Regionale in scala 1:25000 e 1:5000, l'ubicazione dell'area oggetto della presente indagine.

Inquadramento geologico, geomorfologico, idrogeologico e sismico

Sulla base di quanto evidenziato sulla CARTA DELLA ZONIZZAZIONE GEOLOGICO-TECNICA, allegata allo STUDIO GEOLOGICO-TECNICO PER LA VARIANTE GENERALE AL P.R.G.C. (2008), i siti oggetto dell'intervento rientrano nella zona **Z5**. Tale facies è caratterizzata da quanto segue: *“terreni fini prevalenti, si presentano poco consistenti, a comportamento fluido plastico; si evidenzia un miglioramento delle caratteristiche geotecniche con la profondità per la maggiore presenza di frazioni più grossolane. Sedimenti a SCADENTI CARATTERISTICHE GEOTECNICHE”*.

Secondo la CARTA GEOLOGICA FORMAZIONALE, LITOLOGICA E DEI PUNTI DI INDAGINE, allegata allo STUDIO GEOLOGICO-TECNICO PER LA VARIANTE GENERALE AL P.R.G.C. (2008), il sito oggetto dell'intervento è caratterizzato da **MSG: sedimenti prevalentemente limoso-argillosi con sabbie e ghiaie**.

I siti indagati rientrano nel territorio del Comune di Aquileia a quote variabili tra 2 m e 4.0 m s.l.m.m., in un'area pianeggiante.

Dalla disamina dello studio geologico-tecnico per la Variante Generale al P.R.G.C. (2008) è emerso quanto segue: *“Dal punto di vista idrogeologico il territorio aquileiese rientra in una delle sette province idrogeologiche in cui risulta suddivisa la pianura friulana, e, in particolare, a quella della “Bassa pianura centro-orientale”. Tale distinzione nasce da considerazioni idrogeologiche e da elementi chimico-fisici delle acque di falda.*

La zona in esame risente dell'alimentazione proveniente dall'Alta pianura centro-orientale e quindi delle perdite di subalveo del sistema fluviale Torre-Natisone-Isonzo, il chimismo delle cui acque è contraddistinto dall'elevato rapporto Ca/Mg. Meno influente è invece l'apporto derivato dal deflusso sotterraneo del Fiume Tagliamento.

Idrogeologicamente questo settore è contraddistinto da un'idrostruttura contenente acquiferi a diverse profondità. Prossima alla superficie topografica si può riconoscere la presenza di un livello o lama d'acqua, poco potente e discontinuo, definibile in modo più appropriato come pseudo-falda o adunamento freatico: questa riveste comunque un ruolo importante non tanto in termini idrogeologici, quanto in termini geotecnici, influenzando in modo rilevante la risposta meccanica dei terreni di fondazione.

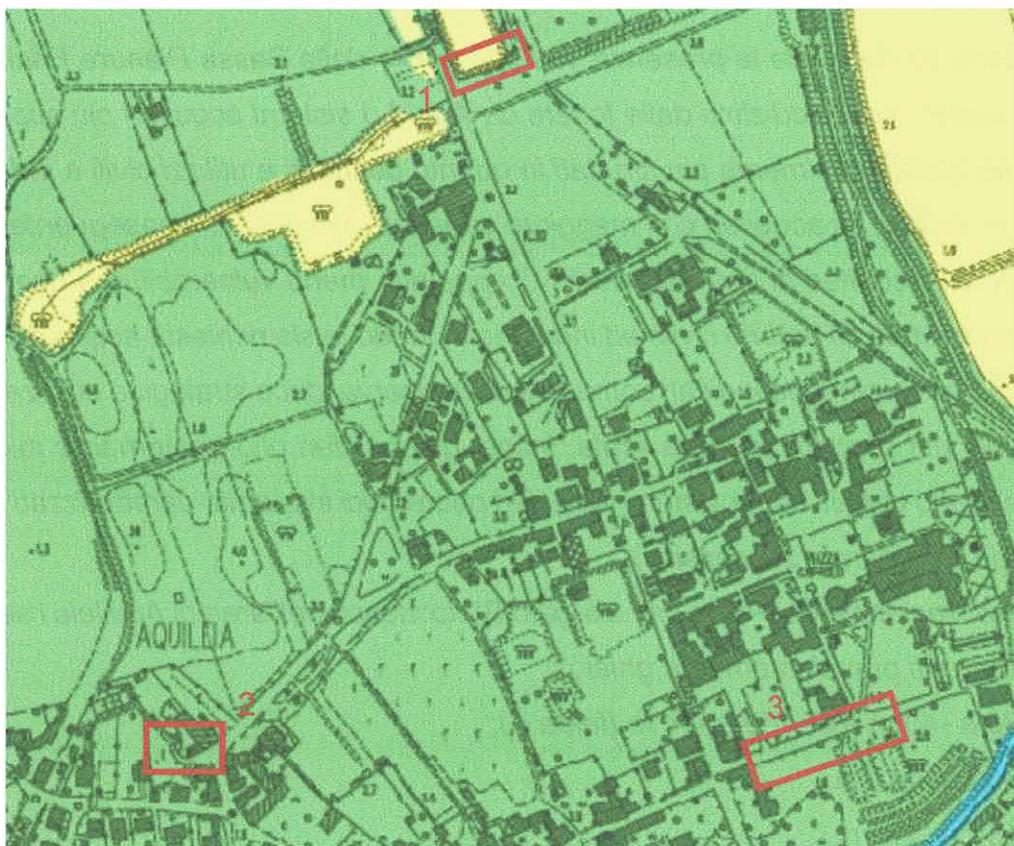
A profondità maggiori dal piano campagna si succedono diversi acquiferi confinati o semiconfinati riconosciuti sulla base dei pozzi terebrati nell'area; le stratigrafie risultano integrate con dati geofisici di nuova acquisizione.

La letteratura definisce la presenza, nel sottosuolo della Bassa Pianura Friulana, di 11 sistemi acquiferi, contraddistinti dalle lettere da A a M. I sistemi acquiferi piu superficiali (A, B) risultano quelli attualmente piu sfruttati in quanto destinati a utilizzi civili e industriali; rappresentano, inoltre, gli acquiferi con maggiore capacita di ricarica e, conseguentemente, piu vulnerabili. Gli acquiferi di tipo intermedio C appaiono meno vulnerabili e a ricarica piu lenta; vengono sfruttati, in ambito civile ed industriale, laddove sia richiesta acqua di qualita. Gli acquiferi di tipo D vengono indicati come possibile riserva idrica strategica utilizzabile ad uso idropotabile per progetti su larga scala. Infine, gli acquiferi plio-quadernari e miocenici (da E a M) vengono definiti come sistemi acquiferi geotermici in quanto caratterizzati da tale risorsa (si veda il paragrafo successivo).

Il Catasto regionale dei Pozzi (cfr. allegato B) riconosce nell'area di Aquileia i seguenti acquiferi in orizzonti prevalentemente ghiaiosi:

- da -30 a -40 m e da -55 a -74 m (falda A);*
- da -130 a -145 m;*
- da -160 a -170 m.”*

*Di seguito si allega un estratto della Tavola 53 allegata al Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico dei bacini di interesse Regionale – settembre 2016. Dalla disamina di tale elaborato risulta che i siti 2 e 3 ricadono in pericolosità idraulica bassa **P1**, mentre il sito 1 ricade in pericolosità idraulica media **P2**. Nella *Relazione tecnica (settembre 2016)* del sopraccitato Piano viene specificato che, *in generale, tenendo conto del tempo di ritorno di riferimento ($T_r=100$ anni), orientativamente le aree P1 ipotizzano lame d'acqua inferiori ai 50 cm e le aree P2 tra i 50 e i 100 cm.**



P1 (pericolosità idraulica bassa)
 P2 (pericolosità idraulica media)

L'ESTRATTO NORME, SETTEMBRE 2016 allegato al PIANO STRALCIO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO DEI BACINI DI INTERESSE REGIONALE (bacini idrografici dei tributari della laguna di Marano – Grado, ivi compresa la laguna medesima, del torrente Slizza e del levante), prevede:

ART. 8 – Disposizioni comuni per le aree a pericolosità idraulica, geologica e per le zone di attenzione

1. Le Amministrazioni comunali non possono rilasciare concessioni, autorizzazioni, permessi di costruire od equivalenti, previsti dalle norme vigenti, in contrasto con il Piano.
2. Possono essere portati a conclusione tutti i piani e gli interventi i cui provvedimenti di approvazione, autorizzazione, concessione, permessi di costruire od equivalenti previsti dalle norme vigenti, siano stati rilasciati prima della pubblicazione sul Bollettino Ufficiale della Regione dell'avvenuta approvazione del Piano (8/02/2017).
3. Nelle aree classificate pericolose e nelle zone di attenzione, ad eccezione degli interventi di mitigazione della pericolosità e del rischio, di tutela della pubblica incolumità e di quelli previsti dal Piano di bacino, è vietato, in rapporto alla specifica natura e tipologia di pericolo individuata:

a. eseguire scavi o abbassamenti del piano di campagna in grado di compromettere la stabilità delle fondazioni degli argini, ovvero dei versanti soggetti a fenomeni franosi;

b. realizzare tombinature dei corsi d'acqua;

c. realizzare interventi che favoriscano l'infiltrazione delle acque nelle aree franose;

d. costituire o indurre a formare vie preferenziali di veicolazione di portate solide o liquide;

e. realizzare, in presenza di fenomeni di colamento rapido (CR), interventi che incrementino la vulnerabilità della struttura, quali aperture sul lato esposto al flusso;

f. realizzare locali interrati o seminterrati nelle aree a pericolosità idraulica o da colamento rapido. Deroghe potranno essere previste solamente nel caso di realizzazione di strutture di interesse pubblico in zone a pericolosità moderata P1, limitatamente alle situazioni in cui la pericolosità sia dovuta a fenomeni di acqua alta in aree costiere e perilagunari non protette da arginature, e ciò in considerazione della maggiore prevedibilità e della minore durata dei fenomeni attesi rispetto alle esondazioni fluviali. Tali deroghe saranno comunque ammesse esclusivamente nei casi di interventi non diversamente localizzabili ovvero manententi di alternative progettuali tecnicamente ed economicamente sostenibili, interventi che dovranno essere resi compatibili con le condizioni di pericolo riscontrate mediante l'adozione di precauzioni volte ad evitare ogni danneggiamento alle strutture e rischio per l'incolumità delle persone presenti nelle stesse al momento del verificarsi dell'evento calamitoso previsto.

4. Nelle aree costiere prive di opere di difesa nei confronti dei fenomeni di alta marea eccezionale e possibile la riclassificazione della pericolosità idraulica a seguito dell'innalzamento del piano di campagna a quota di sicurezza nei confronti degli eventi di acqua alta più gravosi, e ciò in considerazione della maggiore prevedibilità e della minore durata dei fenomeni attesi rispetto alle esondazioni conseguenti a rotture arginali, a condizione che le attività necessarie al raggiungimento delle quote di sicurezza non comportino la possibilità di incrementi della pericolosità nelle aree limitrofe. La riclassificazione delle aree interessate dagli interventi suddetti dovrà seguire le procedure di cui all'articolo 6, comma 3, lettera b.1 delle presenti norme.

5. Al fine di non incrementare le condizioni di rischio nelle aree fluviali e in quelle pericolose, fermo restando quanto stabilito al comma 3 ed in rapporto alla specifica natura e tipologia di pericolo individuata, tutti i nuovi interventi, opere, attività consentiti dal Piano o autorizzati dopo la sua approvazione, devono essere tali da:

- a. mantenere le condizioni esistenti di funzionalità idraulica o migliorarle, agevolare e comunque non impedire il normale deflusso delle acque;*
 - b. non aumentare le condizioni di pericolo dell'area interessata nonché a valle o a monte della stessa;*
 - c. non ridurre complessivamente i volumi invasabili delle aree interessate tenendo conto dei principi dell'invarianza idraulica e favorire, se possibile, la creazione di nuove aree di libera esondazione;*
 - d. minimizzare le interferenze, anche temporanee, con le strutture di difesa idraulica, geologica.*
- 6. Tutte le opere di mitigazione della pericolosità e del rischio devono prevedere il piano di manutenzione.*
- 7. Tutti gli interventi consentiti dal presente Titolo non devono pregiudicare la definitiva sistemazione né la realizzazione degli altri interventi previsti dalla pianificazione di bacino vigente.*

ART. 11 - Disciplina degli interventi nelle aree classificate a pericolosità media P2

- 1. Nelle aree classificate a pericolosità idraulica e geologica media P2, possono essere consentiti tutti gli interventi di cui alle aree P4 e P3.*
- 2. L' attuazione delle previsioni e degli interventi degli strumenti urbanistici vigenti alla data di approvazione del Piano (8/02/2017) e subordinata alla verifica da parte delle amministrazioni comunali della compatibilità con le situazioni di pericolosità evidenziate dal Piano e deve essere conforme alle disposizioni indicate dall' art. 8. Gli interventi dovranno essere realizzati secondo soluzioni costruttive funzionali a rendere compatibili i nuovi edifici con la specifica natura o tipologia di pericolo individuata.*
- 3. Nelle aree classificate a pericolosità media P2 la pianificazione urbanistica e territoriale può prevedere:*
- a. nuove zone di espansione per infrastrutture stradali, ferroviarie e servizi che non prevedano la realizzazione di volumetrie edilizie, purché ne sia segnalata la condizione di pericolosità e tengano conto dei possibili livelli idrometrici conseguenti alla piena di riferimento;*
 - b. nuove zone da destinare a parcheggi, solo se imposti dagli standard urbanistici, purché compatibili con le condizioni di pericolosità che devono essere segnalate;*

c. piani di recupero e valorizzazione di complessi malghivi, stavoli e casere senza aumento di volumetria diversa dall' adeguamento igienico-sanitario e/o adeguamenti tecnico-costruttivi e di incremento dell' efficienza energetica, purché compatibili con la specifica natura o tipologia di pericolo individuata. Tali interventi sono ammessi esclusivamente per le aree a pericolosità geologica;

d. nuove zone su cui localizzare impianti per la produzione di energia da fonti rinnovabili, non diversamente localizzabili ovvero mancanti di alternative progettuali tecnicamente ed economicamente sostenibili, purché compatibili con le condizioni di pericolo riscontrate e che non provochino un peggioramento delle stesse.

ART. 12 – Disciplina degli Interventi nelle aree classificate a pericolosità moderata P1

- 1. La pianificazione urbanistica e territoriale disciplina l'uso del territorio, le nuove costruzioni, i mutamenti di destinazione d'uso, la realizzazione di nuove infrastrutture e gli interventi sul patrimonio edilizio esistente nel rispetto dei criteri e delle indicazioni generali del presente Piano conformandosi allo stesso.*

Rilevamento geologico

Al fine di ricostruire la sequenza stratigrafica della porzione più superficiale di sottosuolo è stato eseguito un sopralluogo esteso all'area e ad un adeguato intorno, per il rilievo delle informazioni litologiche e geomorfologiche. Il rilevamento geologico-tecnico eseguito ha messo in evidenza in tutti i tre siti oggetto di intervento la presenza di un orizzonte costituito da riporti dello spessore di almeno 1.5 m.

Di seguito si allega la documentazione fotografica dei siti di indagine:



FONDO PASQUALIS: visione generale di una delle aree delle sono presenti reperti archeologici



FONDO PASQUALIS: visione di dettaglio dei fronti di scavo ove sono visibili riporti



SEPOLCRETO: visione di dettaglio dei fronti di scavo ove sono visibili riporti



FORO ROMANO: visione di dettaglio dei fronti di scavo ove sono visibili riporti

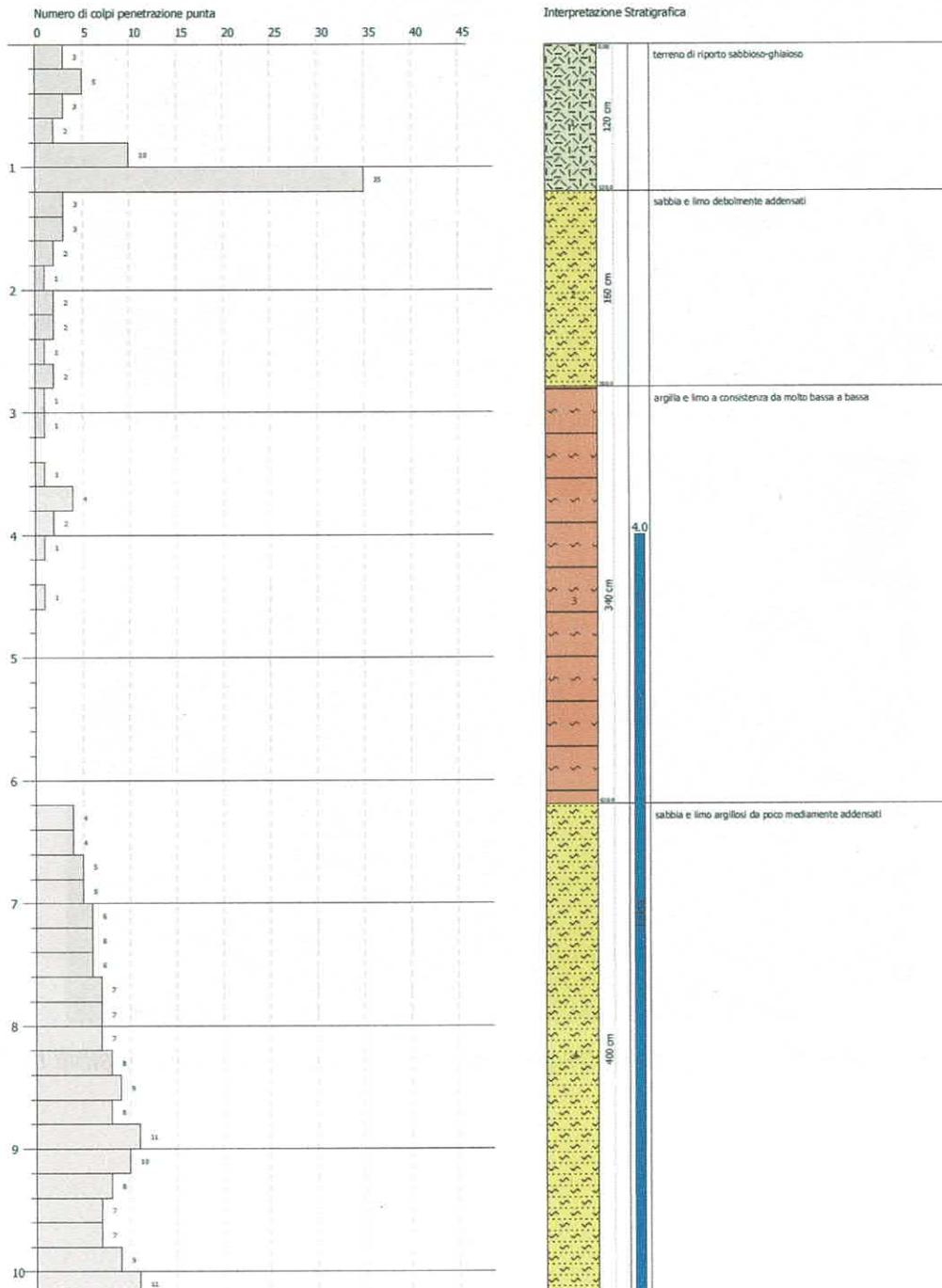
Disamina delle relazioni precedenti

Per definire il modello geologico e geotecnico delle aree oggetto di intervento è stata consultata la prova penetrometrica dinamica DPSH1, presente all'interno della *relazione geologica, geotecnica e sismica – musealizzazione dei mosaici dell'area Violin*.

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DPSH1
Strumento utilizzato... DPSH TG 63-200 PAGANI

Committente:
Cantiere:
Località:

Data: 29/07/2015



Al fine di definire la velocità equivalente delle onde di taglio $V_{S,eq}$, così come definita al § 3.2.2. delle *Norme Tecniche per le Costruzioni* di cui al D.M. 17/01/2018 sono state consultate l'indagine sismica passiva H.V.S.R. (Horizontal to Vertical Spectral Ratio) e l'indagine sismica con metodologia M.A.S.W. (multi-channel analysis of surface waves), presenti all'interno della *Relazione geologica: integrazioni – interventi di valorizzazione e musealizzazione del Fondo Cossar progetto esecutivo – primo stralcio*. I risultati di tali indagini sono presenti all'interno della sopraccitata relazione.

La relazione sopraccitata è presente nell'allegato n° 6.

Modello geologico

Le risultanze del rilevamento geologico di superficie ed i dati geologici assunti da bibliografia e dalle relazioni pregresse hanno evidenziato la presenza, in tutti i tre siti di interesse, di depositi sciolti costituiti da riporti fino alla profondità di almeno 1.5 m. Al di sotto di tale deposito e fino alla profondità di circa 2.8 m, la prova penetrometrica dinamica DPSH1 ha rilevato la presenza di un orizzonte costituito da sabbia e limo; a profondità comprese tra 2.8 m e 6.2 m di un orizzonte costituito da argilla e limo; ed a profondità comprese tra 6.2 m e 10.2 m di nuovo di un orizzonte di sabbia e limo. La prova penetrometrica ha inoltre individuato la presenza di una falda idrica alla profondità di 4 m, ma appare verosimile che questa possa risalire fino a 2 m dal piano campagna.

Il modello geologico è illustrato nella sezione geologica tipo A-A' (allegato n°5).

Modello geotecnico

Di seguito si definiscono i parametri geotecnici, in termini di valori caratteristici, degli orizzonti litologico-tessitureali individuati sulla base delle risultanze della prova penetrometrica dinamica DPSH1, fino alla profondità di interesse per il progetto in esame.

profondità: 0.0-1.5 m: materiale di riporto.

- Angolo attrito $\phi_k=27^\circ$
- Coesione $c_k=0$ kPa
- Peso di volume $\gamma_k=18$ kN/m³
- Peso di volume saturo $\gamma_{sat,k}=20$ kN/m³

profondità: 1.5-2.8 m: sabbia e limo.

- Angolo attrito $\phi_k=27^\circ$
- Coesione $c_k=0$ kPa
- Peso di volume $\gamma_k=18$ kN/m³
- Peso di volume saturo $\gamma_{sat,k}=20$ kN/m³

profondità: 2.8-6.2 m: argilla e limo

- Angolo attrito $\phi_k=0^\circ$
- Coesione non drenata $c_{u,k}=10-15$ kPa
- Peso di volume $\gamma_k=18$ kN/m³
- Peso di volume saturo $\gamma_{sat,k}=19$ kN/m³

Risposta sismica e stabilità di sito

Sulla base delle risultanze dell'indagine geofisica consultata dalla *relazione geologica: integrazioni*, il substrato di riferimento (bedrock sismico), caratterizzato da $V_S \geq 800$ m/s, così come indicato al § 3.2.2. delle Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 17/01/2018, non è presente entro i primi 30 m di profondità dal piano campagna.

Sulla base della misura della velocità equivalente delle onde di taglio $V_{S,30}$, risultata pari a $V_{S,30} = 222$ m/s considerando i 30 m di profondità a partire dal piano campagna, al sito oggetto dell'intervento compete la categoria di sottosuolo di **tipo C** (*Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s*), così come definita dalle *Norme Tecniche per le Costruzioni* di cui al Decreto del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti del 17 gennaio 2018.

Considerato che il sito oggetto di indagine si trova in un'area sostanzialmente pianeggiante al sito compete la categoria topografica **T1** (*Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$*) così come definita dalle *Norme Tecniche per le Costruzioni* di cui al Decreto del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti del 17 gennaio 2018.

La verifica a liquefazione viene omessa in quanto le litologie in esame non rientrano fra quelle sensibili al fenomeno, come indicato nella *Relazione geologica- interventi di valorizzazione e musealizzazione del Fondo Cossar progetto esecutivo – primo stralcio*.

Azione sismica

La pericolosità sismica di base del sito è di seguito indicata, conformemente al § 3.2. delle NTC, assumendo una Classe d'Uso II e una Vita Nominale di 50 anni. L'interpolazione per la determinazione dei parametri spettrali è effettuata mediante media ponderata tra i punti del reticolo di seguito elencati, assumendo le seguenti coordinate geografiche (ED50) del sito d'intervento: Longitudine = 13,368505°; Latitudine = 45,770823°.

Siti di riferimento

Sito 1 ID: 11209	Lat: 45,7849	Lon: 13,3464	Distanza: 2316
Sito 2 ID: 11210	Lat: 45,7849	Lon: 13,4181	Distanza: 4150
Sito 3 ID: 11432	Lat: 45,7349	Lon: 13,4180	Distanza: 5540
Sito 4 ID: 11431	Lat: 45,7349	Lon: 13,3466	Distanza: 4346

L'azione sismica di progetto verrà valutata assumendo la categoria di sottosuolo C e la categoria topografica T1.

I parametri sismici

Stato Limite	Tr [anni]	a_g [g]	Fo	Tc' [s]
Operatività (SLO)	30	0.033	2.590	0.218
Danno (SLD)	50	0.042	2.550	0.252
Salvaguardia vita (SLV)	475	0.105	2.556	0.361
Prevenzione collasso (SLC)	975	0.135	2.590	0.379
Periodo di riferimento per l'azione sismica:	50			

Conclusioni

La presente relazione aveva lo scopo di redigere un modello geologico e geotecnico di riferimento a supporto del progetto per la realizzazione di plinti di fondazione per portali all'ingresso di tre aree archeologiche.

Le risultanze del rilevamento geologico di superficie ed i dati geologici assunti da bibliografia e dalle relazioni pregresse hanno evidenziato la presenza, in tutti i tre siti di interesse, di depositi sciolti costituiti da riporti fino alla profondità di almeno 1.5 m. Al di sotto di tale deposito e fino alla profondità di circa 2.8 m, la prova penetrometrica dinamica DPSH1 ha rilevato la presenza di un orizzonte costituito da sabbia e limo; a profondità comprese tra 2.8 m e 6.2 m di un orizzonte costituito da argilla e limo; ed a profondità comprese tra 6.2 m e 10.2 m di nuovo di un orizzonte di sabbia e limo. La prova penetrometrica ha inoltre individuato la presenza di una falda idrica alla profondità di 4 m, ma appare verosimile che questa possa risalire fino a 2 m dal piano campagna.

Il modello geologico è illustrato nella sezione geologica tipo A-A' (allegato n°5).

Di seguito si definiscono i parametri geotecnici, in termini di valori caratteristici, degli orizzonti litologico-tessitureali individuati sulla base delle risultanze della prova penetrometrica dinamica DPSH1, fino alla profondità di interesse per il progetto in esame.

profondità: 0.0-1.5 m: materiale di riporto.

- Angolo attrito $\phi_k=27^\circ$
- Coesione $c_k=0$ kPa
- Peso di volume $\gamma_k=18$ kN/m³
- Peso di volume saturo $\gamma_{sat,k}=20$ kN/m³

profondità: 1.5-2.8 m: sabbia e limo.

- Angolo attrito $\phi_k=27^\circ$
- Coesione $c_k=0$ kPa
- Peso di volume $\gamma_k=18$ kN/m³
- Peso di volume saturo $\gamma_{sat,k}=20$ kN/m³

profondità: 2.8-6.2 m: argilla e limo

- Angolo attrito $\phi_k=0^\circ$
- Coesione non drenata $c_{u,k}=10-15$ kPa

- Peso di volume $\gamma_k=18 \text{ kN/m}^3$
- Peso di volume saturo $\gamma_{\text{sat},k}=19 \text{ kN/m}^3$

Sulla base delle risultanze dell'indagine geofisica consultata dalla *Relazione geologica: integrazioni*, il substrato di riferimento (bedrock sismico), caratterizzato da $V_S \geq 800 \text{ m/s}$, così come indicato al § 3.2.2. delle Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 17/01/2018, non è presente entro i primi 30 m di profondità dal piano campagna.

Sulla base della misura della velocità equivalente delle onde di taglio $V_{S,30}$, risultata pari a $V_{S,30}=222 \text{ m/s}$ considerando i 30 m di profondità a partire dal piano campagna, al sito oggetto dell'intervento compete la categoria di sottosuolo di **tipo C** (*Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s*), così come definita dalle *Norme Tecniche per le Costruzioni* di cui al Decreto del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti del 17 gennaio 2018.

Considerato che il sito oggetto di indagine si trova in un'area sostanzialmente pianeggiante al sito compete la categoria topografica **T1** (*Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$*) così come definita dalle *Norme Tecniche per le Costruzioni* di cui al Decreto del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti del 17 gennaio 2018.

La verifica a liquefazione viene omessa in quanto le litologie in esame non rientrano fra quelle sensibili al fenomeno, come indicato nella *Relazione geologica– interventi di valorizzazione e musealizzazione del Fondo Cossar progetto esecutivo – primo stralcio*.

Sarà compito della Committenza e della Direzione Lavori informare lo scrivente dell'inizio lavori per la verifica, nel corso degli scavi, del modello geologico proposto e di eventuali situazioni anomale che si dovessero presentare, al fine di indicare provvedimenti, non definibili in fase progettuale, volti ad un'ottimale esecuzione dell'opera o relativi alla profondità di posa delle fondazioni.

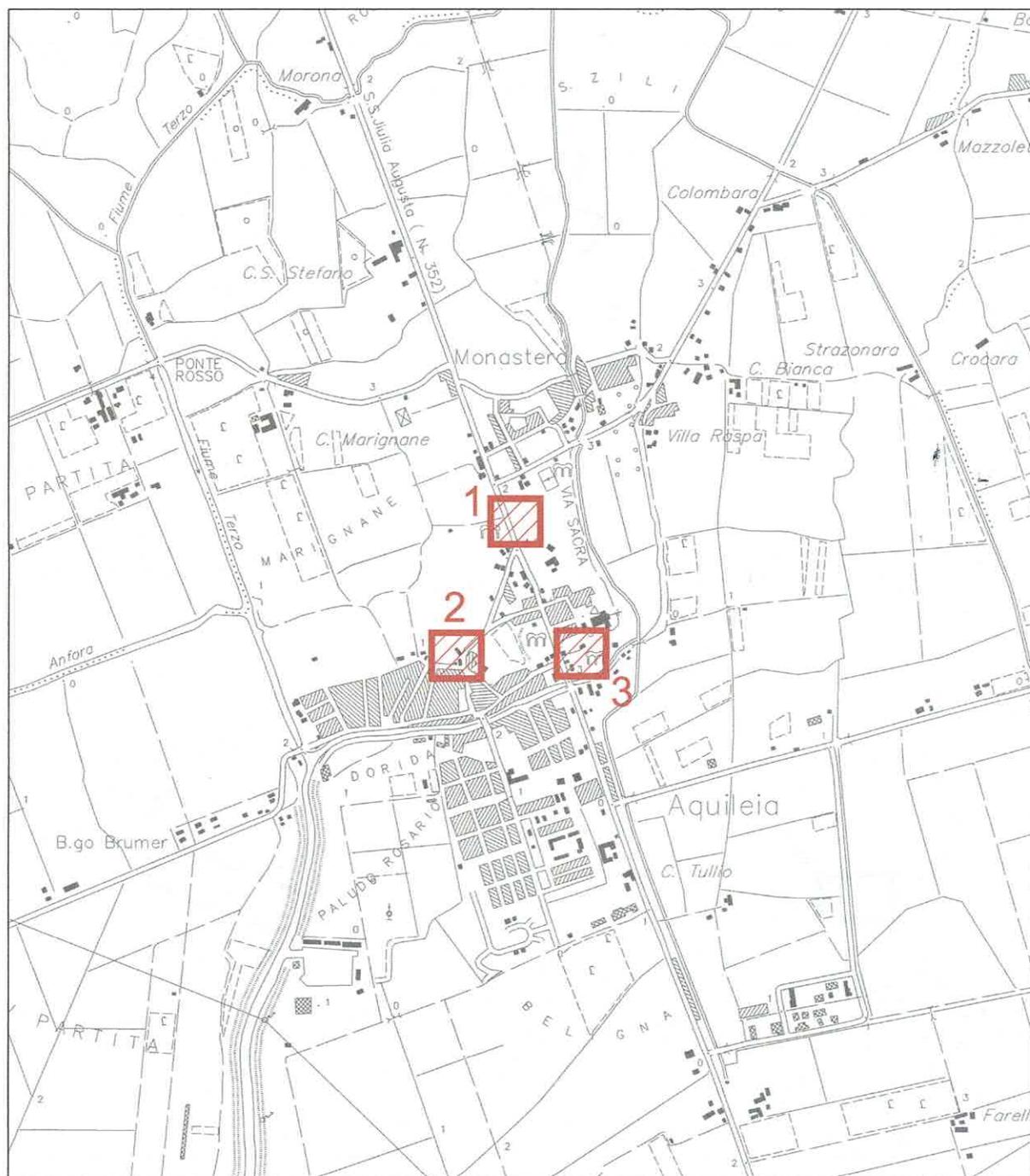
Sulla base di quanto acquisito in fase di indagine l'intervento di progetto risulta compatibile con le caratteristiche geologiche dei siti.

dott. **geol. Paolo Marsich**
 dott. geol.
PAOLO MARSICH
 Iscr. Albo
 n. 299



UBICAZIONE DELLE AREE D'INDAGINE

Estratto da C.T.R.-Scala 1:25000



LEGENDA



Aree d'indagine



UBICAZIONE DELLE AREE D'INDAGINE

Estratto da C.T.R.-Scala 1:5000



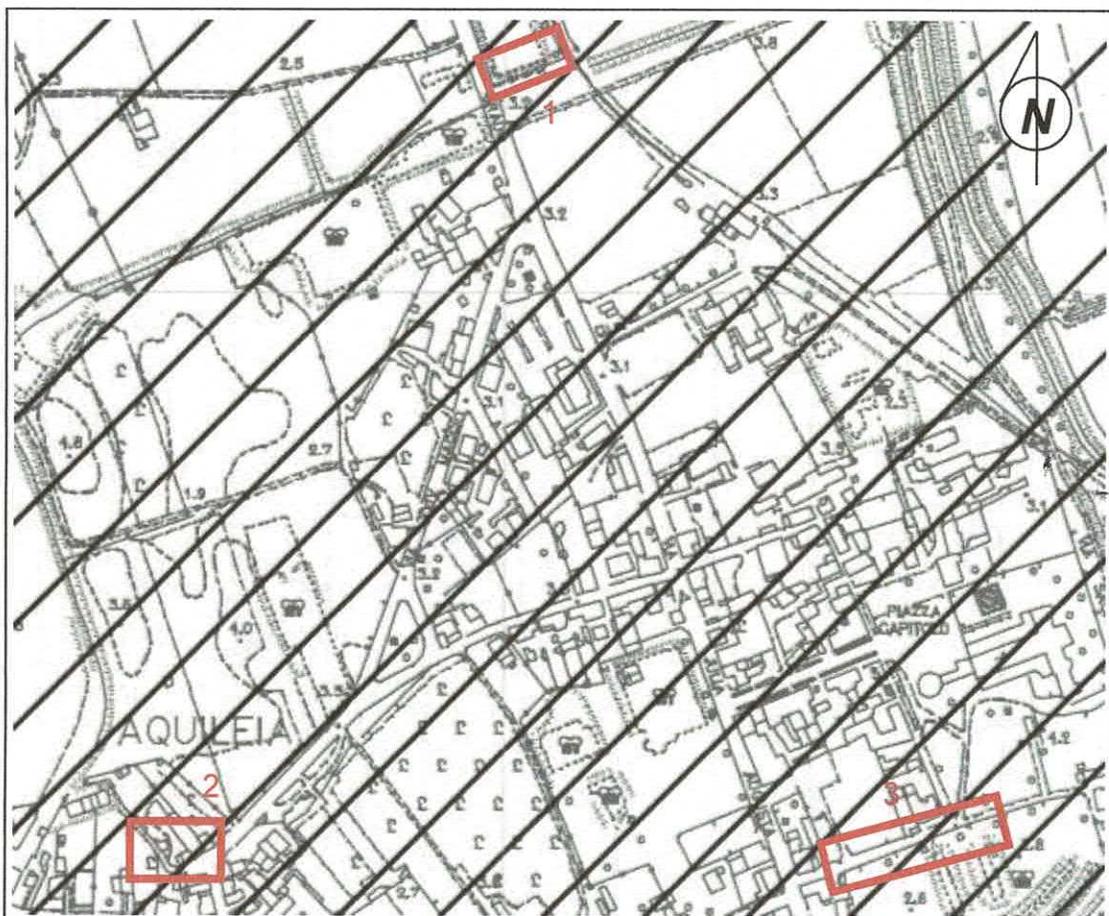
LEGENDA

- 1  Aree d'indagine



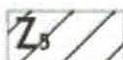
CARTA DELLA ZONIZZAZIONE GEOLOGICO-TECNICA (2008)

Variante Generale al Piano Regolatore del Comune di Aquileia
Scala 1:5000



LEGENDA

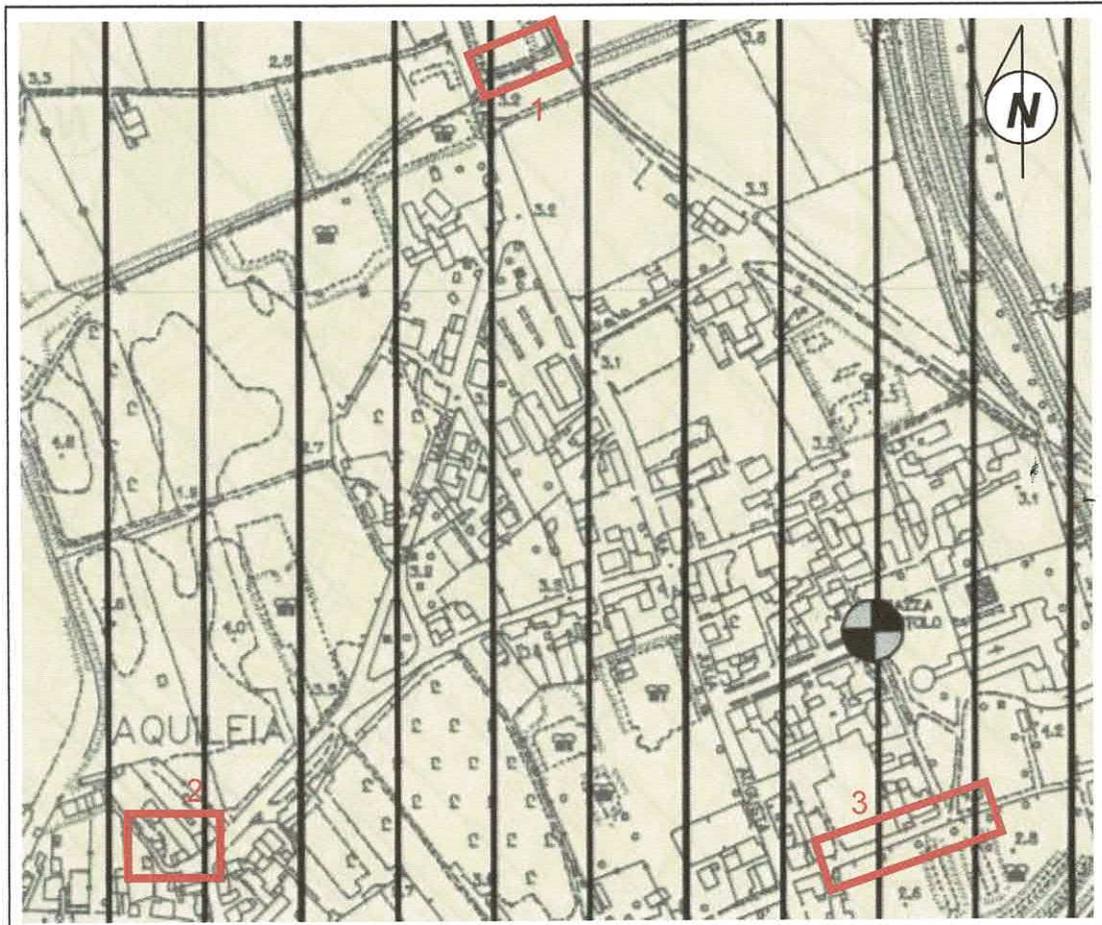
 1 Ubicazione delle aree di intervento



Termini fini prevalenti, si presentano poco consistenti, a comportamento fluido plastico; si evidenzia un miglioramento delle caratteristiche geotecniche con la profondità per la maggiore presenza di frazioni più grossolane.
Sedimenti a SCADENTI CARATTERISTICHE GEOTECNICHE

CARTA GEOLOGICA FORMAZIONALE, LITOLOGICA E DEI PUNTI DI INDAGINE (2008)

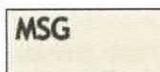
*Variante Generale al Piano Regolatore del Comune di Aquileia
Scala 1:5000*



LEGENDA



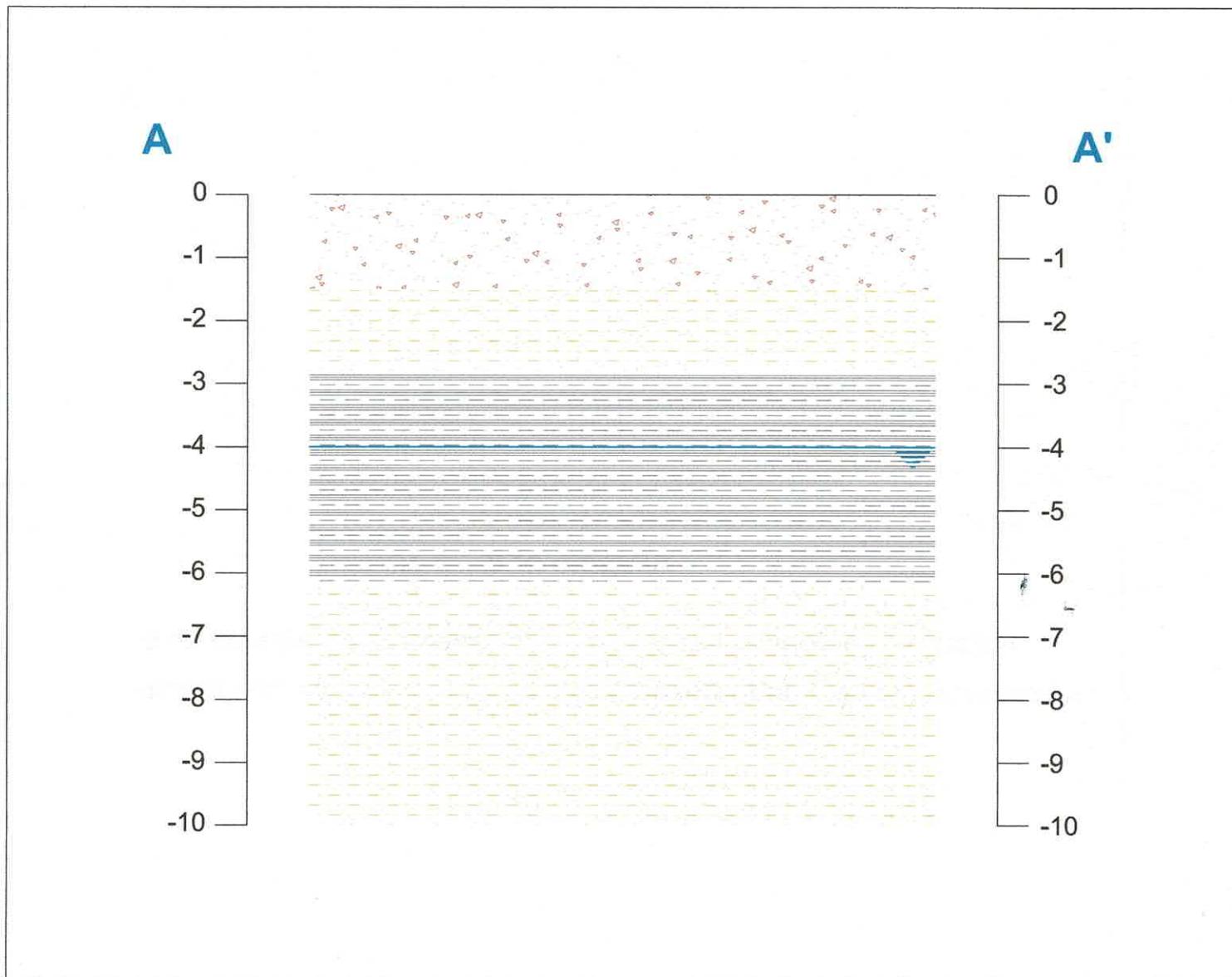
1 Ubicazione delle aree di intervento



Sedimenti prevalentemente limoso-argillosi con sabbie e ghiaie

SEZIONE GEOLOGICA TIPO A-A'

Scala 1:100



LEGENDA



Riporti



Sabbia e limo



Argilla e limo



Livello della falda idrica

Allegato n° 6

Relazione geologica: integrazioni – interventi di valorizzazione e musealizzazione del Fondo Cossar progetto esecutivo – primo stralcio



FONDAZIONE AQUILEIA

INTERVENTI DI VALORIZZAZIONE E MUSEALIZZAZIONE DEL FONDO COSSAR
PROGETTO ESECUTIVO – PRIMO STRALCIO

2.1 RELAZIONE GEOLOGICA: INTEGRAZIONI

Gruppo di progettazione: Eugenio Vassallo (capogruppo), Pierluigi Grandinetti (coordinamento), Sandro Pittini, Massimiliano Valle, Marino Del Piccolo, Daniele Mucin (sicurezza), Dario Cazzaro, Piera Puntel. Consulenti: Michela Cafazzo (aspetti storico-architettonici), Alberto Candolini (vegetazione), Maurizia De Min (archeologia), Sara Di Resta (interventi di conservazione), Stefano Massarino (impianti elettrici), Federico Mondini (impianti termoidraulici), Massimo Valent (geologia). Collaboratori: Stefano Arnoldo, Michela-Bosco, Martha Cantù Toscano, Pierpaolo Cedaro, Alice Contardo, Giorgio Danesi, Andrea Marchioli.



1. DATI GENERALI

REGIONE	FRIULI-VENEZIA GIULIA
PROVINCIA	UDINE
COMUNE	AQUILEIA
LOCALITA'	FONDO COSSAR
PROGETTO	INTERVENTI DI VALORIZZAZIONE FONDO COSSAR
PROGETTISTA STRUTTURE	ING. MARINO DEL PICCOLO - UDINE
COMMITTENTE	FONDAZIONE AQUILEIA
CONTENUTI	INTEGRAZIONI VALIDAZIONE PROGETTO ESECUTIVO
DATA	2015

2. RIFERIMENTI NORMATIVI

- **D.M. LL.PP. del 14/02/1992.**

Norme tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche.

-

- **Circolare Ministero LL.PP. 10 Aprile 1997 N. 65/AA.GG.**

Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche di cui al D.M. 16 Gennaio 1996

Con particolare riferimento a:

- **D.M. 11/3/88;** Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.
- **Nuove norme tecniche per le costruzioni - D.M. 14/01/2008**
- **Circolare 2 febbraio 2009 n°617/C.S.LL.PP.**

3. PREMESSA

Su incarico della Fondazione Aquileia, ed in risposta alla richiesta di integrazioni relativa alla validazione del Progetto esecutivo, codice elaborato 2, si procede qui di seguito a fornire quanto richiesto.

La richiesta di integrazioni riguarda quanto di seguito riportato:

- A. *pag. 38 Tabella Orizzonte 3: mancano i dati coefficienti di attrito interno e $D_r\%$;*
- B. *Manca una indagine sismica V30 specifica come da normativa D.M. 14 Gennaio 2008 (D.M. 4/2/08);*
- C. *Non si rilevano indicazioni in merito all'allontanamento dell'acqua di falda in sede di scavo e posa dei micropali e fondazioni."*

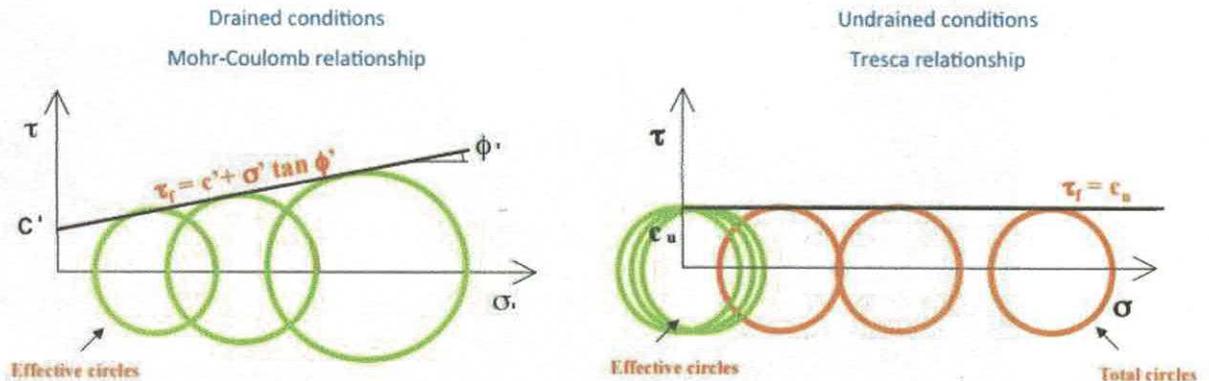
4. INTEGRAZIONI

4.1 RISPOSTA PUNTO A

L'orizzonte 3 risulta costituito, come già descritto, da materiali a grana fine di natura limo sabbiosi con argilla. Dal punto di vista geotecnico e sulla base delle caratteristiche rilevate nel corso dell'esecuzione dei sondaggi geognostici e delle prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test), si è deciso di caratterizzare tale materiale in condizioni NON DRENATA.

L'orizzonte 3 si trova in condizioni perennemente sature. Questo significa che un incremento della tensione radiale σ_r si trasferisce completamente sulla fase liquida presente nel terreno mantenendo inalterate le tensioni efficaci del provino; per questo motivo rimangono immutate le condizioni di rottura.

Se per rappresentare tale comportamento si dovesse far riferimento ad una prova di resistenza al taglio in termini di tensioni efficaci, allora si otterrebbe un unico cerchio di Mohr rappresentativo di tutte le condizioni di rottura, come indicato nella figura qui di seguito.



In termini di tensioni totali la condizione di rottura del terreno può quindi essere espressa dalla relazione:

$$\sigma_r = c_u \text{ con } \phi_u = 0 - \text{Ovvero } \phi = 0$$

con c_u = COESIONE NON DRENATA

e questa condizione rappresenta il CRITERIO DI ROTTURA DI MOHR-COULOMB.

Per tale motivo si ritiene di aver correttamente caratterizzato la resistenza al taglio dell'orizzonte 3, esprimendola in termini non efficaci, ovvero con il solo valore di c_u .

Parimenti, per quanto attiene ai materiali a comportamento prevalentemente coesivo, non si usa impiegare il termine di densità relativa. Per i materiali di tipo coesivo non si adopera il termine di densità relativa, utile invece per definire i materiali granulari a comportamento prevalentemente attritivo. Per tale motivo l'orizzonte 3 è stato definito in termini di consistenza e non di addensamento.

4.2 RISPOSTA PUNTO B

Qui di seguito si riportano le risultanze dell'indagine geofisica eseguita specificatamente in sito che conferma la caratterizzazione sismica del suolo di fondazione già riportata nella relazione geologica del progetto esecutivo.



Esecuzione indagine sismica MASW e HVSR

Risultati indagine HVSR

Località: Aquileia (UD). HVSR01

Coordinate: Lat. 45°46'16.82"N - Long. 13°22'11.58"E

Strumento: Geofono Triassiale GEMINI-2.

Inizio registrazione: 23/10/2015. Ore 08:04 (UTC).

Durata registrazione: 30'.

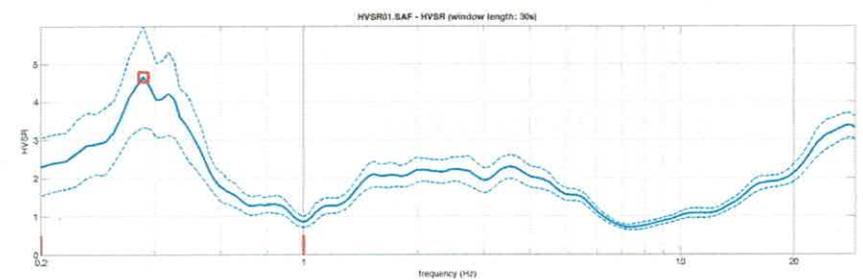
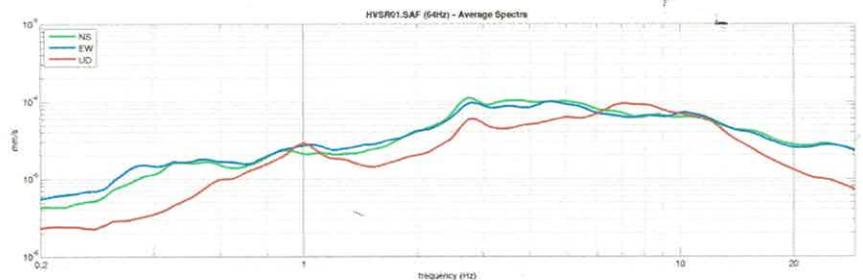
Frequenza campionamento: 200 Hz; ricampionamento: 64 Hz.

Note: Tempo soleggiato, vento. Prato.

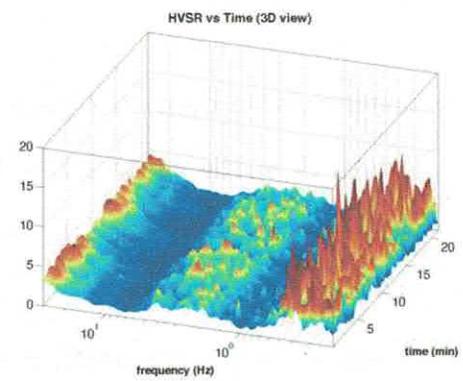
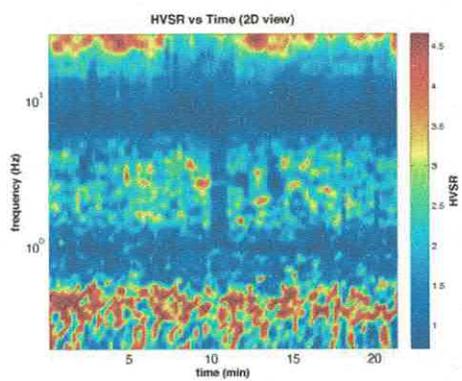
Lunghezza finestre: 30". Tipo di lisciamento: Triangolare. Lisciamento: 10%.

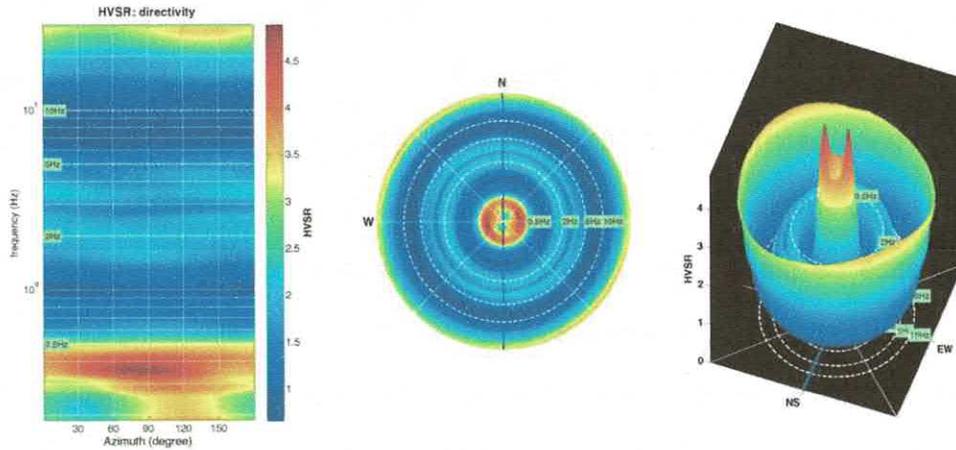
Classificazione misura HVSR: Classe A1.

The screenshot shows the software interface for HVSR analysis. It includes several sections: 'step0 - HV computation' with parameters for window length (30), tapering (0), outer tolerance threshold (11), and rejection criterion (95%); 'step0 - deconvolution analysis' with a frequency to highlight set at 8.22; and 'step1 - picking HV curves' with options for picking HV curves and saving picked HV. There are also buttons for 'show data', 'reset', 'show location', and 'load curves'.



To make the HVSR curve for a specific direction, use the 'HV' curve, pick the 'Velocity Spectra', 'Modeling & Picking' panels and upload the selected curve.





=====

In the following the results considering the data in the 0.5–10.0Hz frequency range
f₀

Peak frequency (Hz): 0.4 (±0.1)

Peak HVSR value: 4.7 (±1.1)

=== Criteria for a reliable H/V curve =====

#1. [f₀ > 10/Lw]: 0.375 > 0.33333 (OK)

#2. [n_c > 200]: 968 > 200 (OK)

#3. [f₀>0.5Hz; sigmaA(f) < 3 for 0.5f₀ < f < 2f₀] (OK)

=== Criteria for a clear H/V peak (at least 5 should be fulfilled) =====

#1. [exists f₋ in the range [f₀/4, f₀] | AH/V(f₋) < A₀/2]: yes, at frequency 0.2 Hz (OK)

#2. [exists f₊ in the range [f₀, 4f₀] | AH/V(f₊) < A₀/2]: yes, at frequency 0.67 Hz (OK)

#3. [A₀ > 2]: 4.7 > 2 (OK)

#4. [f_{peak}[Ah/v(f) ± sigmaA(f)] = f₀ ± 5%]: (OK)

#5. [sigmaf < epsilon(f0)]: 0.074 < 0.075 (OK)

#6. [sigmaA(f0) < theta(f0)]: 1.327 < 2.50 (OK)

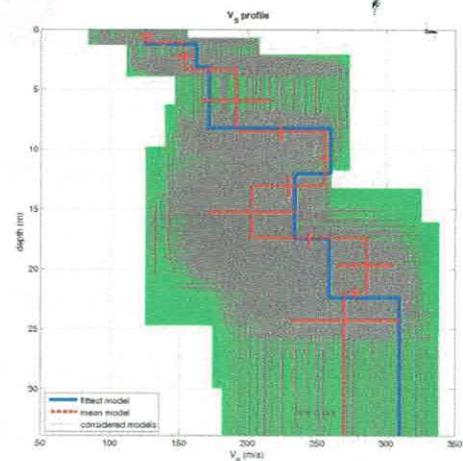
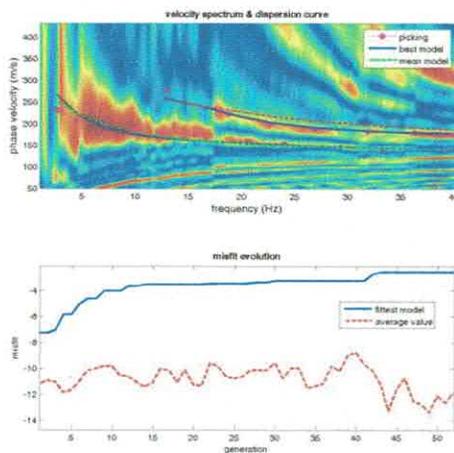
Risultati indagine MASW

Località: Aquileia (UD). MASW01

Date: 24 10 2015

Time: 15 45

Dataset: MASW01-THF.mat

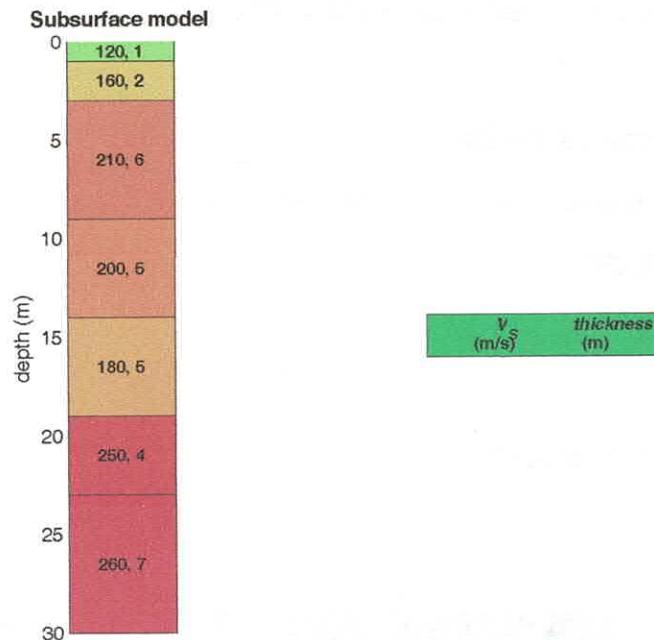


www.winmasw.com

dataset: MASW01-THF.mat
 dispersion curve: Pick 2.cdp
 Vs30 (best model): 226 m/s
 Vs30 (mean model): 222 m/s

Layer	VS (m/s)	VS30 (m/s)	Thickness (m)
1	124	1.4	1
2	190	3.29	2
3	210	3.26	4
4	230	3.4	4
5	164	3.57	1
6	200	3.40	4
7	200	3.40	1
8	1	1.2	1

Mean model



Vs (m/s): 126, 154, 192, 256, 203, 286, 270

Standard deviations (m/s): 5, 8, 25, 4, 31, 20, 39

Thickness (m): 1.1, 2.2, 5.2, 4.6, 4.3, 4.6

Standard deviations (m/s): 0.2, 0.3, 0.6, 0.8, 0.6, 0.5

Density (gr/cm³) (approximate values): 1.65 1.70 1.75 1.82 1.76 1.85 1.83

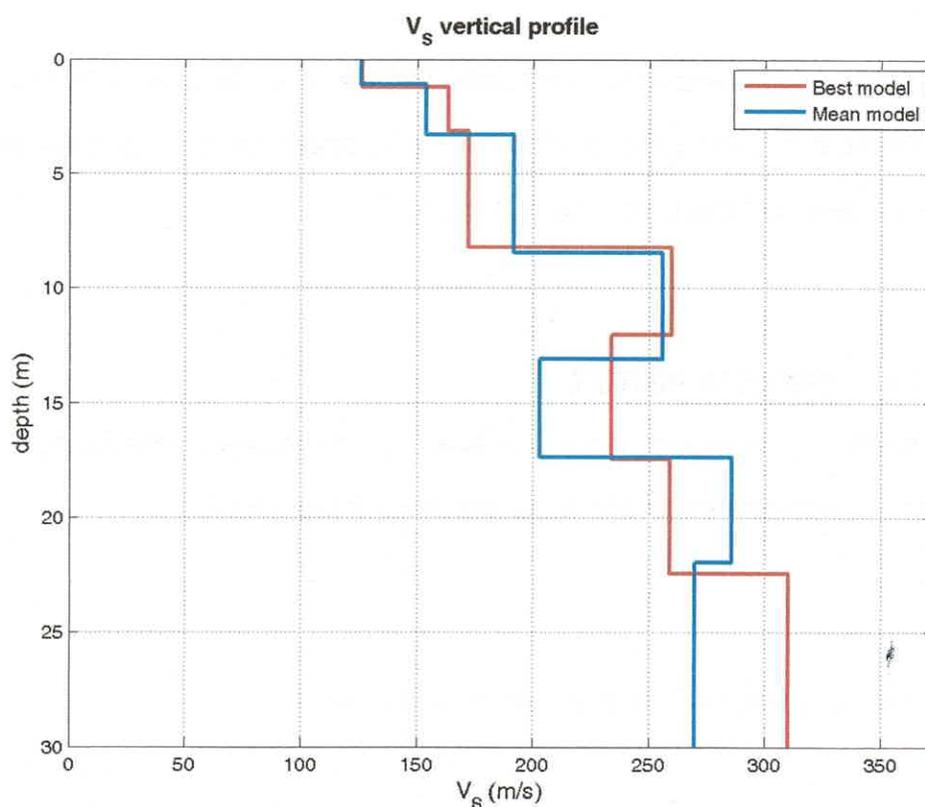
Seismic/Dynamic Shear modulus (MPa) (approximate values): 26 40 65 119 73 151 134

Estimated static shear modulus (MPa) (approximate values): 0 0 0 0 0 0 0

Analyzing Phase velocities

Considered dispersion curve: Pick 2.cdp

Analysis: Love Waves



Vs30 (m/s): 222

Dalla normativa (modifiche del D.M. 14/09/2005 Norme Tecniche per le Costruzioni, emanate con D.M. Infrastrutture del 14/01/2008, pubblicato su Gazzetta Ufficiale Supplemento ordinario n° 29 del 04/02/2008), si conferma pertanto quanto già riportato nella relazione geologica che accompagna il progetto esecutivo, in cui il suolo di fondazione è già stato definito in categoria C:

C - *Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti, con spessori superiori a 30 m caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del VS30 compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < NSPT30 < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < cu30 < 250$ kPa nei terreni a grana fina).*

Pertanto non essendosi verificato un vero e proprio collasso, ma una progressiva deformazione della pendice, si riconosce la presenza di un cinematismo prevalentemente nel campo delle deformazioni visco-plastiche.

4.1 RISPOSTA PUNTO C

In merito ai chiarimenti riferiti al punto C, si rimanda a quanto riportato dal Progettista in altro elaborato nell'ambito della presente integrazione.

Si rimane a disposizione per eventuali chiarimenti.

Cordiali Saluti

REGIONE AUTONOMA
FRIULI VENEZIA GIULIA
SERVIZIO EDILIZIA
UDINE

000485 -4 MAR 21

DPR 380/2001 DEPOSITATO
L.R. 16/2009

Massimo Valent GEOLOGO

