

FONDAZIONE AQUILEIA

Direzione e Uffici: Via Giulia Augusta 2/a

Sede Legale: Via Patriarca Popone 7

Email: protocollo@fondazioneaquileia.it

fondazione@pec.fondazioneaquileia.it

P.IVA 02696510300

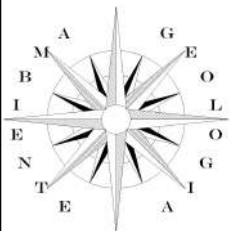
C.F. 90017120305



OPERE DI COMPLETAMENTO DEL 'CANTIERE PILOTA' E DEL SISTEMA DI DRENAGGIO ESISTENTE ed OPERE DI RESTAURO

04-RGI – RELAZIONE GEOLOGICA/IDROGEOLOGICA

Dott. Geologo Federico Pizzin



Studio di geologia Federico Pizzin

Progetto: Analisi della situazione idrogeologica e geologica del complesso archeologico del Foro Romano di Aquileia

Comune: Aquileia - Provincia di Udine

Committente: FONDAZIONE AQUILEIA

RELAZIONE GEOLOGICA-IDROGEOLOGICA

Ronchi dei Legionari, 7 agosto 2021

dott. geologo Federico Pizzin



1. - NORMATIVA DI RIFERIMENTO

La presente relazione viene redatta ai sensi della seguente normativa tecnico-costruttiva e geologico-sismica:

- **L.R. 11 agosto 2009, n. 16** "Norme per la costruzione in zona sismica e per la tutela fisica del territorio";
- **Deliberazione della Giunta regionale 6 maggio 2010, n. 845 (L.R. 16/2009, art.3, comma 2, lettera A) - Classificazione delle zone sismiche e indicazione delle aree di alta e bassa sismicità;**
- Decreto del Presidente della Regione 27 luglio 2011 n. 0176/Pres. **“Regolamento di attuazione dell’art. 3, comma 3, lettere a) e c) della L.R. 16/2009”** (Norme per la costruzione in zona sismica e per la tutela fisica del territorio);
- **Norme tecniche per le costruzioni D.M. 17.01.2018 (G.U. n. 42 del 20.02.2018 suppl. ord. n. 8);**
- **prescrizioni** previste dall’indagine geologica al **Piano Regolatore Comunale;**
- Norme del **Progetto di Piano Stralcio per l’Assetto Idrogeologico dei Bacini di Interesse Regionale (PAIR).**

2. – DATI GENERALI E DESCRIZIONE DELLO STUDIO

La presente relazione geologica-idrogeologica è stata predisposta nel mese di agosto del 2021 ed è relativa allo “*Studio della situazione geologica – idrogeologica del complesso archeologico del Foro Romano in Aquileia*”.

Assieme ai progettisti ed ai tecnici delle imprese esecutrici degli attuali interventi in loco sono state affrontate le problematiche idrogeologiche collegate all’operatività del cantiere.

In particolare lo studio serve a capire la dinamica dell’”acqua” sia superficiale (meteorica) che sotterranea (falda legata anche ai fattori infiltrazione e marea).

L’area in progetto si trova nel Comune di Aquileia, all’incrocio tra la Strada Statale n. 352 di Grado e la via Gemina.

La quota dell’incrocio stimata dalla C.T.R. è di 2,5 metri s.l.m.m., mentre la strada all’altezza dell’entrata nell’area dalla Strada Statale è di 3,2 metri s.l.m.m..

Questo secondo punto è stato battuto dal rilievo e preso come misura di riferimento del nostro rilievo.

2.1. – Descrizione della metodologia di indagini eseguite

Preventivamente all’indagine in campo è stato seguito il presente iter di analisi:

1. analisi e raccolta dei dati geologici generali della zona utilizzando i dati riportati dalle carte geologiche del Servizio Geologico Regionale e del PRGC;
2. valutazione delle stratigrafie dei pozzi n. 0050035 e 0050010 del Catasto Regionale Pozzi, riportati nell’indagine geologica del Piano Regolatore;
3. esecuzione di un sondaggio penetrometrico dinamico all’interno del sito (su precisa indicazione del punto ricevuta), al fine di individuare la stratigrafia puntuale dell’area e le proprietà geotecniche dei terreni intercettati;

4. esecuzione di otto prove di sismica passiva a stazione singola, con determinazione della V_s e della stratigrafia sismica mediante elaborazione della TR11;
5. sono stati consultati il Database of Individual Seismogenic Sources (DISS) vers. 3.2.1. dell'INGV ed il Catalogo Italiano delle Faglie Capaci ITHACA dell'ISPRA;
6. analisi del Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico dei Bacini di Interesse Regionale (PAIR).

I parametri geotecnici di riferimento sono desunti, oltre che dall'ampia letteratura disponibile, dall'indagine penetrometrica eseguita e quella analizzata e dai pozzi analizzati e descritti in seguito.

3. - INQUADRAMENTO GEOLOGICO E TETTONICO GENERALE

Il territorio del Comune di Aquileia fa da coronamento alla laguna di Grado, comprende ristrette fasce lagunari alla destra idrografica del Fiume Natissa; alla destra idrografica il territorio è utilizzato esclusivamente a scopi agricoli.

L'agro aquileiese rientra nel contesto della Bassa Pianura Veneto – Friulana; questa è ricoperta da una coltre di depositi terziari e quaternari di natura prevalentemente clastica con uno spessore totale di circa 500 – 1.000 m (nell'area aquileiese lo spessore è di circa 300 m). Alla base della sequenza troviamo le formazioni flyschoidi eoceniche ed oligoceni che ricoprono la piattaforma carbonatica Friulana.

Durante la fase tettonica estensionale del tardo Liassico si ebbe la frammentazione in blocchi della piattaforma carbonatica, con lo sprofondamento di alcune aree e la creazione di zone di mare poco profondo molto fragili e deformabili, che hanno influenzato la successiva sedimentazione. Nel Cretacico ci fu l'emersione di alcune aree di piattaforma, dovuta alla compressione tra la placca Adriatica e quella Europea. Nel Miocene la dorsale di Cesarolo (Cretacica) fu raggiunta dalla trasgressione marina, formando dei depositi epicontinentali che ricoprono i termini più antichi dell'intera regione. Nel Miocene superiore una fase marina regressiva portò ad un abbassamento del livello del Mediterraneo di più di un chilometro, con il conseguente riassetto della rete idrografica ed il rimodellamento della superficie emersa. Nel Pliocene si ebbe nuovamente un abbassamento del livello medio mare, con la deposizione della successione quaternaria (argilla con intercalazioni sabbiose e raramente ghiaiose. Il substrato quaternario si approfondisce ad Est ed affiora ad Est di Monfalcone.

I depositi quaternari sono composti dall'alternanza di una serie basale marina e orizzonti continentali (sempre più frequenti verso l'alto), spesso intercalati da livelli di torba. Alcuni livelli marini si riconoscono a profondità comprese tra i 30 e 50 metri dal piano campagna indicano l'ultimo periodo interglaciale Riss – Wurm. Successivamente alla glaciazione wurmiana il livello marino si abbassa di un centinaio di metri, con la conseguente instaurazione di un regime sedimentario continentale; con la fine della

glaciazione si innalza nuovamente il livello marino, fino alla stabilizzazione ed alla formazione della laguna di Grado e Marano.

I corpi sedimentari fluviali presentano una tipica morfologia a ventaglio, poco distinguibile per i gradienti topografici ridotti e molto estesi. Questi sistemi sedimentari si dicono “megaconoidi” o “megafan”. Il megaconoide principale è quello che deriva dall’azione combinata dei Fiumi Isonzo e Torre, infatti i depositi dei due corsi d’acqua sono mal distinguibili l’una dall’altro.

Il territorio comunale si divide in due zone: una dominata dalla formazione quaternaria costituita da terreni spesso organici sovrastanti depositi fluviali e di fondo lagunare (zona perilagunare di bonifica, granulometrie fini, occupa tutta la fascia occidentale del territorio comunale, copertura limo argillosa localmente ferrettizzata con al di sotto alternanze di livello limo argillosi e sabbiosi con resti algali, tipici del fondo lagunare) e formazione quaternaria di depositi di natura prevalentemente calcareo – dolomitica sul resto del territorio comunale (sinistra del Fiume Natissa; da sabbie grossolane alle ghiaie fini alle argille).

4. – INQUADRAMENTO MORFOLOGICO ED IDROGEOLOGICO GENERALE

Il Comune presenta una morfologia uniformemente piatta con ridottissime pendenze da Nord a Sud; le quote medie dell'area comunale vanno da un minimo di -2,0 ad un massimo di 10 metri s.l.m.m.. Le aree dell'abitato con le quote più alte del piano campagna sono una causa delle diverse rifondazioni della città ripetutamente distrutta.

Come già anticipato la piana aquileiese appartiene al megaconoide formato dai fiumi Isonzo e Torre; quest'unità geomorfologica è caratterizzata da un ridotto gradiente topografico, da differenziazioni trasversali e longitudinali e dal ripetersi di eventi deposizionali sovrapposti nel tempo. Gli apporti sedimentari dell'Isonzo sono precedenti a quelli del Torre, è difficile distinguere i sedimenti dell'uno e dell'altro. Quindi il nucleo primario di sedimenti ha origine isontina.

Un dosso fluviale è riconoscibile in corrispondenza del fiume Natissa; questo appartiene ad una dorsale che si sviluppa per una lunghezza di circa 3 km in direzione N-S e che si interrompe prima della foce del Natissa.

Le maggiori evidenze di tracce di paleoalvei e di canali sepolti si hanno in destra idrografica del Natissa, ove la rete idrografica sepolta è piuttosto complessa.

Quasi tutto il territorio comunale è stato sottoposto ad opere di bonifica (sin dall'età del Bronzo), ad eccezione del lembo estremo settentrionale e nell'area in cui sorge il nucleo di Aquileia. Alcune delle zone bonificate attualmente si trovano in depressione assoluta, con quote anche inferiori a quelle dei fondali lagunari vicini, a causa di fenomeni di subsidenza dovuti alle opere di bonifica stesse. Un altro intervento antropico molto influente riguarda le strutture arginali di difesa dall'ingressione delle acque marine e da quelle del fiume Natissa.

Per quanto riguarda la rete idrografica superficiale, questa si compone di fiumi di risorgiva con direzione di deflusso prevalente da N a S, con una portata quasi costante durante l'anno e con variazioni stagionali leggere e appena sfasate rispetto alle variazioni climatiche ed alle piogge. Inoltre non svolgono un'azione morfogenetica incisiva e non dispongono di grossi apporti di materiale sedimentario.

Il territorio è interessato solamente dal bacino del Fiume Natissa, che si suddivide in cinque sottobacini a scolo meccanico: IV Partita (Bonifica Aquileiese IV Partita a Sud dell'Argine di Maria Teresa), Marignano, Morsano, Padovano e Viola. I collettori principali dei sottobacini sono il Canale Anfora, il Canale Panigai, il Canale Padovano ed il Canale Primario.

Idrogeologicamente Aquileia rientra in una delle sette province idrogeologiche nelle quali è suddivisa la Pianura friulana. Questa "provincia idrogeologica" è alimentata dall'Alta Pianura centro – orientale, e quindi dal sistema fluviale Torre – Isonzo – Natisone, acque che presentano un chimismo con un alto rapporto Ca/Mg; meno influente è l'apporto del deflusso sotterraneo del Tagliamento. Il bacino è composto da un'idrostruttura data da acquiferi a diverse profondità: una lama d'acqua più superficiale e acquiferi confinati o semiconfinati più in profondità. In totale sono stati individuati 11 sistemi acquiferi: A e B i più superficiali, attualmente più sfruttati nel civile e nell'industria (con la maggior capacità di ricarica, ma anche più vulnerabili), C di tipo intermedio (meno vulnerabili e a ricarica più lenta), D come possibile riserva idrica strategica e da E ad M acquiferi geotermici.

5. – DESCRIZIONE DEI VINCOLI GEOLOGICI ED IDROGEOLOGICI RIFERITI AL SITO IN ESAME

1. Dalla “**Carta geologica, formazionale, litologica e dei punti di indagine**” allegata all’indagine geologica del Piano Regolatore, l’area di progetto ricade prevalentemente in zona MSG, ossia **sedimenti prevalentemente limoso-argillosi con sabbie e ghiaie**, appartenenti ai depositi alluvionali di natura prevalentemente calcareo-dolomitica (Oleocene – Attuale). Una piccola parte (verso via Gemina a nord) ricade in zona MS, ossia sedimenti prevalentemente limoso-argillosi con sabbie.
2. Dalla “**Carta della rete idrografica e dei bacini a scolo naturale meccanico**” dell’indagine geologica allegata al PRGC, l’area rientra nel bacino idrografico del Fiume Natissa. Si specifica inoltre che Aquileia è situata al di sotto della linea delle risorgive e, come verificato dal sottoscritto in vari punti di Aquileia, tra i quali anche l’area del foro **la falda arriva a quote massime prossime al piano campagna**
3. Dalla “**Carta della zonizzazione geotecnica**” dell’indagine geologica allegata al PRGC, l’area ricade per la maggior parte in zona Z5, caratterizzata da 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.
4. L’area **ricade in zona di moderata pericolosità idraulica (P2)** del P.A.I.R. (Piano Stralcio per l’Assetto Idrogeologico dei bacini di Interesse Regionale).
5. L’area **non ricade in zona di vincolo idrogeologico**.

6. – DEFINIZIONE DEL MODELLO GEOLOGICO-SISMICO DELL'AREA

6.1. – Inquadramento normativo

La presente relazione segue le direttive dettate dalle NTC 2018, le quali disciplinano la progettazione e la verifica delle opere e dei sistemi geotecnici soggetti ad azioni sismiche, nonché i requisiti che devono essere soddisfatti dai siti di costruzione e dai terreni interagenti con le opere in presenza di tali azioni. Inoltre le opere ed i sistemi geotecnici devono soddisfare le prescrizioni contenute nel Capitolo 6 delle NTC 2018, relative alle combinazioni di carico non sismico.

Sotto l'effetto dell'azione sismica di progetto le opere ed i sistemi geotecnici devono rispettare gli stati limite ultimi e di esercizio ed i requisiti di sicurezza indicati nelle NTC 2018. Le verifiche agli stati ultimi di opere e sistemi geotecnici si riferiscono al solo stato limite di salvaguardia della vita (SLV); quelle agli stati limite di esercizio si riferiscono al solo stato limite di danno (SLD).

Per quanto riguarda le indagini geotecniche, queste devono essere predisposte dal progettista in presenza di un quadro geologico adeguatamente definito, che comprenda i principali caratteri tettonici e litologici, nonché l'eventuale preesistenza di fenomeni di instabilità del territorio. Le indagini devono comprendere l'accertamento degli elementi che, unitamente agli effetti topografici, influenzano la propagazione delle onde sismiche, quali le condizioni stratigrafiche e la presenza di un substrato rigido o di una formazione ad esso assimilabile.

La caratterizzazione fisico-meccanica dei terreni e la scelta dei più appropriati mezzi e procedure d'indagine devono essere effettuate tenendo conto della tipologia del sistema geotecnico e del metodo di analisi adottato nelle verifiche. Nella caratterizzazione geotecnica è necessario valutare la dipendenza della rigidità e dello smorzamento dal livello deformativo.

Nell'analisi di stabilità in condizioni post-sismiche si deve tener conto della riduzione di resistenza al taglio indotta dal decadimento delle caratteristiche di resistenza

per degradazione dei terreni e dall'eventuale accumulo di pressioni interstiziali che può verificarsi nei terreni saturi.

Il moto generato da un terremoto in un sito dipende dalle particolari condizioni locali, cioè dalle caratteristiche topografiche e stratigrafiche del sottosuolo e dalle proprietà fisiche e meccaniche dei terreni e degli ammassi rocciosi di cui è costituito. Alla scala della singola opera o del singolo sistema geotecnico, l'analisi della risposta sismica locale consente quindi di definire le modifiche che il segnale sismico di ingresso subisce, a causa dei suddetti fattori locali. Le analisi di risposta sismica locale richiedono un'adeguata conoscenza delle proprietà geotecniche dei terreni, da determinare mediante specifiche indagini e prove.

In condizioni stratigrafiche e morfologiche schematizzabili con un modello monodimensionale e per profili stratigrafici riconducibili alle categorie di cui alla tab. 3.2.II delle NTC 2018 (riportata di seguito), il moto sismico alla superficie di un sito è definibile mediante l'accelerazione massima (a_{max}) attesa in superficie ed una forma spettrale ancorata ad essa. Il valore di a_{max} può essere ricavato dalla relazione $a_{max}=S_S*a_g$, dove a_g è l'accelerazione massima su sito di riferimento rigido e S_S è il coefficiente di amplificazione stratigrafica.

Per le condizioni topografiche si fa riferimento alla tabella 3.2.III delle NTC 2018 (riportata in seguito). La valutazione dell'amplificazione topografica può essere effettuata utilizzando il coefficiente di amplificazione topografica S_T , il quale deve essere applicato nel caso di configurazioni geometriche prevalentemente bidimensionali, creste o dorsali allungate, di altezza superiore a 30 m. Gli effetti topografici possono essere trascurati per pendii con inclinazione media inferiore a 15° , altrimenti si applicano i criteri indicati nel cap. 3.2.2. delle NTC 2018.

Infine il sito presso il quale è ubicato il manufatto deve essere stabile nei confronti della liquefazione, intendendo con tale termine quei fenomeni associati alla perdita di resistenza al taglio o ad accumulo di deformazioni plastiche in terreni saturi, prevalentemente sabbiosi, sollecitati da azioni cicliche e dinamiche che agiscono in condizioni non drenate. Se il terreno risulta suscettibile di liquefazione e gli effetti conseguenti appaiono tali da influire sulle condizioni di stabilità di pendii o manufatti,

occorre procedere ad interventi di consolidamento del terreno e/o trasferire il carico a strati di terreno non suscettibili di liquefazione. In assenza di interventi di miglioramento del terreno, l'impiego di fondazioni profonde richiede comunque la valutazione della riduzione della capacità portante e degli incrementi delle sollecitazioni indotti nei pali.

6.1.1. – Inquadramento sismico generale

L'intera area Veneto Orientale Friulana è legata all'interazione Adria-Europa, infatti questo è il settore dove si osserva la massima convergenza tra le placche Adriatica ed Europea, tramite una serie di strutture a pieghe sud-vergenti del Sudalpino orientale e faglie inverse associate, assieme ad un sistema di faglie trascorrenti destre con direzione NW-SE (trend dinarico) ad Est del confine friulano.

Con riferimento alla mappa interattiva del Database of Individual Seismogenic Sources (DISS 3.2.1) dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia si riporta negli allegati finali il quadro delle sorgenti sismogenetiche di un intervallo significativo che comprende il territorio del Comune oggetto d'interesse. **Da tale cartografia il territorio comunale stesso non risulta essere compreso in nessuna fascia sismogenetica.** Assieme alla cartografia del DISS, negli allegati finali viene riportata la cartografia dal Catalogo Italiano delle Faglie Capaci ITHACA, dell'ISPRA, nella quale **non è segnalata la presenza di nessuna faglia capace e/o attiva.**

6.2. – Analisi sismica

Le azioni sismiche di progetto, in base alle quali valutare il rispetto dei diversi stati limite considerati, si definiscono a partire dalla "pericolosità sismica di base" del sito di costruzione e sono funzione delle caratteristiche morfologiche e stratigrafiche che determinano la risposta sismica locale.

La pericolosità sismica è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa a_g in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido, con superficie

topografica orizzontale (di categoria A come definita dal cap. 3.2.2. del NTC 2018), nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente $S_e(T)$, con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza P_{Vg} come definite nel cap. 3.2.1. delle NTC 2018, nel periodo di riferimento V_R , come definito nel cap. 2.4. delle NTC 2018. In alternativa è ammesso l'uso di accelerogrammi, purché correttamente commisurati alla pericolosità sismica locale dell'area della costruzione.

Ai fini della nuova normativa tecnica per le costruzioni le norme spettrali sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento P_{Vg} nel periodo di riferimento V_R , a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

- a_g accelerazione orizzontale massima di sito;
- F_o valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- T_c^* valore di riferimento per la determinazione del periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Per i valori di a_g , F_o , e T_c^* , necessari per la determinazione delle azioni sismiche, si fa riferimento agli allegati A e B al Decreto delle Infrastrutture 14 gennaio 2008, pubblicato nel S.O. alla Gazzetta Ufficiale del 4 febbraio 2008, n. 29, ed eventuali successivi aggiornamenti (vedi fine presente capitolo).

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, l'effetto della risposta sismica locale si valuta mediante specifiche analisi, da eseguire con le modalità indicate nel cap. 7.11.3 delle NTC 2018. In alternativa, qualora le condizioni stratigrafiche e le proprietà dei terreni siano chiaramente riconducibili alle categorie definite nella Tab. 3.2.II delle NTC 2018, si può fare riferimento a un approccio semplificato che si basa sulla classificazione del sottosuolo in funzione dei valori della velocità di propagazione delle onde di taglio V_s . I valori per l'approccio semplificato costituiscono parte integrante della caratterizzazione geotecnica dei terreni compresi nel volume significativo, di cui al cap. 6.2.2. delle NTC 2018.

I valori di V_s sono ottenuti mediante specifiche prove oppure, con giustificata motivazione e limitatamente all'approccio semplificato, sono valutati tramite relazioni empiriche di comprovata affidabilità con i risultati della prova penetrometrica dinamica eseguita nel medesimo sito, quali, ad esempio, le prove penetrometriche dinamiche per i terreni a grossa e le prove penetrometriche statiche. La classificazione del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio, $V_{S,eq}$ (in m/s), definita dall'espressione:

$$V_{S,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_{S,i}}} \text{ [m/s]}$$

con:

- h_i = spessore (in metri) 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, caratterizzati da V_s non inferiore ad 800 m/s.

Per le fondazioni superficiali, la profondità del substrato è riferita al piano di imposta delle stesse, mentre per le fondazioni su pali è riferita alla testa dei pali. Nel caso di opere di sostegno di terreni naturali, la profondità è riferita alla testa dell'opera. Per muri di sostegno di terrapieni, la profondità è riferita al piano di imposta della fondazione.

Per 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 del terreno fino a tale profondità.

Le categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato sono definite nella seguente tabella:

Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato (Tab. 3.2.II delle N.T.C 2018)	
Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> 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 3m.
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti</i> caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s

C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine 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 fine 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 m/s 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>

Per queste cinque categorie di sottosuolo, le azioni sismiche sono definibili come descritto al cap. 3.2.3. delle NTC 2018. Per qualsiasi condizione di sottosuolo non classificabile nelle categorie precedenti, è necessario predisporre specifiche analisi di risposta locale per la definizione delle azioni sismiche.

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

Categorie topografiche (Tab. 3.2.IV delle N.T.C 2018)	
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 $i > 30^\circ$

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

In base alla Deliberazione della Giunta regionale 6 maggio 2010, n. 845 (L.R. 16/2009, art.3, comma 2, lett A) - Classificazione delle zone sismiche e indicazione delle aree di alta e bassa sismicità), il **Comune di Aquileia ricade in zona sismica 3**.

A corredo delle indagini geognostiche è stata elaborata la traccia TR11 eseguita.

Per calcolare la V_s è stata adottata la metodologia della misura passiva a stazione singola del tremore sismico, attraverso i rapporti spettrali, la quale porta alla misura immediata della frequenza fondamentale di risonanza del sottosuolo: le misure di microtremore a stazione singola, opportunamente invertite, permettono di stimare in

maniera rapida sia la stratigrafia superficiale che la V_s (che per convenzione, salvo casi particolari, viene calcolata nei primi 30 metri di profondità).

Essendo il suolo assimilabile ad un corpo viscoelastico, è pertanto possibile misurarne le frequenze proprie di oscillazione in ogni punto.

Queste frequenze vengono determinate dalle proprietà meccaniche e dalla morfologia attorno al punto di misura. La risposta del suolo può essere studiata in questa maniera utilizzando come funzione di eccitazione il rumore sismico di fondo. Gli effetti di sito sono amplificazioni locali delle onde sismiche dovute a particolari condizioni geologiche e topografiche. Se la frequenza di risonanza del suolo coincide con quella delle strutture, si produce un'amplificazione molto elevata delle onde sismiche e vengono indotte sollecitazioni con forte potere distruttivo (fenomeno della doppia risonanza).

La metodologia usata per ricavare la V_s è detta HVSR, questa è una tecnica di tipo passivo, dal momento che sfrutta il rumore sismico ambientale presente ovunque sulla superficie terrestre e generato da fenomeni atmosferici, dall'attività dinamica terrestre e dall'attività antropica. Ad ogni frequenza di risonanza rilevata corrisponde una variazione apprezzabile dei parametri elastici del sottosuolo e ciò permette di discriminare, in un sistema stratificato, la presenza dei diversi orizzonti. Lo spessore (h) di tali orizzonti è poi ricavabile grazie alla relazione semplificata che lega la frequenza di risonanza (f_r) alla velocità delle onde di taglio (V_s):

$$f_r = V_s/4h \quad (1)$$

In mancanza della velocità delle V_s ed in virtù dell'equazione (1) la tecnica HVSR può essere abbinata a metodi di prospezione di tipo geotecnico in grado di fornire un'adeguata descrizione stratigrafica del sottosuolo.

Nel presente lavoro è stata utilizzata un'acquisizione con tecnica HVSR adottando come stratigrafia di ancoraggio quella ottenuta dallo scavo eseguito in sito e dai pozzi analizzati. Per l'acquisizione dei dati è stato utilizzato un tomografo digitale modello "Tromino", che rappresenta la nuova generazione di strumenti ad alta risoluzione adatti a misurazioni di rumore ambientale.

Lo strumento comprende tre velocimetri elettrodinamici, ortogonali tra loro, con intervallo di frequenza compreso tra 0,1 e 256 Hz. I dati vengono memorizzati in una scheda di memoria interna, evitando così la presenza di qualsiasi cavo che possa indurre rumore meccanico ed elettronico. Durante la fase di processing in studio, i dati vengono convertiti in file ASCII mediante il software “Grilla”, fornito a supporto dello strumento utilizzato, quindi elaborati per ottenere spettri di velocità in funzione della frequenza.

In fase operativa si sono eseguite le seguenti operazioni:

- il rumore sismico è stato registrato nelle sue tre componenti per un intervallo di tempo di 30 minuti;
- la registrazione è stata suddivisa in finestre temporali di 20 secondi ciascuna;
- per ogni segmento viene eseguita un'analisi spettrale del segmento nelle sue tre componenti;
- per ciascun segmento si calcolano i rapporti spettrali fra le componenti del moto sui piani orizzontali e verticale;
- vengono calcolati i rapporti spettrali medi su tutti i segmenti;
- si costruisce poi un modello teorico HVSR avente tante discontinuità sismiche quante sono le discontinuità evidenziate dalla registrazione eseguita;
- si adatta la curva teorica a quella sperimentale, in questo modo si otterranno gli spessori dei sismostrati con la relativa velocità delle onde di taglio S.

Nell'appendice n. 1 si riportano i risultati della prova del tremore sismico con i relativi grafici degli spettri rapporto H/V e delle frequenze.

Nell'appendice n. 1 si riportano i risultati della prova del tremore sismico con i relativi grafici degli spettri rapporto H/V e delle frequenze.

La curva risultante dal rilievo tomografico evidenzia una sostanziale omogeneità del sottosuolo in termini sismici con una costante crescita delle velocità di propagazione delle onde di taglio. Il modello di inversione consente di definire la seguente sismostratigrafia in termini di onde di taglio:

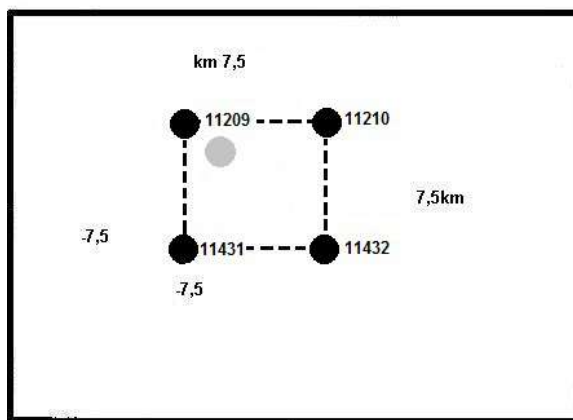
sismostrato	Vs (m/s)	Spessore (m)
1	61	4,20
2	116	30,00
3	167	Inf.
V _s =103 m/s (relativo a piano campagna)		

La velocità equivalente delle onde di taglio Vs, (convenzionalmente calcolata nei primi trenta metri di profondità a partire dal piano campagna), è pari a circa 103 m/s, che riconduce il tipo di suolo alla **categoria stratigrafica D**, mentre la **categoria topografica è la T1**.

Si evidenzia che l’elaborazione della prova sismica è stata eseguita in totale consapevolezza, capacità tecnica e responsabilità, considerando la miglior interpretazione possibile delle curve risultanti, svolta tenendo conto, oltre che dei sondaggi geognostici eseguiti, delle conoscenze personali e bibliografiche relative alle condizioni geomorfologiche e stratigrafiche del sito di progetto.

Di seguito viene utilizzato il programma “Spettri sismici NTC, vers. 1.0.3”, che in funzione delle caratteristiche meccaniche e sismiche del terreno fondazionale permette di ricavare i parametri di pericolosità sismica localizzata secondo latitudine (45,77361571) e longitudine (13,36612827) dell’area d’indagine, in funzione da quanto previsto dai Cap. 3.2.3.2.1, 3.2.3.2.2 e 3.2.3.6 del D.M. 17 gennaio 2018 “Norme Tecniche per le Costruzioni”:

Nodi del reticolo intorno al sito



Tab. 1: Parametri a_g , F_0 , T_c per i tempi di ritorno T_R , per ogni SL

STATO LIMITE	T _R (anni)	a _g (g)	F ₀ (-)	T _c (s)
SLO	30	0,034	2,597	0,218
SLD	50	0,043	2,541	0,253
SLV	475	0,106	2,555	0,361
SLC	975	0,137	2,587	0,378

Tabelle 2 e 3: Parametri degli spettri di risposta verticale (a) e orizzontale (b) per lo stato limite SLV

Tab. 2a: Parametri indipendenti verticali

STATO LIMITE	SLV
agv	0,047 g
Ss	1,000
S γ	1,000
q	1,500
TB	0,050 s
Tc	0,150 s
TD	1,000 s

Tab. 2b: Parametri indipendenti orizzontali

STATO LIMITE	SLV
ag	0,106 g
Fo	2,555
Tc	0,361 s
Ss	1,800
Cc	2,080
ST	1,000
q	2,400

Tab.3a: Parametri dipendenti

Fv	1,124
S	1,000
η	0,667

Tab.3b: Parametri dipendenti

S	1,800
η	0,417
TB	0,250 s
Tc	0,751 s
TD	2,025 s

6.3. – Indagini geognostiche

Allo scopo di poter caratterizzare in maniera puntuale gli aspetti geotecnici essenziali per lo studio in oggetto, si fa riferimento alle risultanze di più ricerche geognostiche condotte per rilevare la costituzione stratigrafica e le grandezze geomeccaniche del sottosuolo dell'area interessata dall'intervento. Per l'attribuzione dei parametri geotecnici degli strati di terreno presenti nel sottosuolo è stato eseguito una prova penetrometrica dinamica (vedi ubicazione negli allegati finali), fino alla profondità di -3,20 m dal piano campagna.

Tale indagine è stata accompagnata dall'analisi di due pozzi del Catasto Regionale Pozzi, riportati anche nell'indagine geologica del PRGC ed allegati alla fine della presente relazione. I pozzi n. 0050010 e 0050035 e sono rappresentativi della situazione stratigrafica presente nel sito d'indagine.

I risultati delle indagini di campo e di quelli storici per l'area, tarati, correlati e confrontati criticamente fra loro, hanno fornito un quadro completo dal punto di vista della caratterizzazione geotecnica e stratigrafica dell'area per il conseguimento di un modello coerente di lavoro. La prova penetrometrica dinamica eseguite i pozzi analizzati hanno permesso di definire nel dettaglio gli orizzonti geotecnici rappresentativi della **situazione stratigrafica locale**, di seguito descritta:

Dal sondaggio eseguito, dalla visione dei luoghi e dalla bibliografia raccolta si risale ad una **situazione stratigrafica** media abbastanza chiara:

Strato n. 1 da 0,00 a -1,70 m dal p.c. **argilla**

Strato n. 2 da 1,70 a -2,20 m dal p.c. **argilla sabbiosa**

Strato n. 3 da 2,20 a -3,20 m dal p.c. **sabbia limosa**

Al di sotto, come si osserva dai pozzi riportati negli allegati finali, il terreno al di sotto dei 3,00 m dal piano campagna è composto prevalentemente da un'alternanza di argilla compatta e torba, con la presenza di uno strato sabbioso con argilla mediamente da -9,00 a -14,00 m dal piano campagna. L'insieme delle informazioni fin qui prodotte, ricavate dall'ispezione diretta dei luoghi, dai suggerimenti e dalle indicazioni della bibliografia tecnica specializzata, e dal rilievo geomorfologico, consente di definire, con riferimento alle NTC 2018, le proprietà fisico-meccaniche del terreno.

Si possono adottare, con riferimento alle indagini svolte ed alla bibliografia tecnica specializzata di uso corrente, i parametri geotecnici evidenziati di seguito.

strato di argilla

• peso di volume	$\gamma = 12 \text{ kN/m}^3$
• peso di volume saturo	$\gamma_{\text{sat}} = 17 \text{ kN/m}^3$
• angolo di attrito	$\phi = 17^\circ$
• coesione	$c = 20 \text{ kN/m}^2$
• coesione non drenata	$c_u = 28 \text{ kN/m}^2$
• modulo elastico	$E_y = 5.000 \text{ kN/m}^2$
• coefficiente di Poisson	$\mu = 0,35$
• modulo edometrico	$E_{\text{ed}} = 1.500 \text{ kN/m}^2$

strato di argilla sabbiosa:

• peso di volume	$\gamma = 14 \text{ kN/m}^3$
• peso di volume saturo	$\gamma_{\text{sat}} = 19 \text{ kN/m}^3$
• angolo di attrito	$\phi = 18^\circ$
• coesione	$c = 18 \text{ kN/m}^2$
• coesione non drenata	$c_u = 26 \text{ kN/m}^2$
• modulo elastico	$E_y = 4.000 \text{ kN/m}^2$
• coefficiente di Poisson	$\mu = 0,3$
• modulo edometrico	$E_{\text{ed}} = 2.000 \text{ kN/m}^2$

strato di sabbia limosa

• peso di volume	$\gamma = 16 \text{ kN/m}^3$
• peso di volume saturo	$\gamma_{\text{sat}} = 21 \text{ kN/m}^3$
• angolo di attrito	$\phi = 22^\circ$
• coesione	$c = 20 \text{ kN/m}^2$
• coesione non drenata	$c_u = 27 \text{ kN/m}^2$
• modulo elastico	$E_y = 3.500 \text{ kN/m}^2$
• coefficiente di Poisson	$\mu = 0,29$
• modulo edometrico	$E_{\text{ed}} = 2.500 \text{ kN/m}^2$

6.4. – Liquefazione

Il rischio di liquefazione va valutato in base all'evento sismico atteso ed alle caratteristiche geotecniche del sottosuolo. In condizioni sismiche è necessario valutare l'effetto della liquefazione, il quale è legato sia allo sviluppo di sovrappressioni interstiziali (che se positive riducono la tensione media efficace del terreno e la resistenza al taglio), sia all'accumulo di deformazioni plastiche in terreni sabbiosi saturi, in condizioni non drenate. Queste condizioni possono essere momentanee, ed essere seguite da un recupero delle proprietà meccaniche del terreno, oppure questo può arrivare al collasso. Dalle Norme Tecniche per le Costruzioni (cap. 7.11.3.4.2.) la verifica a liquefazione può essere omessa quando si manifesta almeno una delle seguenti quattro circostanze:

- accelerazioni minime attese al piano campagna (condizioni di campo libero) minori di 0,1 g;
- profondità media stagionale della falda superiore ai 15 metri dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
- depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N_1)_{60} > 30$ oppure $q_{c1N} > 180$, dove $(N_1)_{60}$ è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e q_{c1N} è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;
- distribuzione granulometrica esterna alle zone riportate nella fig. 1 (primo diagramma nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c < 3,5$, e secondo diagramma nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c > 3,5$).

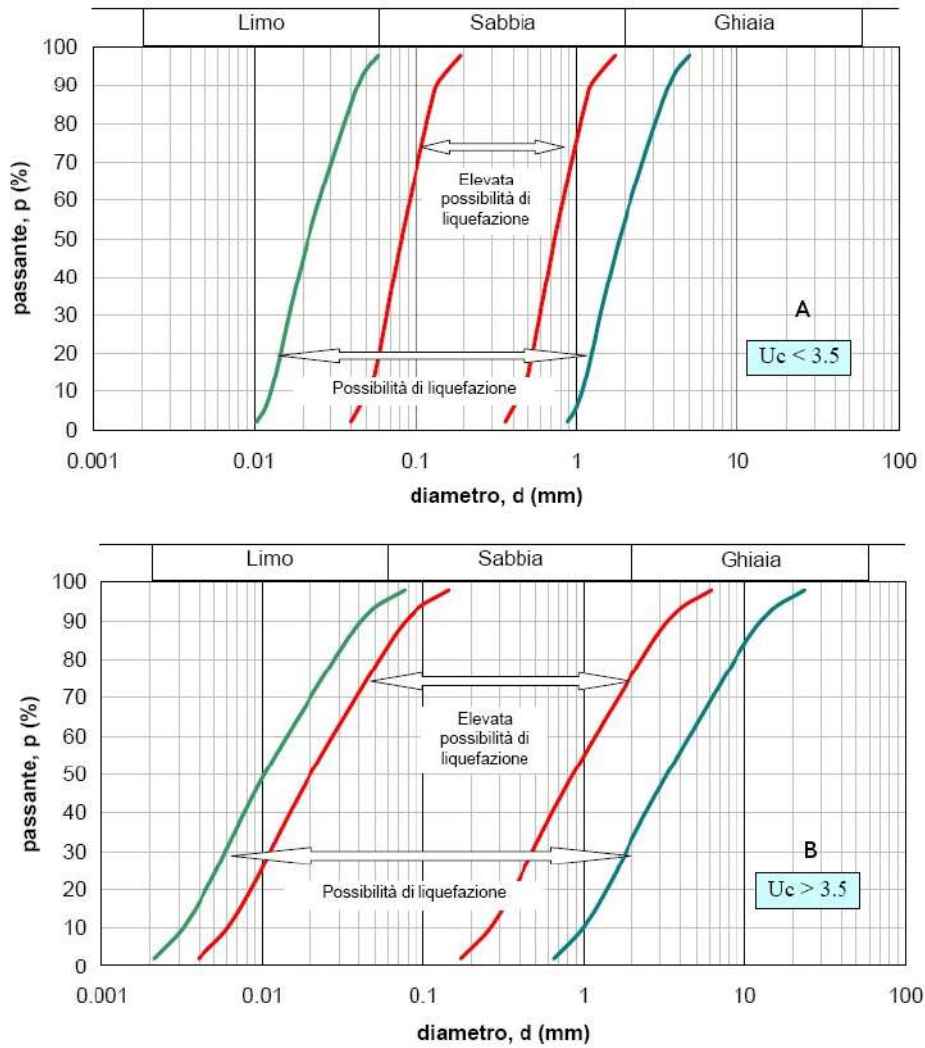


Figura 1: fasce granulometriche per la valutazione della suscettibilità alla liquefazione del terreno

7. – DESCRIZIONE DEI DATI DI RILIEVO DELLE QUOTE COLLEGATE ALL'IDRAULICA E DELLE INDAGINI GEOGNOSTICHE-STRATIGRAFICHE

Dal rilievo topografico eseguito con GPS, in data 28 luglio 2021 alle ore 10.00, emergono le seguenti quote:

- il canale che si trova nella zona ovest dell'area del Foro Romano, con direzione di scorrimento nord-sud ha un livello dell'acqua pari a – 0,344 m s.l.m.m..
- All'estremo sud dell'area esiste un pozzetto con pompe di sollevamento dell'acqua del canale e recapito in un recettore esterno all'area. Tale accorgimento permette di tenere il livello della “falda” più basso rispetto alla quota dell'area degli scavi attuali (da +0,315 m s.l.m.m. in su).
- Nell'area nord, attualmente ricoperta in superficie da ghiaia, vi sono presenti dei drenaggi delle acque sotterranee di infiltrazione. Sono state misurate le quote delle tubazioni dei drenaggi a partire dai pozzetti a monte e nelle uscite nel canale, costituite da coppi (vedasi planimetria in figura 3 allegata alla fine). Le **quote di partenza** di questi **drenaggi variano da + 0,305 m s.l.m.m.** (punto 38) a **+0,509 m s.l.m.m.** (punto 48). Mentre le **quote di uscita** nel canale dei tubi di drenaggio mediante i coppi variano **da + 0,108 m s.l.m.m.** (punto 37) a **+0,175 m s.l.m.m.** (punto 41). La pendenza delle tubazioni dei drenaggi varia da 0,9 a 1,0 %. I **drenaggi** più a nord non **recapitano** nel canale ma **nel suolo**. Le **quote di partenza** di questi drenaggi sono superiori a **+ 0,509 m s.l.m.m.** e le **quote di recapito nel suolo variano da + 0,308 m s.l.m.m. a +0,435 m-s.l.m.m..**
- E' molto importante il **drenaggio centrale dell'area** che separa la zona nord (inghiata) da quella sud (interessata dai nuovi lavori di scavo e restauro). Questo dreno **recapita nel canale alla quota di +0,039 m s.l.m.m.** (punto 35), al fronte di una **quota di partenza di +0,142 m s.l.m.m.** con una pendenza minima del 0,4 %. Il drenaggio riceve le acque da un fossetto che segue tutto in fronte di scavo a monte (lato est). La quota misurata dell'**emergenza d'acqua di infiltrazione da monte nel fossetto è di + 0,493 m s.l.m.m..** Le quote del fondo del fossetto sono

progressivamente: +0,859 (punto 21), +0,841 (punto 22), +0,933 (punto 25), +0,934 (punto 26), +0,468 (punto 30 – sondaggio penetrometrico).

- Sulla **parete di scavo** del fossetto tra i punti 25 e 26 è stata misurata la **quota di massima risalita-uscita della acqua di infiltrazione proveniente dal pianoro soprastante**, evidenziata dal colore più scuro del terreno), tale quota è di +1,311 m s.l.m.m.. Tra i punti 26 e 30 la quota misurata è di 1,538 m s.l.m.m., per poi scendere a 1,038 m s.l.m.m..
- Le quote della **canaletta romana** presente nell'area a sud variano da +0,425 (punto 17 più a nord), +0,402 (punto 15), +0,438 (punto 14), +0,386 (punto 13), +0,392 (punto 11) a +0,315 (punto 10 nei pressi del canale) metri sul livello medio mare. Come si può vedere nel punto 15 c'è un avvallamento e nel 14 un dosso, cosa tra l'altro visibile dai sedimenti presenti dovuti al ristagno d'acqua. il punto 15
- Il sondaggio penetrometrico eseguito nel fossetto (punto 30), alla quota di + 0,468 m s.l.m.m., ha evidenziato la presenza di uno strato di argilla scarsamente permeabile dello spessore di 1,70 metri (sino alla quota di -1,230 m s.l.m.m.). Al di sotto vi è uno strato di argilla sabbiosa di 0,50 m e poi uno strato di sabbia limosa intercettata per almeno un altro metro ma che prosegue in profondità alternandosi con strati di argilla.

8. - CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE CON INDICAZIONE DEI POSSIBILI INTERVENTI DA FARE

Dal quadro cui complessivamente si perviene, emerge evidente che per il miglioramento delle condizioni idrogeologiche del sito si possono adottare i seguenti accorgimenti/interventi:

1. **realizzazione** nella parte est dell'area (verso la ciclabile) ed in particolare vicino al muretto di recinzione di una **canaletta superficiale** per la captazione delle acque meteoriche del piazzale soprastante. Il recapito delle acque dovrà essere verso nord e non dovrà assolutamente essere il dreno centrale, mentre se non altrimenti possibile convogliate nel canale nel punto più a nord (punto 45);
2. **riprofilatura del piazzale soprastante gli scavi**, con pendenza verso est, per permettere lo scolo delle acque meteoriche verso la nuova canaletta a tergo del muretto di recinzione;
3. **rifacimento del drenaggio centrale (fondamentale)** mediante scavo, rimozione e smaltimento del materiale di drenaggio attuale, rifacimento del drenaggio mediante posa di nuovo geotessuto che avvolgerà tutto il dreno;
4. nel fossetto sul lato est si può anche prevedere la **posa di sistemi di captazione delle acque rimovibili** costituiti da rotoli di pannellini drenanti sintetici con alla base un tubetto (tipo enkadrein) che possano essere fatti confluire momentaneamente nel drenaggio centrale e poi rimossi man mano che gli scavi procedono;



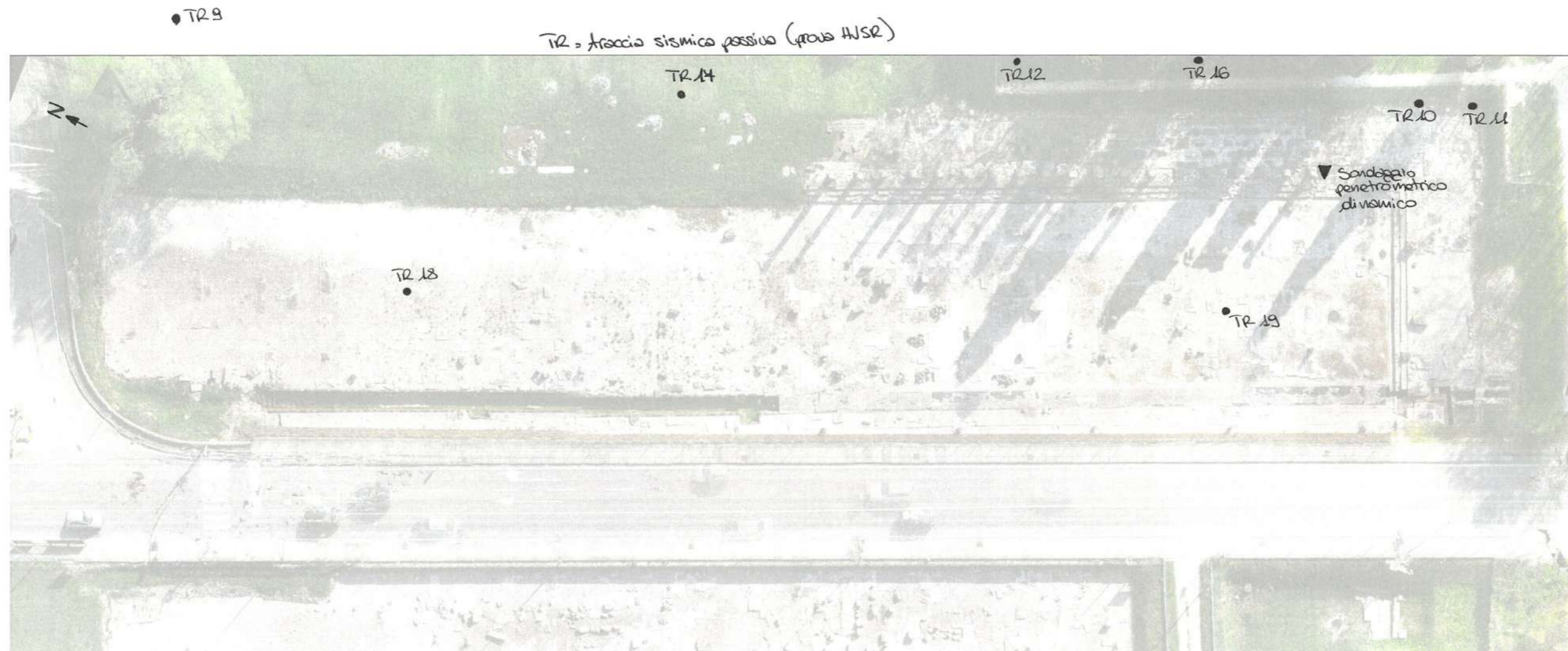
5. è consigliabile procedere ad un sistematico rifacimento dei drenaggi dell'area a nord coperta di ghiaia, in particolare dei dreni che recapitano nel suolo, ma anche gli altri.

La presente relazione riguarda esclusivamente lo studio citato all'interno e non può essere utilizzata a corredo di altri interventi seppur vicini, senza preventiva autorizzazione dello scrivente.



APPENDICE 1

(Prova penetrometrica dinamica e prove sismiche passive eseguite)



Ubicazione delle prove eseguite - scala 1:25.000

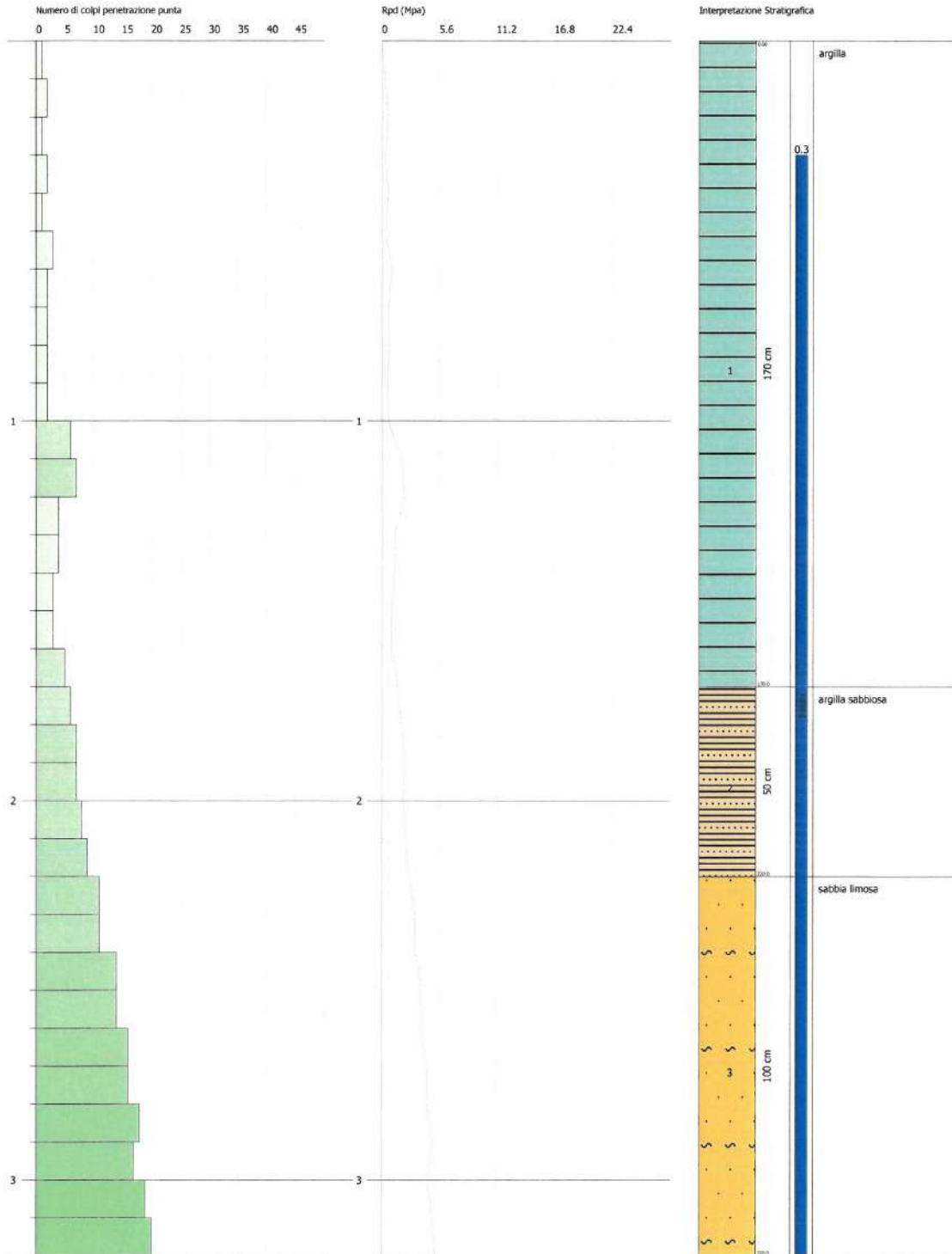
Studio di Geologia
 FEDERICO PIZZIN
 androna Palmada, 9 - 34077 Ronchi dei Legionari (GO)
 info@geologopizzin.it - 0481.475040

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.1
 Strumento utilizzato... PENNY 30

Committente:
 Descrizione:
 Località: Aquileia

Data: 28/07/2021

Scala 1:15



STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.1

Coesione non drenata

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Cu (KPa)
Strato (1) argilla	2.25	0.00-1.70	U.S.D.M.S.M	9.02
Strato (2) argilla sabbiosa	5.66	1.70-2.20	U.S.D.M.S.M	22.46
Strato (3) sabbia limosa	11.93	2.20-3.20	U.S.D.M.S.M	46.48

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Mpa)
Strato (1) argilla	2.25	0.00-1.70	Robertson (1983)	0.44
Strato (2) argilla sabbiosa	5.66	1.70-2.20	Robertson (1983)	1.11
Strato (3) sabbia limosa	11.93	2.20-3.20	Robertson (1983)	2.34

Modulo Edometrico

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Eed (Mpa)
Strato (1) argilla	2.25	0.00-1.70	Stroud e Butler (1975)	1.01
Strato (2) argilla sabbiosa	5.66	1.70-2.20	Stroud e Butler (1975)	2.55
Strato (3) sabbia limosa	11.93	2.20-3.20	Stroud e Butler (1975)	5.37

Modulo di Young

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Ey (Mpa)
Strato (1) argilla	2.25	0.00-1.70	Apollonia	2.21
Strato (2) argilla sabbiosa	5.66	1.70-2.20	Apollonia	5.55
Strato (3) sabbia limosa	11.93	2.20-3.20	Apollonia	11.70

Classificazione AGI

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
Strato (1) argilla	2.25	0.00-1.70	A.G.I. (1977)	POCO CONSISTENTE
Strato (2) argilla sabbiosa	5.66	1.70-2.20	A.G.I. (1977)	MODERAT. CONSISTENTE
Strato (3) sabbia limosa	11.93	2.20-3.20	A.G.I. (1977)	CONSISTENTE

Peso unità di volume

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (KN/m³)
Strato (1) argilla	2.25	0.00-1.70	Meyerhof	15.49
Strato (2) argilla sabbiosa	5.66	1.70-2.20	Meyerhof	17.55
Strato (3) sabbia limosa	11.93	2.20-3.20	Meyerhof	19.81

Peso unità di volume saturo

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso u. di volume saturo (KN/m³)
Strato (1) argilla	2.25	0.00-1.70	Meyerhof	18.14
Strato (2) argilla sabbiosa	5.66	1.70-2.20	Meyerhof	18.44
Strato (3) sabbia limosa	11.93	2.20-3.20	Meyerhof	21.77

Densità relativa

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato (1) argilla	2.25	0.00-1.70	2.25	Gibbs & Holtz 1957	11.2
Strato (2) argilla sabbiosa	5.66	1.70-2.20	5.66	Gibbs & Holtz 1957	25.51
Strato (3) sabbia limosa	11.93	2.20-3.20	11.93	Gibbs & Holtz 1957	39.14

Angolo di resistenza al taglio

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato (1) argilla	2.25	0.00-1.70	2.25	Meyerhof (1956)	20.64
Strato (2) argilla sabbiosa	5.66	1.70-2.20	5.66	Meyerhof (1956)	21.62
Strato (3) sabbia limosa	11.93	2.20-3.20	11.93	Meyerhof (1956)	23.41

Modulo di Poisson

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Poisson
Strato (1) argilla	2.25	0.00-1.70	2.25	(A.G.I.)	0.35
Strato (2) argilla sabbiosa	5.66	1.70-2.20	5.66	(A.G.I.)	0.34
Strato (3) sabbia limosa	11.93	2.20-3.20	11.93	(A.G.I.)	0.33

Modulo di deformazione a taglio dinamico

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	G (Mpa)
Strato (1) argilla	2.25	0.00-1.70	2.25	Ohsaki	13.66
Strato (2) argilla sabbiosa	5.66	1.70-2.20	5.66	Ohsaki	32.51
Strato (3) sabbia limosa	11.93	2.20-3.20	11.93	Ohsaki	65.54

Coefficiente spinta a Riposo K0=SigmaH/P0

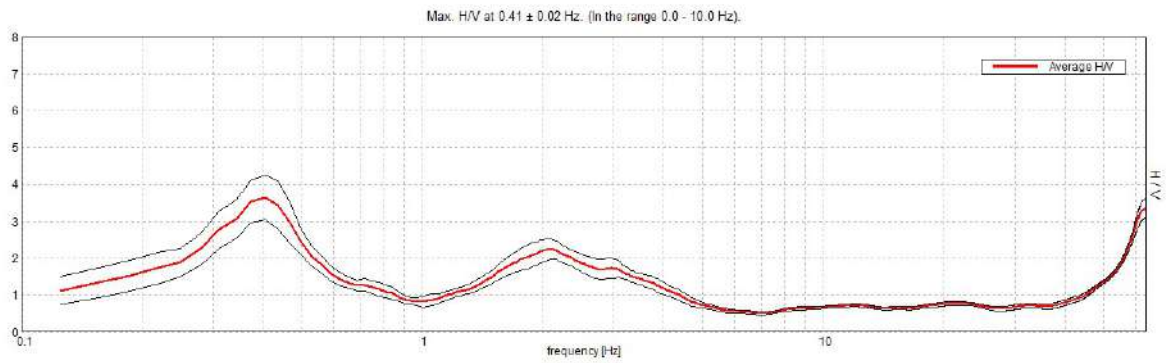
Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	K0
Strato (1) argilla	2.25	0.00-1.70	2.25	Navfac 1971-1982	0.33
Strato (2) argilla sabbiosa	5.66	1.70-2.20	5.66	Navfac 1971-1982	1.14
Strato (3) sabbia limosa	11.93	2.20-3.20	11.93	Navfac 1971-1982	2.51

AQUILEIA, FONDAZIONE AQUILEIA TR9

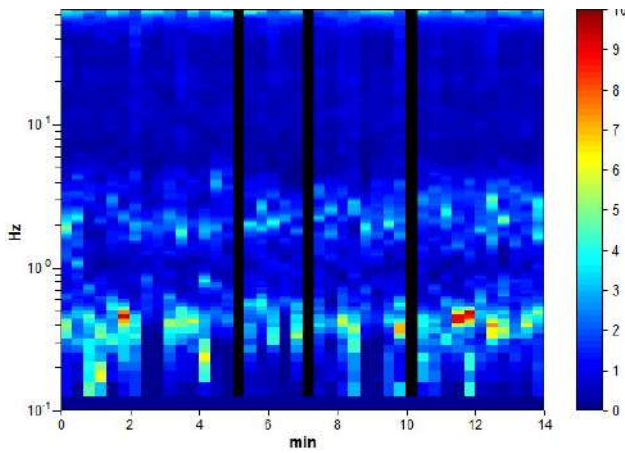
Instrument: TZ3-0012/01-13
 Data format: 32 byte
 Full scale [mV]: 51
 Start recording: 26/07/21 10:08:05 End recording: 26/07/21 10:22:05
 Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN
 GPS data not available

Trace length: 0h14'00". Analyzed 93% trace (manual window selection)
 Sampling rate: 128 Hz
 Window size: 20 s
 Smoothing type: Triangular window
 Smoothing: 10%

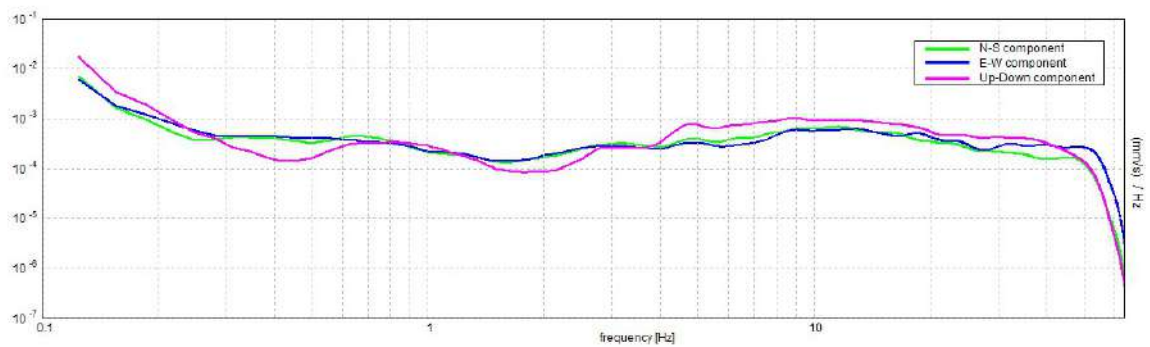
HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO



H/V TIME HISTORY



SINGLE COMPONENT SPECTRA

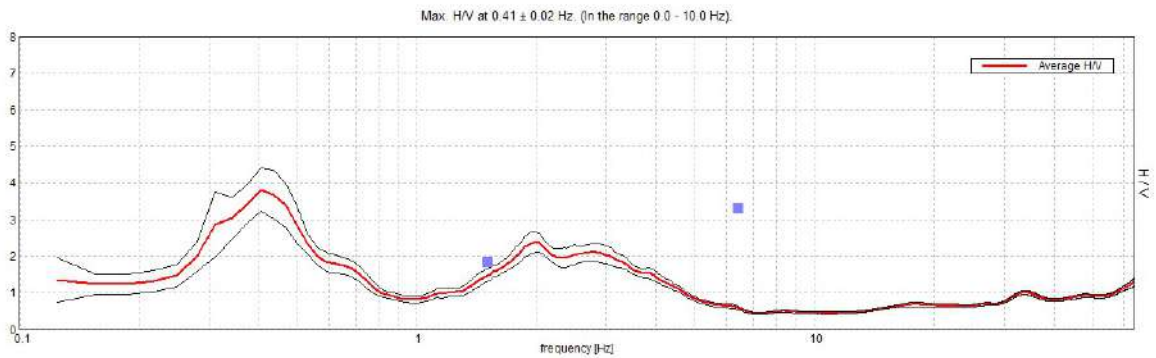


AQUILEIA, FONDAZIONE AQUILEIA TR10

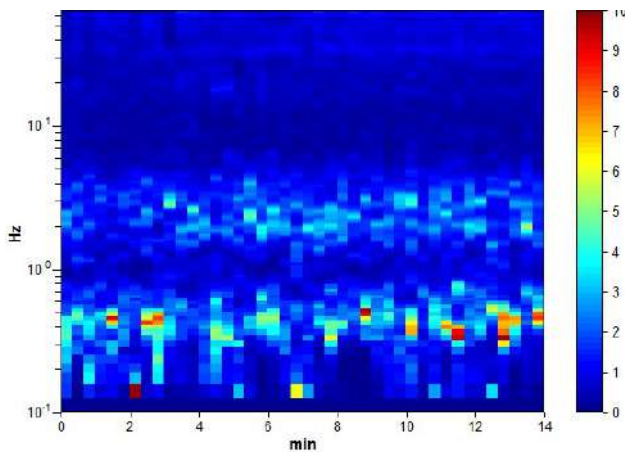
Instrument: TZ3-0012/01-13
 Data format: 32 byte
 Full scale [mV]: 51
 Start recording: 26/07/21 10:44:13 End recording: 26/07/21 10:58:13
 Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN
 GPS data not available

Trace length: 0h14'00". (Analyzed from 0 s for 14. min)
 Sampling rate: 128 Hz
 Window size: 20 s
 Smoothing type: Triangular window
 Smoothing: 10%

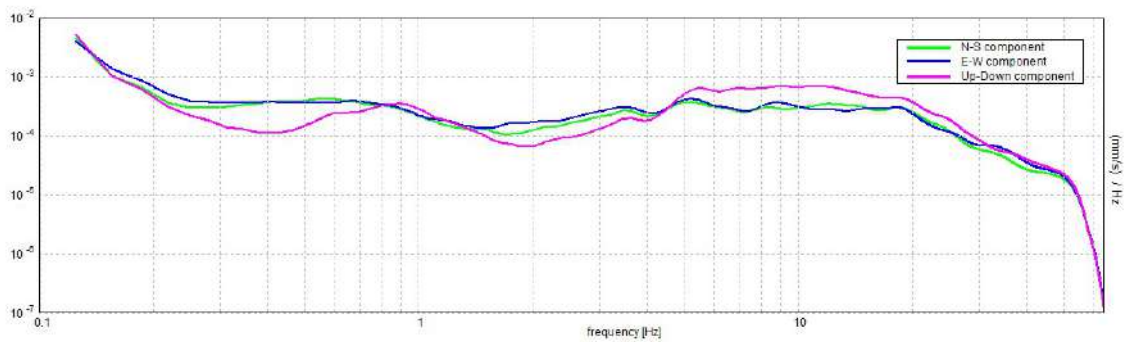
HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO



H/V TIME HISTORY



SINGLE COMPONENT SPECTRA

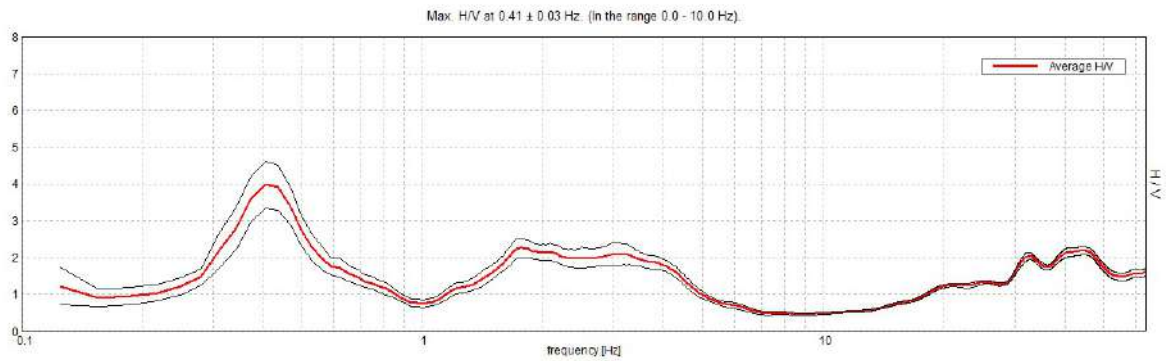


AQUILEIA, FONDAZIONE AQUILEIA TR11

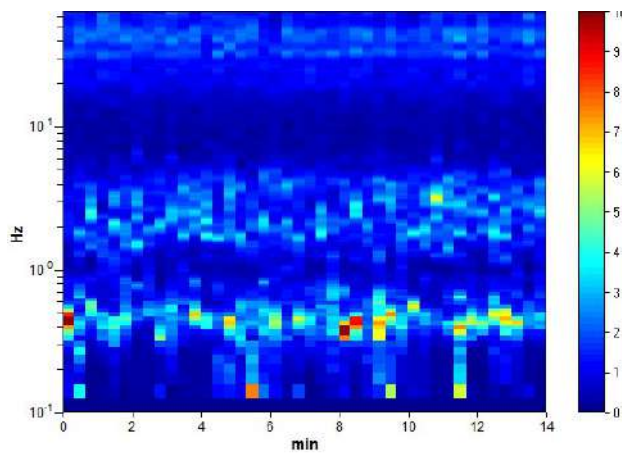
Instrument: TZ3-0012/01-13
 Data format: 32 byte
 Full scale [mV]: 51
 Start recording: 26/07/21 11:06:23 End recording: 26/07/21 11:20:23
 Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN
 GPS data not available

Trace length: 0h14'00". (Analyzed from 0 s for 14. min)
 Sampling rate: 128 Hz
 Window size: 20 s
 Smoothing type: Triangular window
 Smoothing: 10%

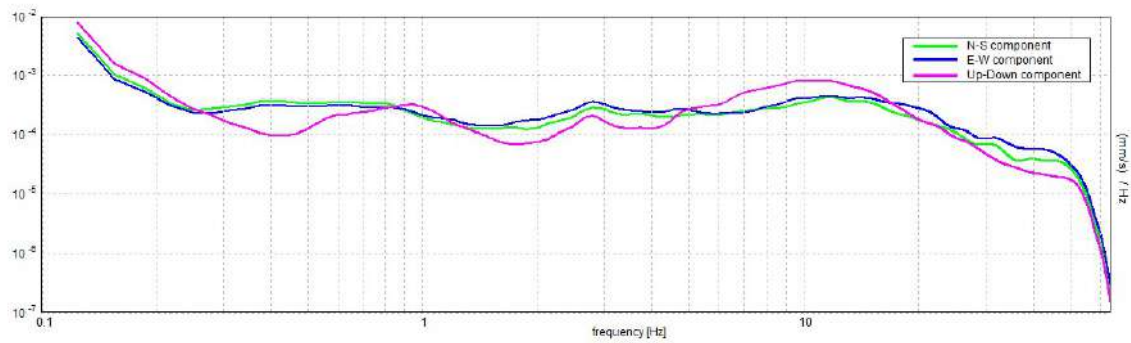
HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO



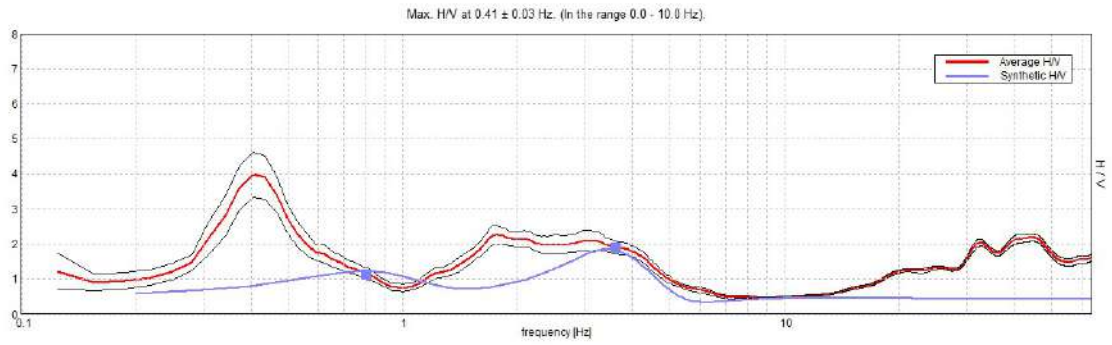
H/V TIME HISTORY



SINGLE COMPONENT SPECTRA

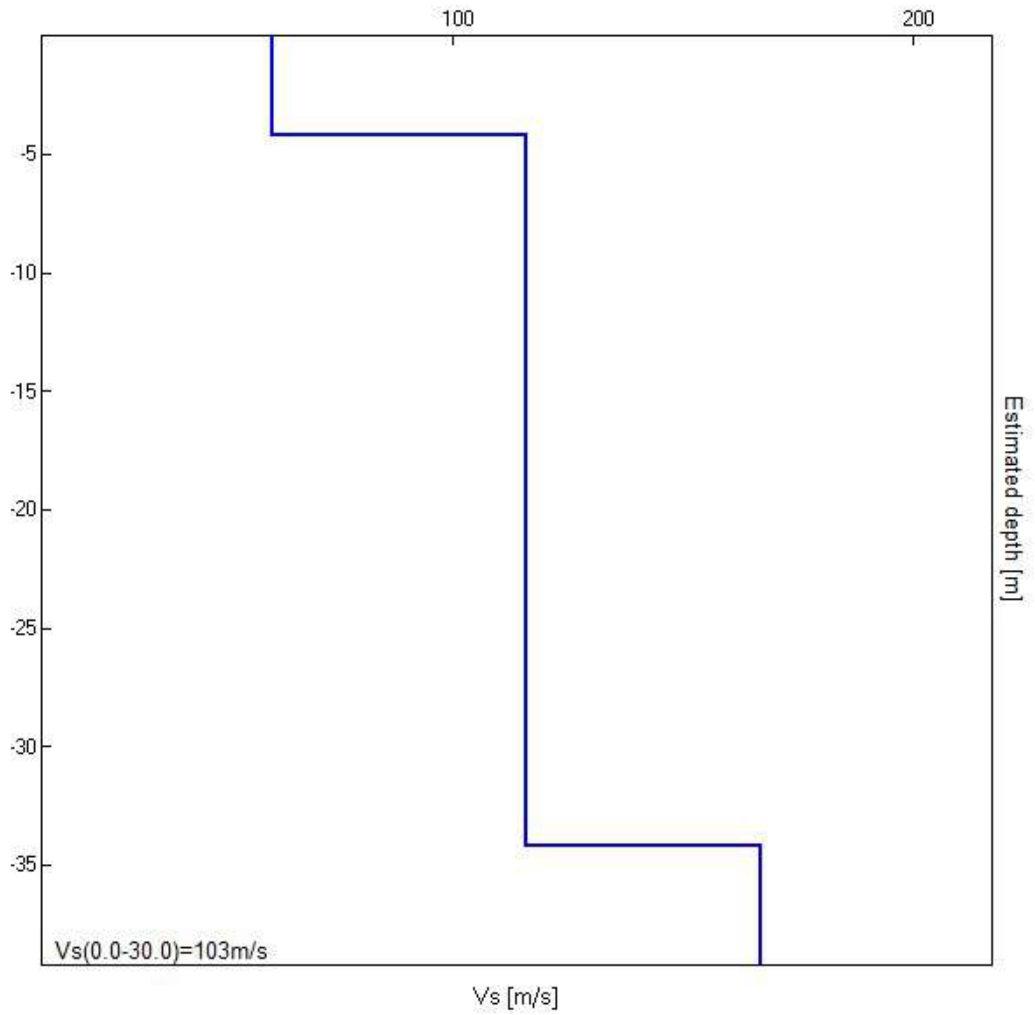


EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
4.20	4.20	61	0.42
34.20	30.00	116	0.42
inf.	inf.	167	0.40

Vs(0.0-30.0)=103m/s

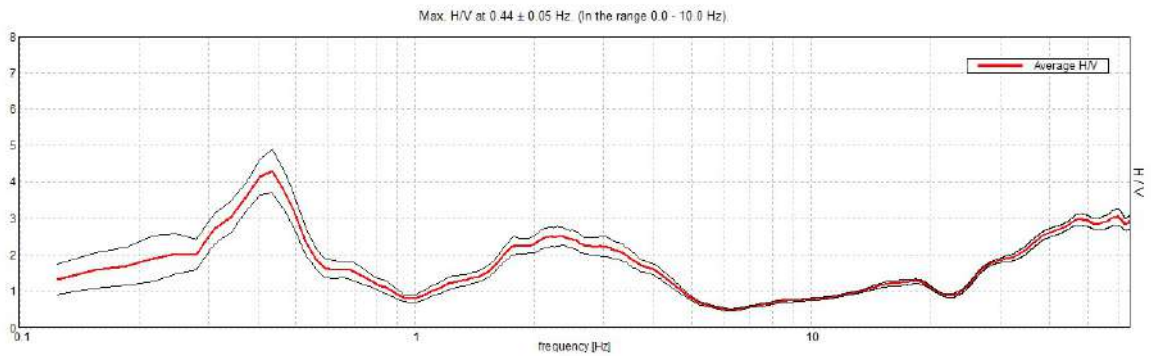


AQUILEIA, FONDAZIONE AQUILEIA TR12

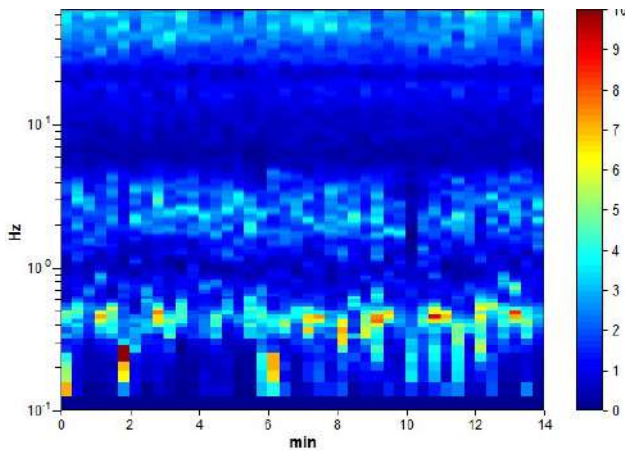
Instrument: TZ3-0012/01-13
 Data format: 32 byte
 Full scale [mV]: 51
 Start recording: 26/07/21 11:27:16 End recording: 26/07/21 11:41:16
 Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN
 GPS data not available

Trace length: 0h14'00". (Analyzed from 0 s for 14. min)
 Sampling rate: 128 Hz
 Window size: 20 s
 Smoothing type: Triangular window
 Smoothing: 10%

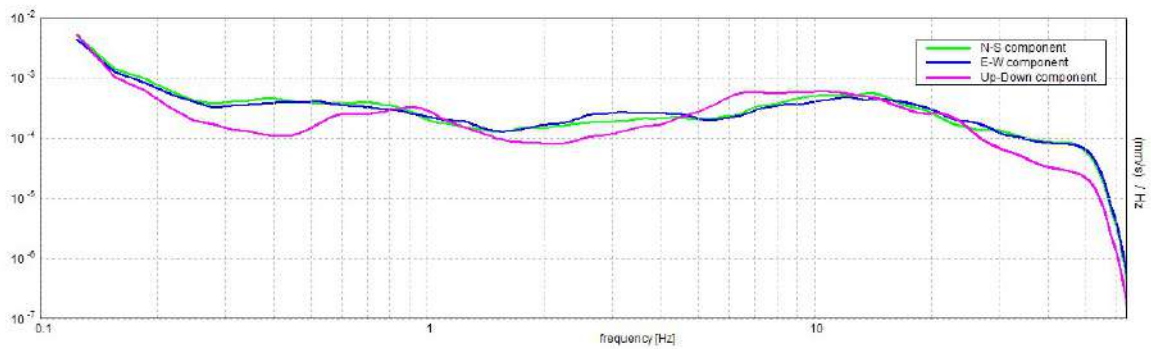
HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO



H/V TIME HISTORY



SINGLE COMPONENT SPECTRA

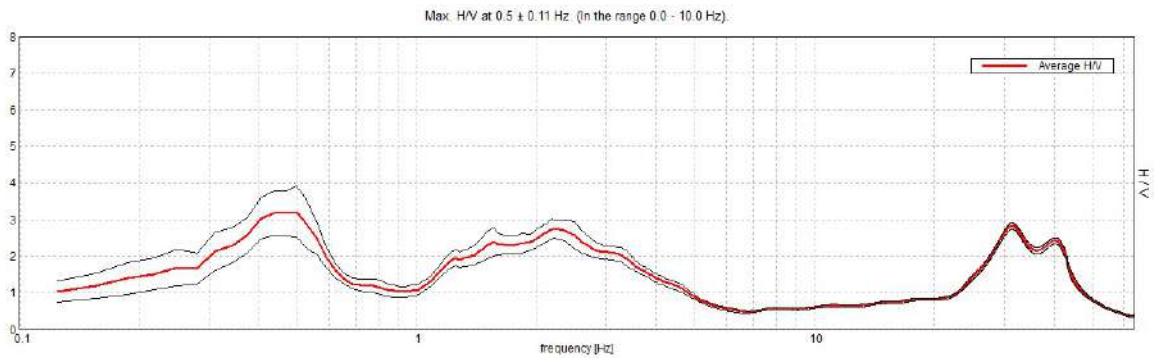


AQUILEIA, FONDAZIONE AQUILEIA TR16

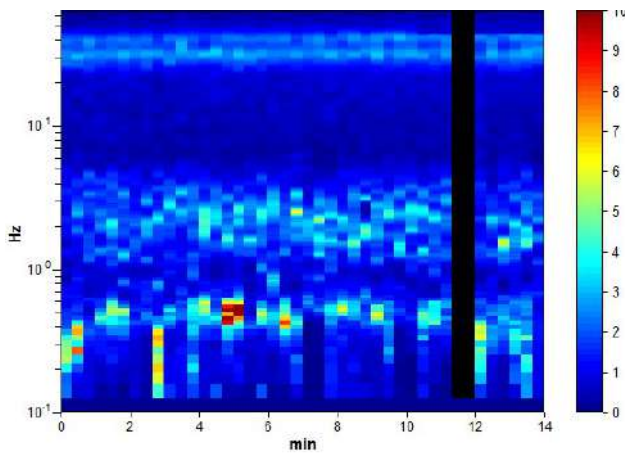
Instrument: TZ3-0012/01-13
 Data format: 32 byte
 Full scale [mV]: 51
 Start recording: 28/07/21 09:46:42 End recording: 28/07/21 10:00:42
 Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN
 GPS data not available

Trace length: 0h14'00". Analyzed 95% trace (manual window selection)
 Sampling rate: 128 Hz
 Window size: 20 s
 Smoothing type: Triangular window
 Smoothing: 10%

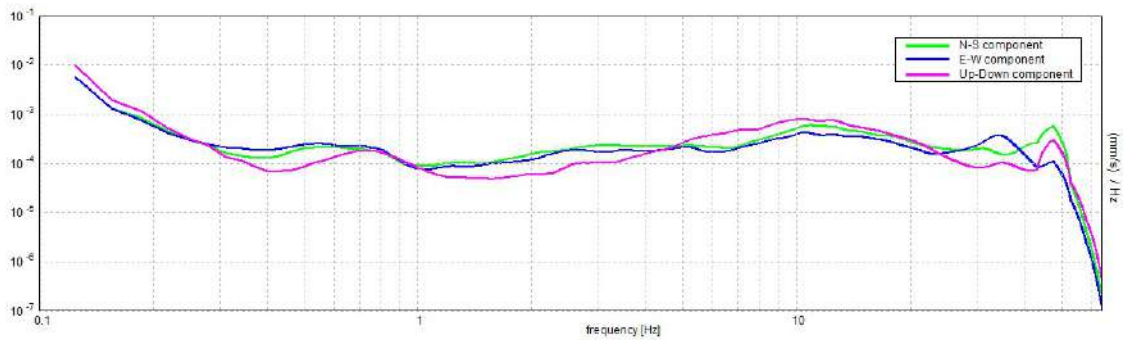
HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO



H/V TIME HISTORY



SINGLE COMPONENT SPECTRA

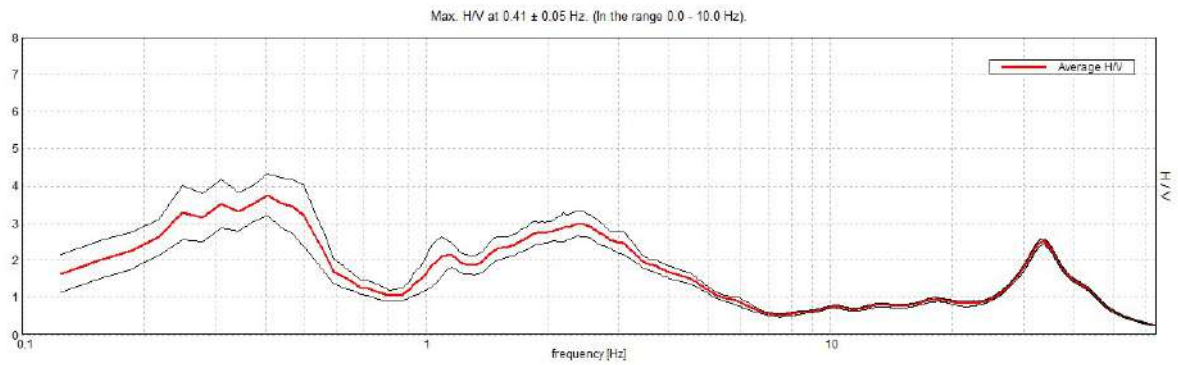


AQUILEIA, FONDAZIONE AQUILEIA TR17

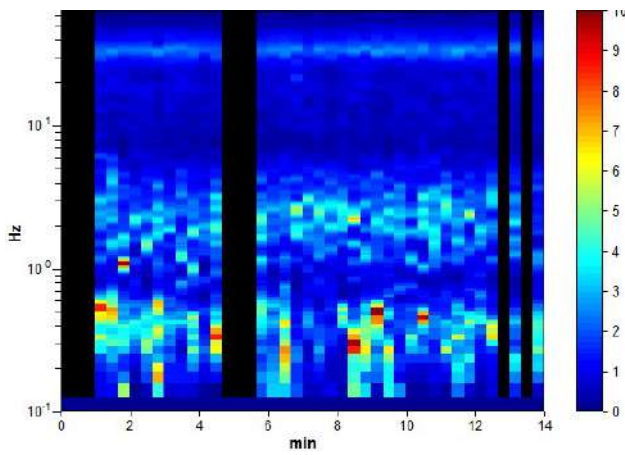
Instrument: TZ3-0012/01-13
 Data format: 32 byte
 Full scale [mV]: 51
 Start recording: 28/07/21 10:04:05 End recording: 28/07/21 10:18:05
 Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN
 GPS data not available

Trace length: 0h14'00". Analyzed 81% trace (manual window selection)
 Sampling rate: 128 Hz
 Window size: 20 s
 Smoothing type: Triangular window
 Smoothing: 10%

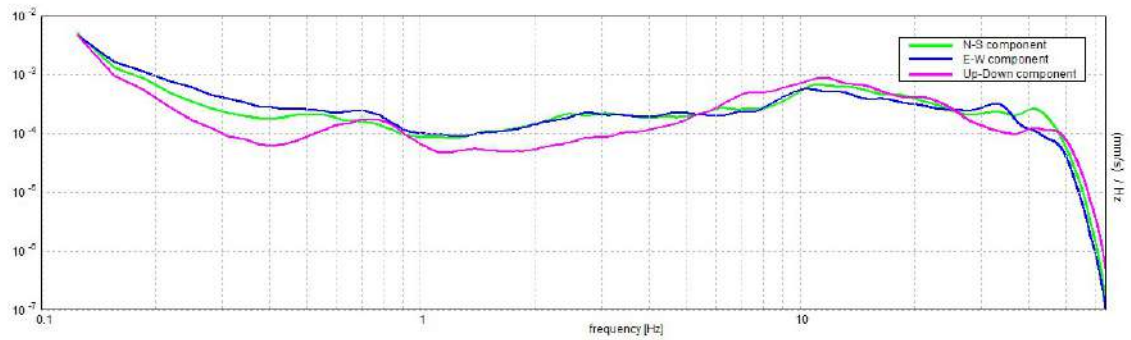
HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO



H/V TIME HISTORY



SINGLE COMPONENT SPECTRA

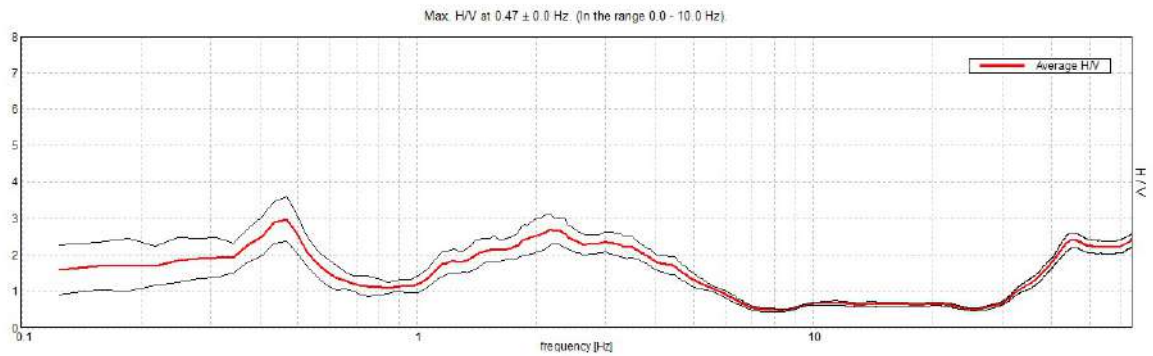


AQUILEIA, FONDAZIONE AQUILEIA TR18

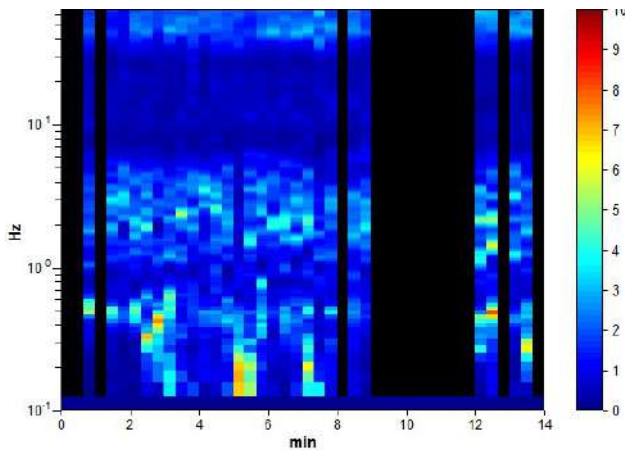
Instrument: TZ3-0012/01-13
 Data format: 32 byte
 Full scale [mV]: 51
 Start recording: 28/07/21 10:20:07 End recording: 28/07/21 10:34:07
 Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN
 GPS data not available

Trace length: 0h14'00". Analyzed 64% trace (manual window selection)
 Sampling rate: 128 Hz
 Window size: 20 s
 Smoothing type: Triangular window
 Smoothing: 10%

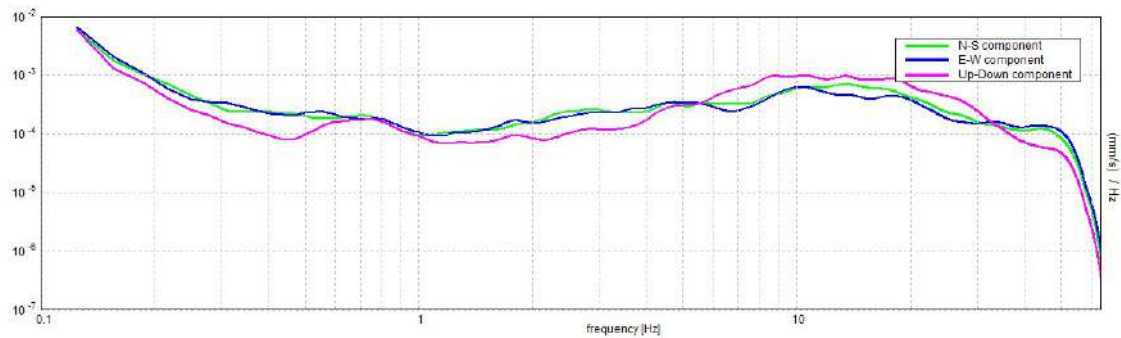
HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO



H/V TIME HISTORY



SINGLE COMPONENT SPECTRA

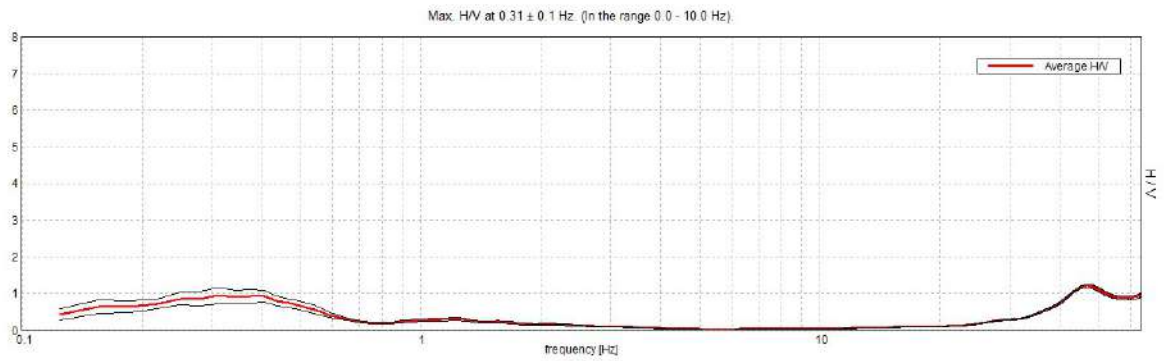


AQUILEIA, FONDAZIONE AQUILEIA TR19

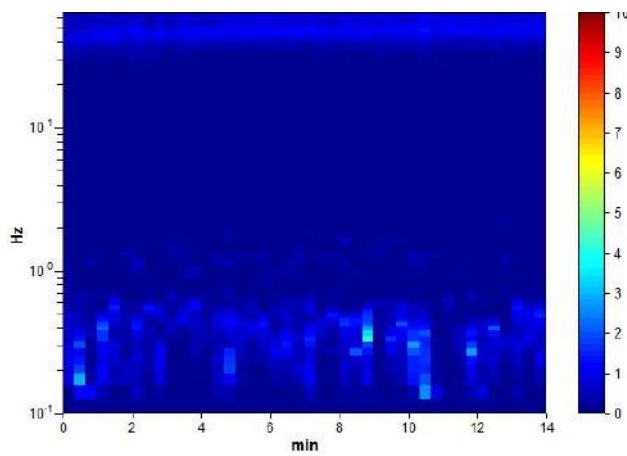
Instrument: TZ3-0012/01-13
 Data format: 32 byte
 Full scale [mV]: 51
 Start recording: 28/07/21 10:36:01 End recording: 28/07/21 10:50:01
 Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN
 GPS data not available

Trace length: 0h14'00". (Analyzed from 0 s for 14. min)
 Sampling rate: 128 Hz
 Window size: 20 s
 Smoothing type: Triangular window
 Smoothing: 10%

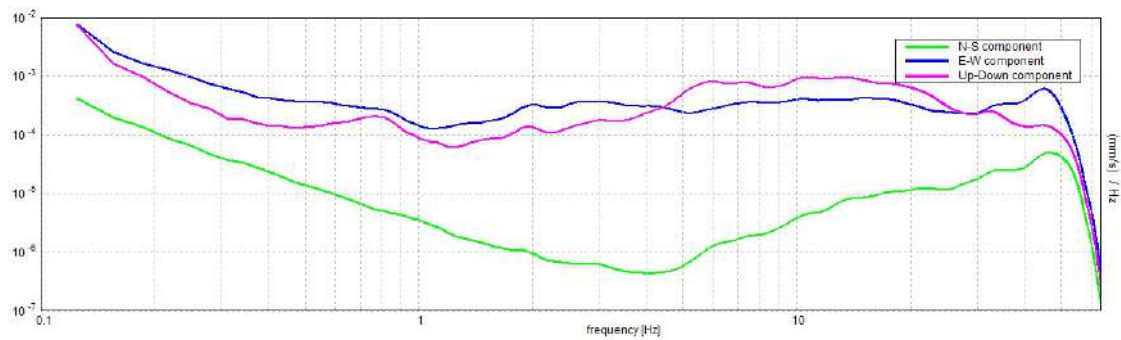
HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO



H/V TIME HISTORY



SINGLE COMPONENT SPECTRA



ALLEGATI GRAFICI

(Le aree evidenziate negli allegati grafici sono puramente indicative. Per l'esatta individuazione planimetrica si deve fare riferimento agli elaborati grafici di progetto)



Figura 1 - Corografia - scala 1:25.000



Figura 2 - Inquadramento topografico sulla CTR - scala 1:5.000

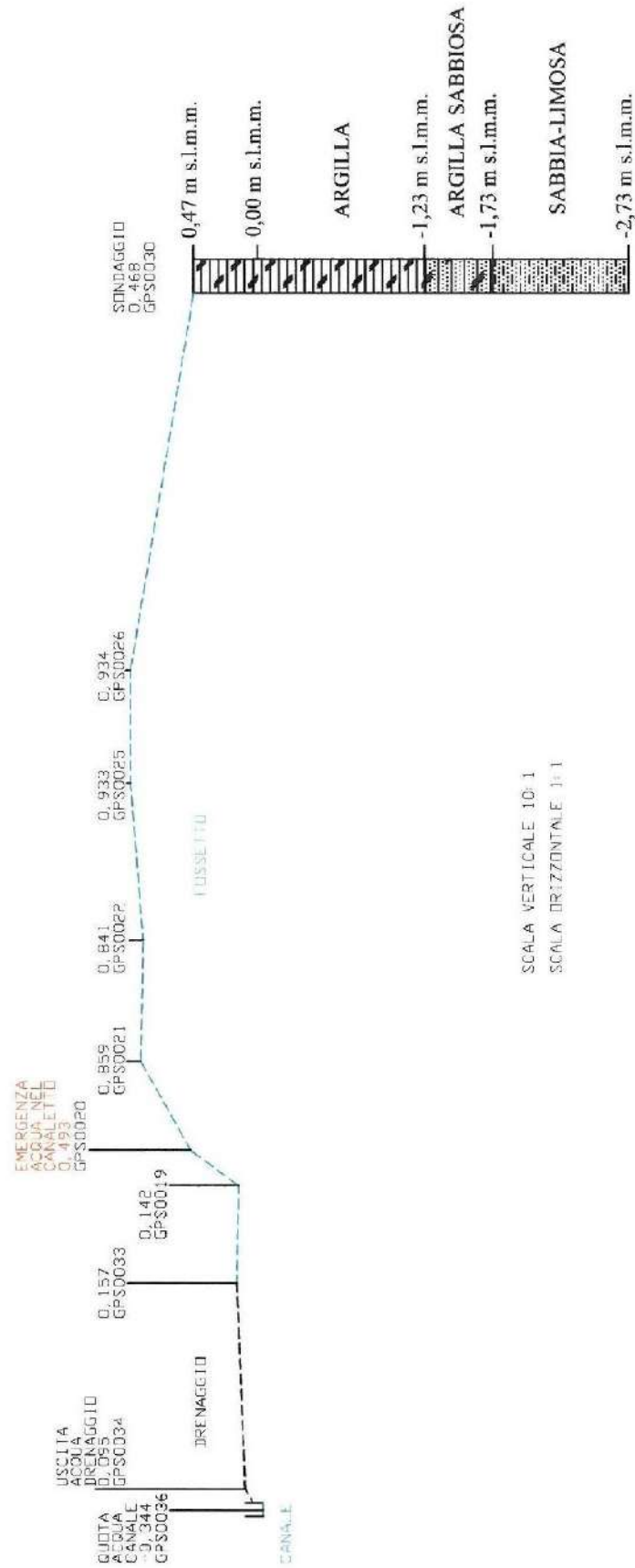


Figura 4 – Sezione schematica del drenaggio centrale, e del fossetto di captazione delle acque a monte degli interventi attuali

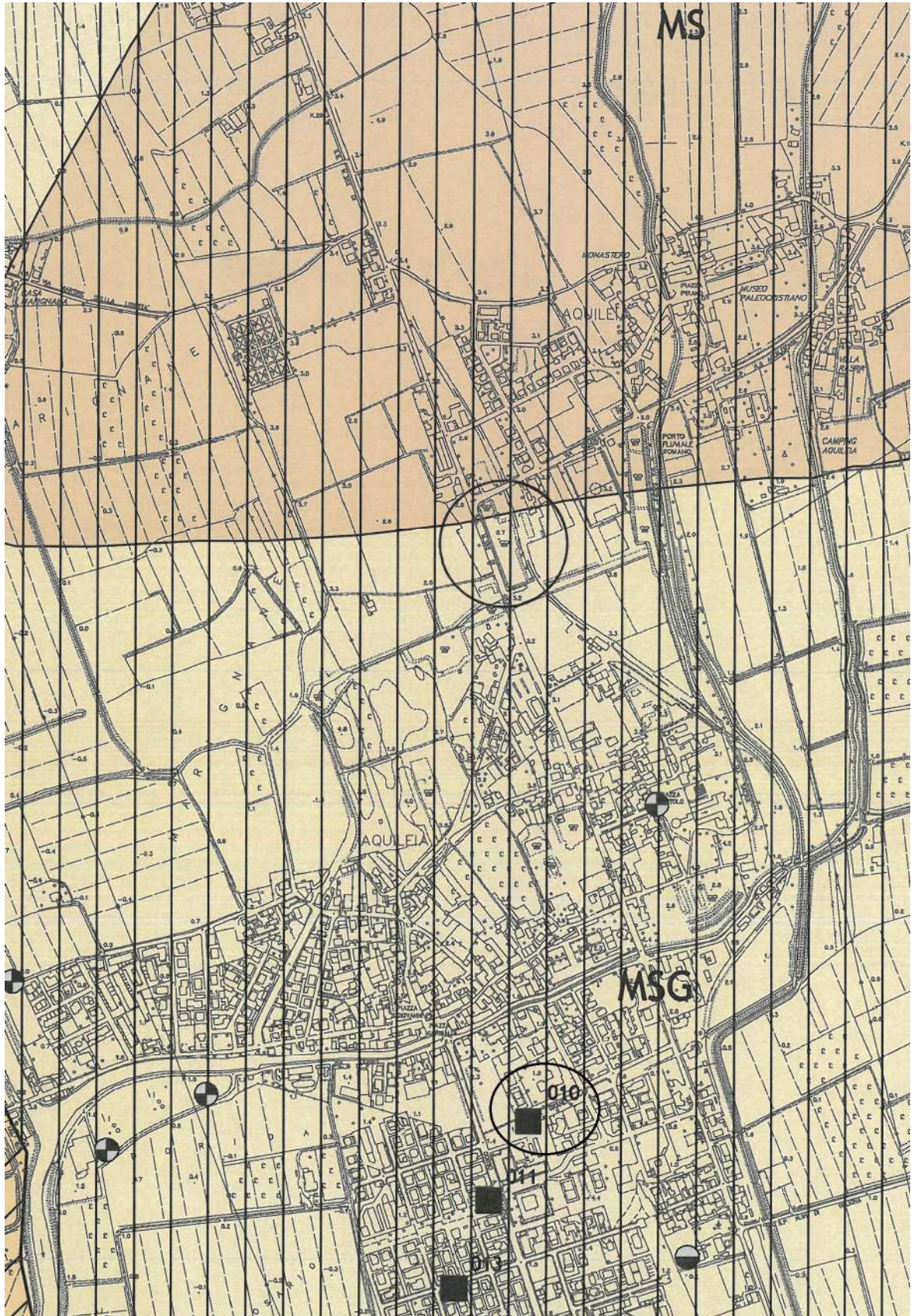
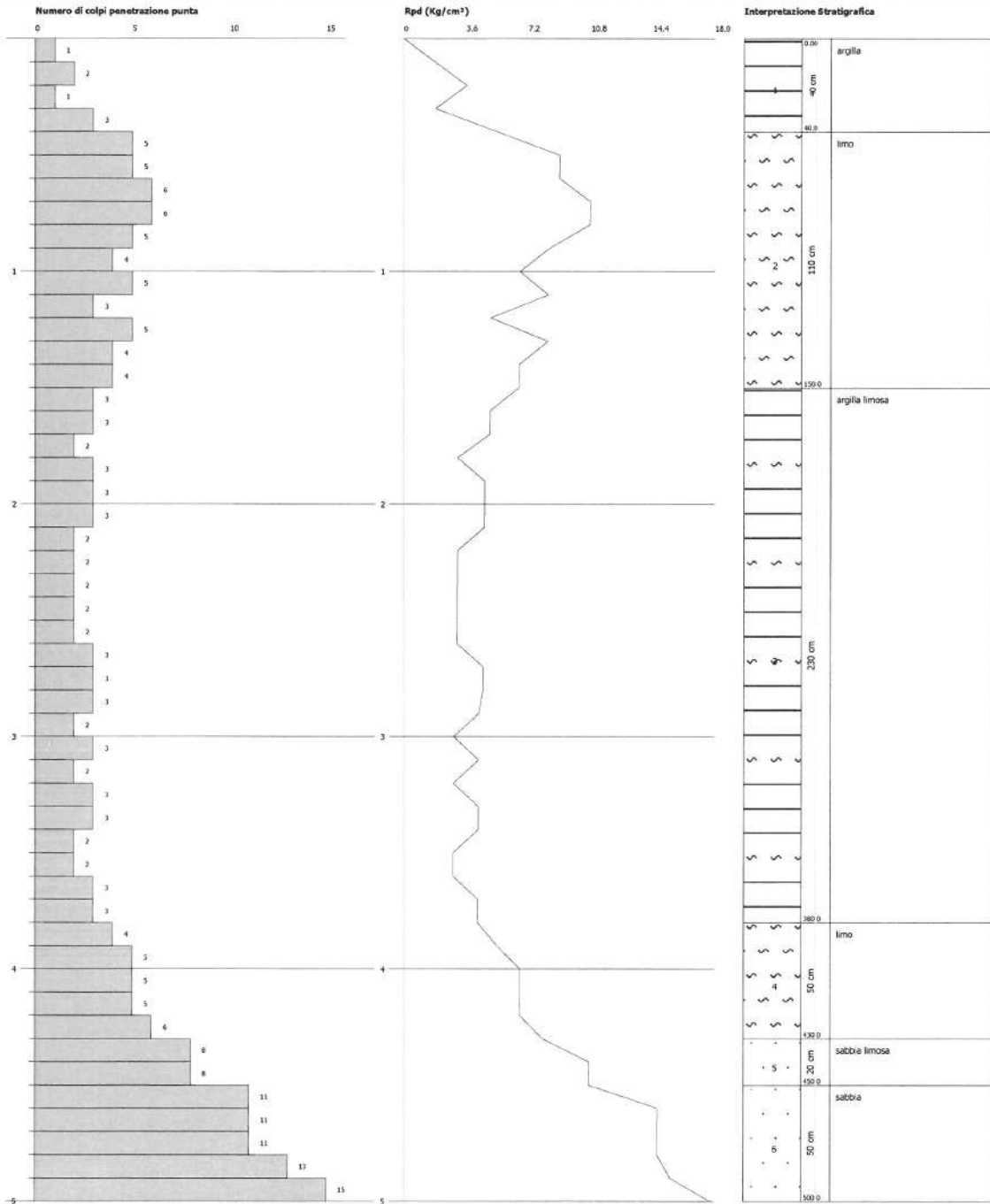


Figura 5 - Estratto dalla "Carta geologica, formazionale, litologica e dei punti d'indagine" allegata al P.R.G.C.; l'area ricade a cavallo tra la zona MSG (sedimenti prevalentemente limoso-argillosi con sabbie e ghiaie da depositi alluvionali di natura prevalentemente calcareo-dolomitica) e MS (sedimenti prevalentemente limoso-argillosi con sabbie) - scala 1:10.000

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DPM 05
 Strumento utilizzato... Pagani DMP 30-20
 DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA-Rpd

Data :22/07/2008

5



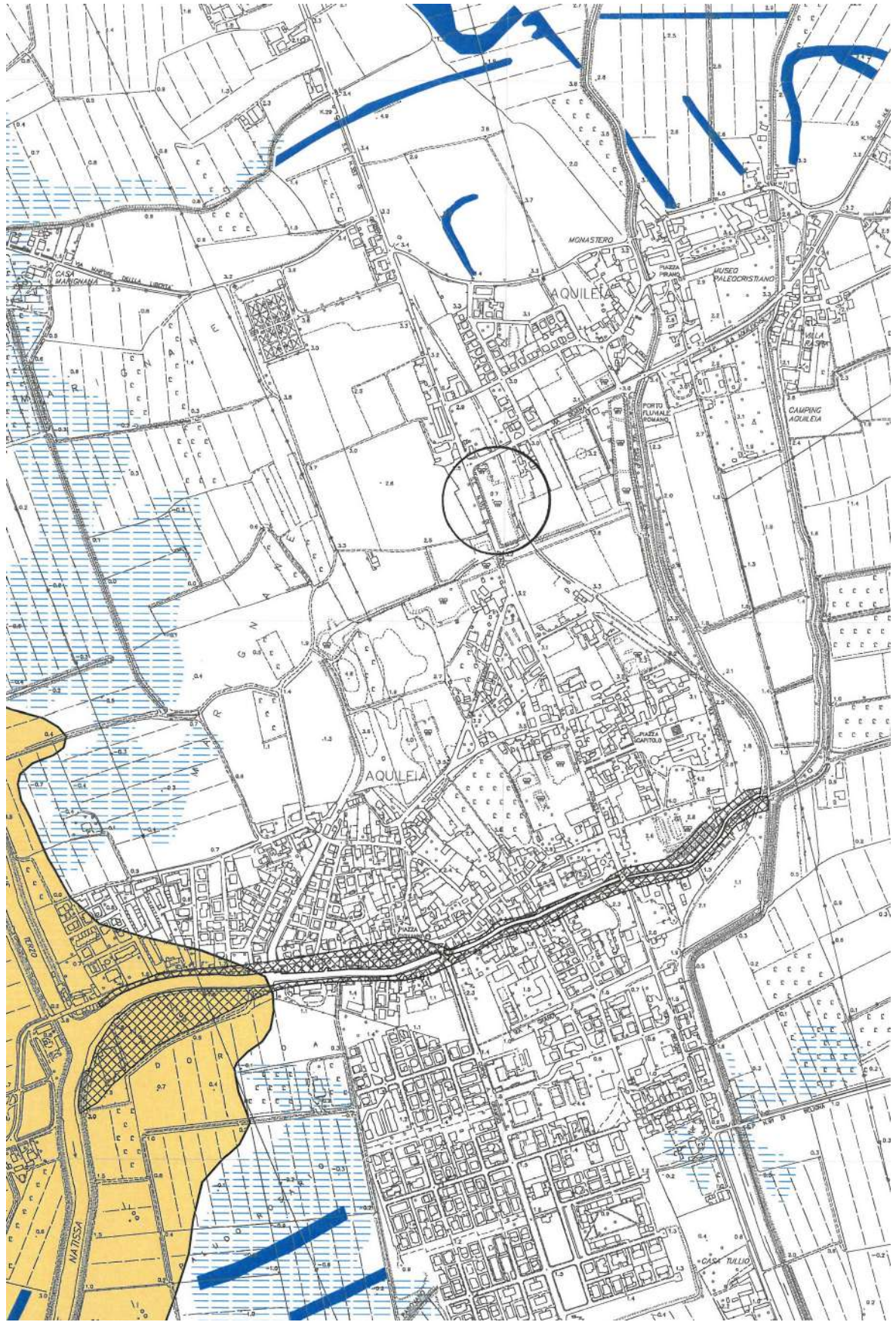


Figura 6 - Estratto dalla "Carta geomorfologica e delle pericolosità naturali" allegata al P.R.G.C. - scala 1:10.000

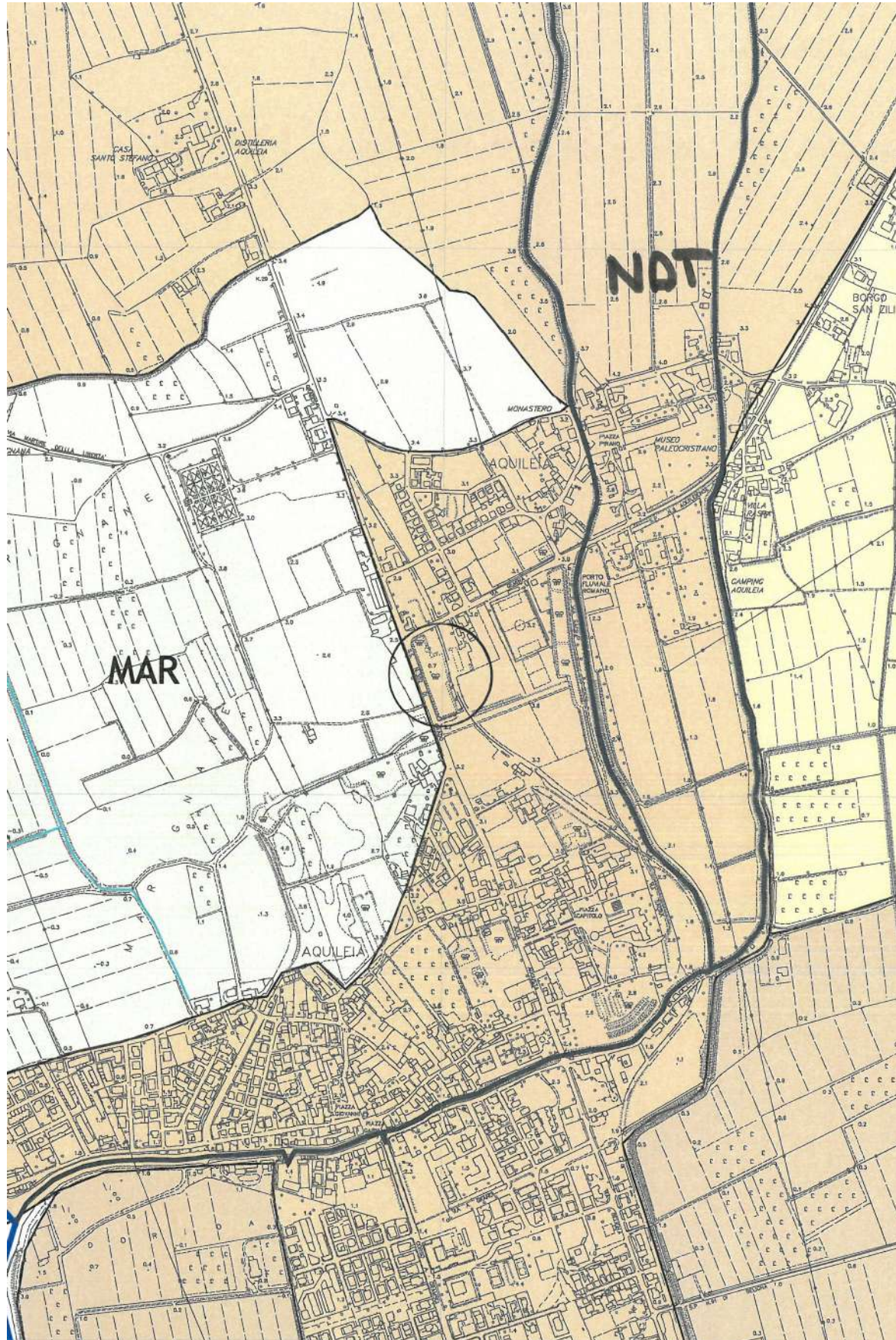


Figura 7 - Estratto dalla “Carta della rete idrografica e dei bacini a scolo naturale meccanico” allegata al P.R.G.C.; l’area ricade nel bacino idrografico del Fiume Natisa - scala 1:10.000

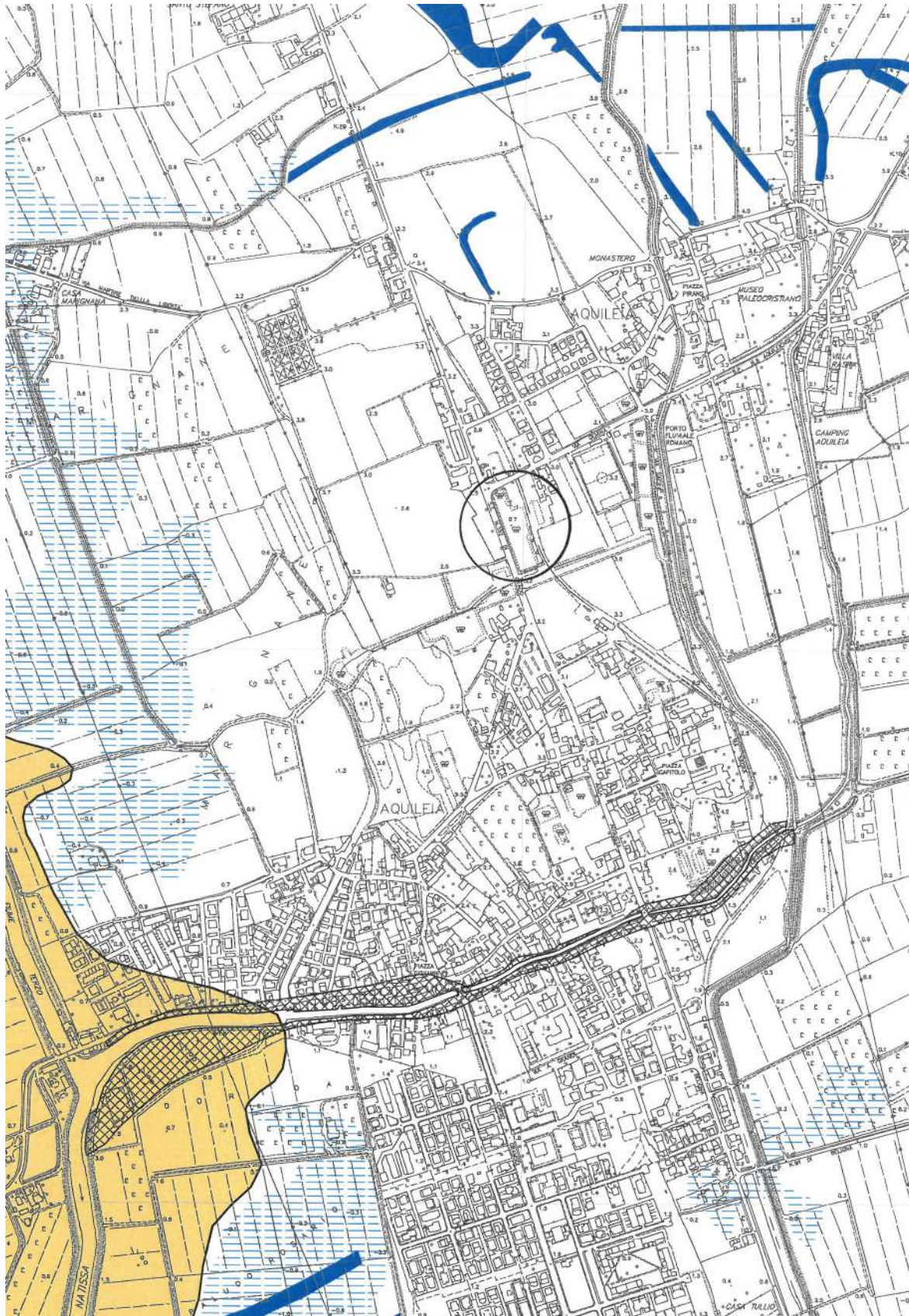


Figura 8 - Estratto dalla "Carta della zonizzazione geologico-tecnica" allegata al P.R.G.C.; l'area ricade in zona Z5 (termini fini prevalenti, poco consistenti, a comportamento fluido-plastico, si ha un miglioramento delle caratteristiche geotecniche con la profondità per la maggiore presenza di frazioni più grossolane. Sedimenti a scadenti caratteristiche geotecniche) - scala originale 1:10.000

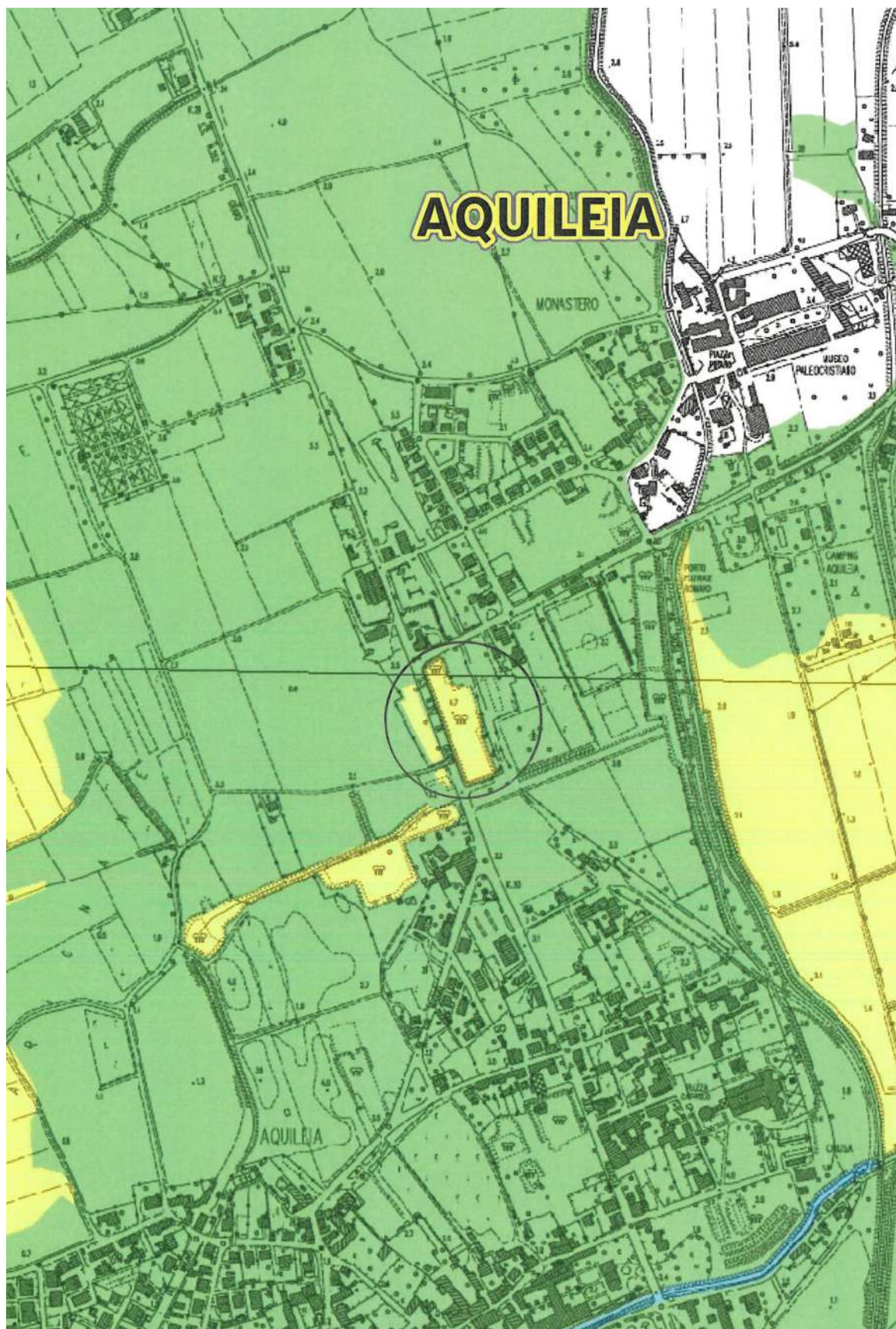
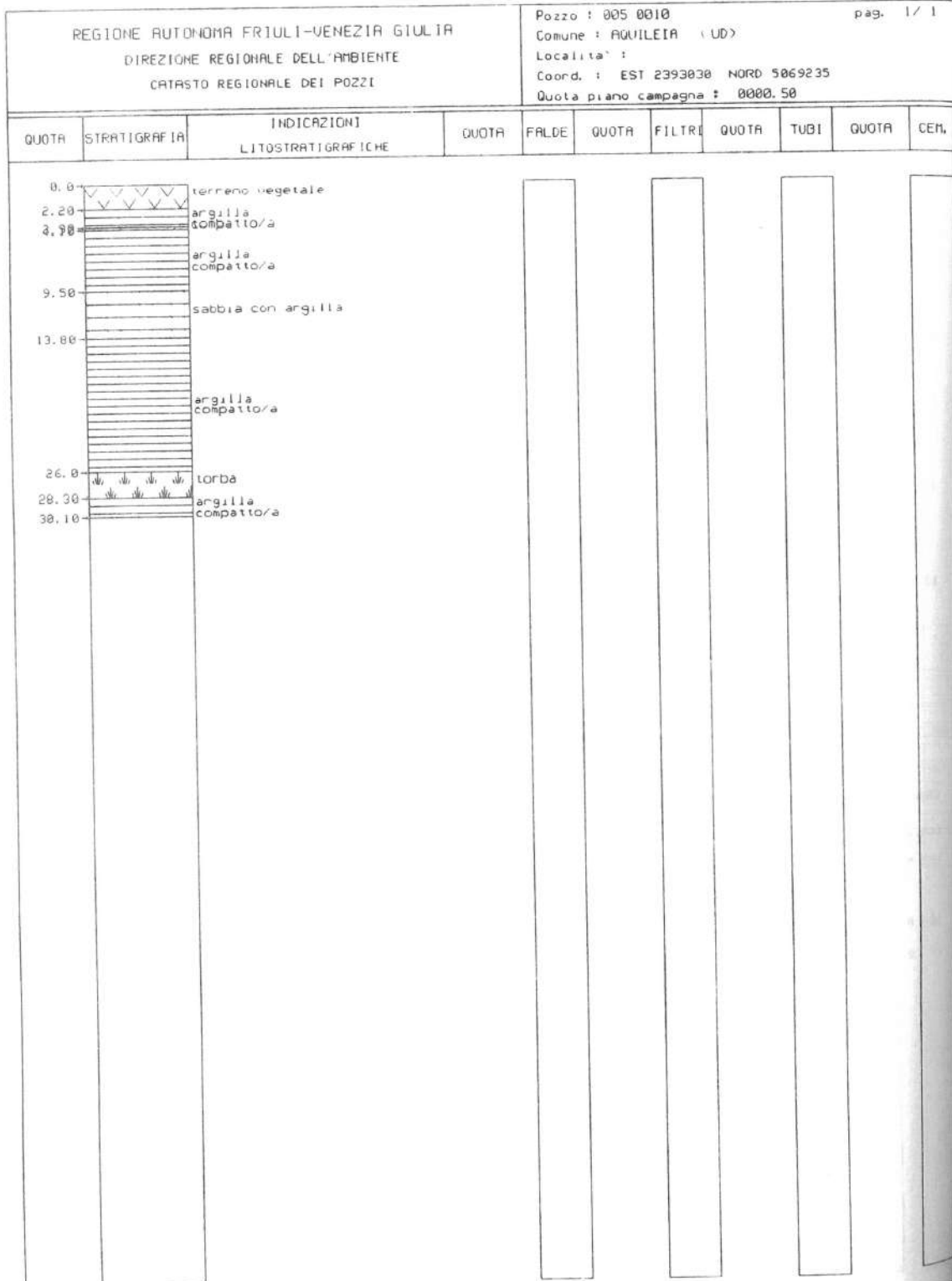
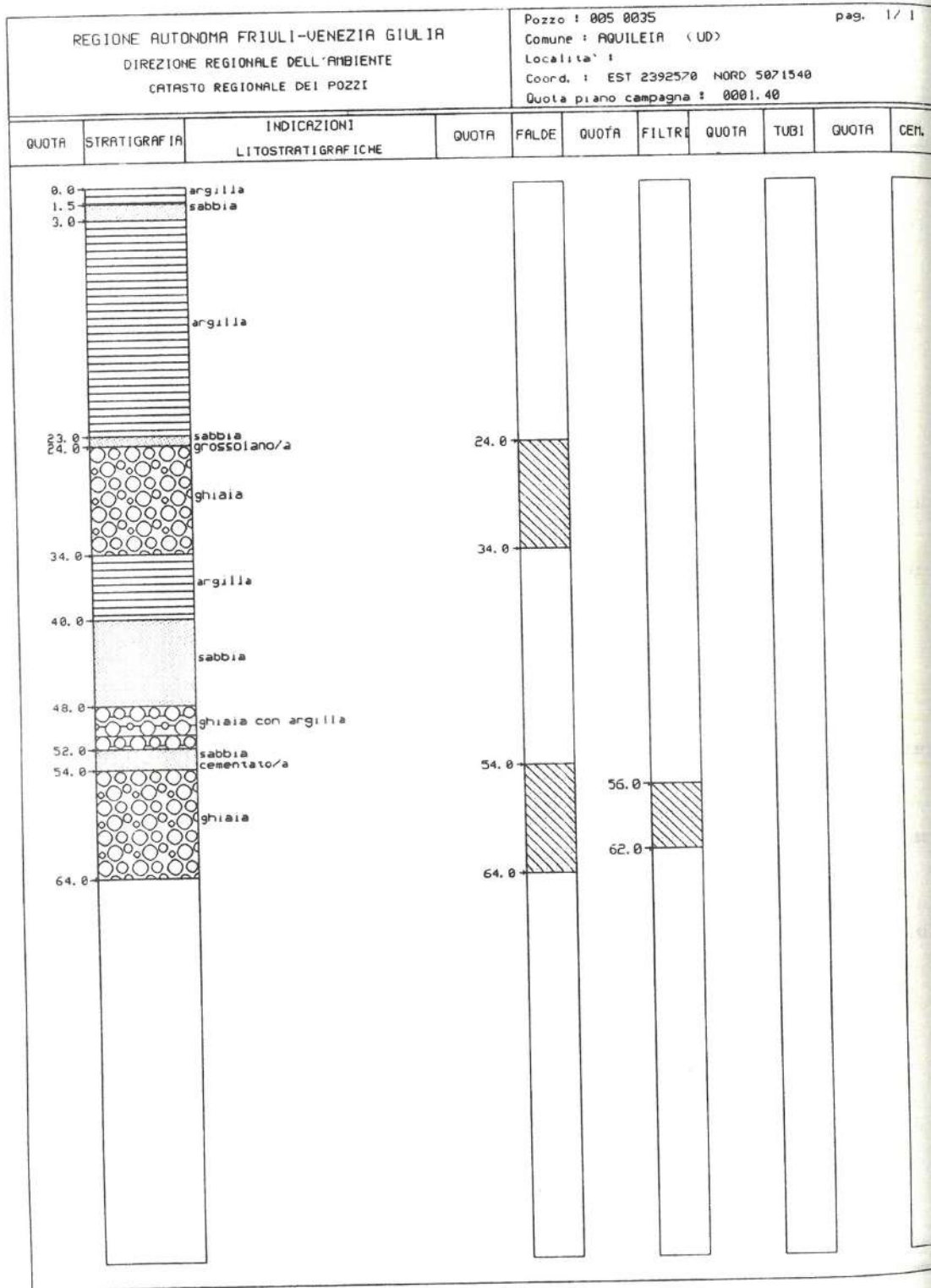


Figura 9 - Estratto dalla "Carta del Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico dei Bacini di Interesse Regionale (P.A.I.R.)"; l'area ricade in zona P1 (pericolosità idraulica moderata) - scala 1:10.000



Figura 10 - Estratto dal "Piano paesaggistico regionale"; l'area ricade in aree archeologiche sottoposte a tutela - fuori scala





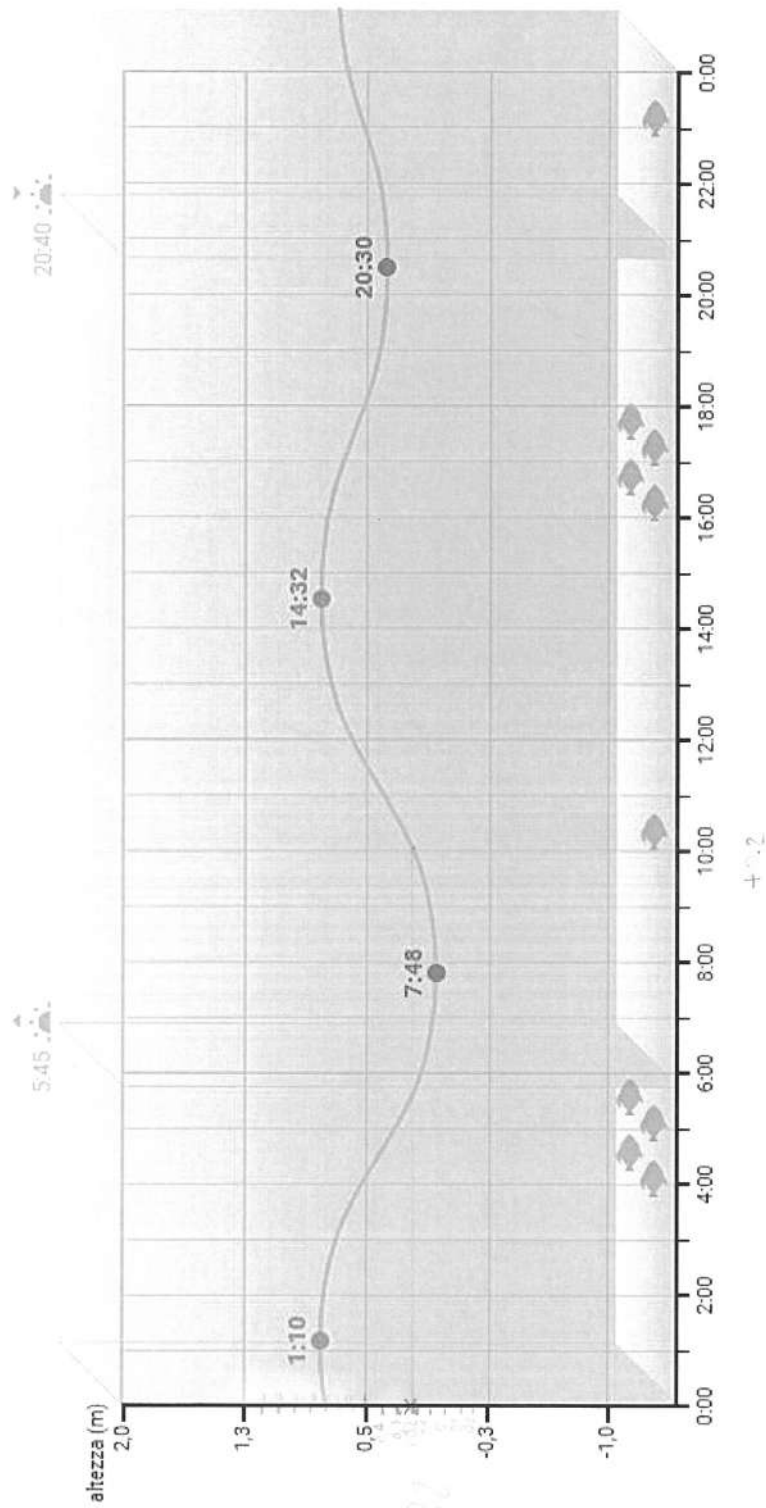


Figura 12 – Maree a Grado il 28.07.2021

Viewer Map



Figura 13 - Estratto da "Ithaca - Catalogo delle faglie capaci" dell'Ispra - fuori scala

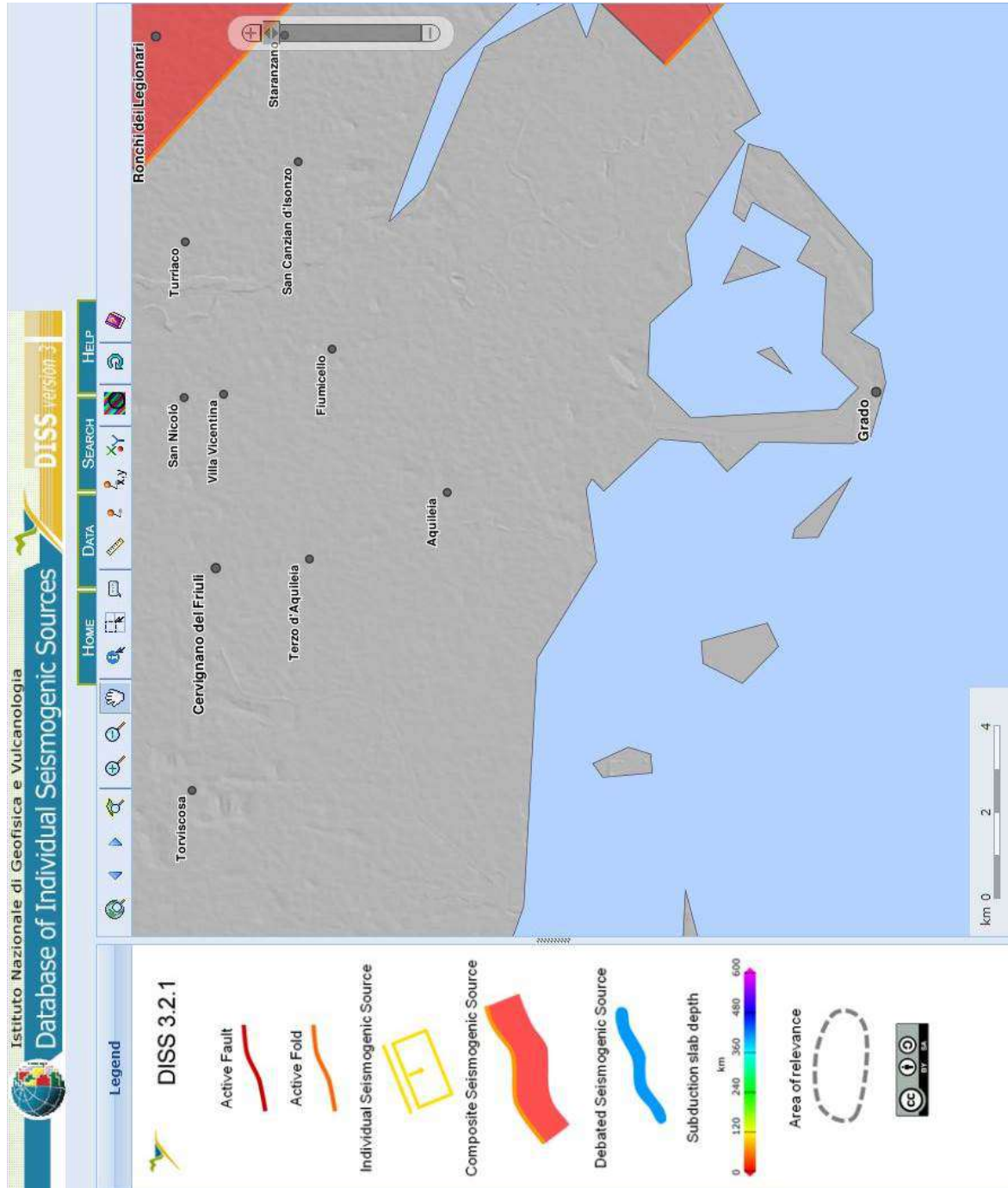


Figura 14 - Estratto dal "DISS - Database of Individual Seismogenic Sources" - fuori scala