

Studio ARCHITETTI & INGEGNERI

PROGETTISTA

Arch. Remigio Bursi

Ing. Stefano Ansuini

Ing. Paolo Paleani

COMMITTENTE

IMMOBILIARE ZEUS S.R.L. - P.IVA 01341110417
Via Flaminia, 49 - Fano (PU)

RICHIESTA DI PIANO ATTUATIVO
DEL COMPARTO ST5_P86 TRA STATALE N.3, LOCALITA' FORCOLO E VIA
VALERIA MORICONI A FANO (PU)

RELAZIONE GEOLOGICA

DOC.03a

RIF.

Comparto ST5_P86

DATA

Ottobre 2023

AGG.

SCALA

Comune di Fano

(Provincia di Pesaro-Urbino)

PIANO ATTUATIVO DEL COMPARTO ST5_P86 TRA STATALE
N°3, LOCALITÀ FORCOLO E VIA VALERIA MORICONI A FANO
(PU).

Committente: Immobiliare Zeus S.r.l – P.IVA 01341110417 Via Flaminia, 49 –
Fano (PU).

Progettisti: Arch. Remigio Bursi
Arch. Sara Giommi
Ing. Stefano Ansuini
Ing. Paolo Paleani

Relazione Geologica

Per la richiesta parere ai sensi dell'art. 89 del D.P.R. 380/01.

INCARICATO:
Dott. Geol. R. Romagna

COLLABORATORI:
Dott. Geol. M. Nenci

ARCHIVIO N°: 2221909

DATA: Ottobre 2023



Romagna & Tamburini
Studio associato
Viale della Vittoria, 81-83
61011 Gabicce Mare (PU)

C.F. - P.IVA 02204940411
Telefono: 0541 95 3050
info@studioromagna.com

SOMMARIO

1. INTRODUZIONE:	2
1.1. NORMATIVA E RACCOMANDAZIONI DI RIFERIMENTO:.....	3
2. DESCRIZIONE INTERVENTO E MODELLO GEOLOGICO:	4
2.1. UBICAZIONE:	4
2.2. DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO URBANISTICO	5
2.3. GEOMORFOLOGIA E GEOLOGIA:	7
2.4. IDROGRAFIA, PIEZOMETRIA E PERMEABILITÀ DEL TERRENO:	9
2.5. VERIFICA PAI TAVOLA RI 7.....	11
2.6. CARTOGRAFIA PROGETTO IFFI E PIATTAFORMA ITALIANA SUL DISSESTO IDROGEOLOGICO.....	12
2.7. EVOLUZIONE GEOMORFOLOGICA – ANALISI FOTOGEOLOGICA SPEDITIVA.....	14
2.8. VERIFICA RISULTATI STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA DI LIVELLO 1	17
3. INDAGINI GEOGNOSTICHE:	19
4. STRATIGRAFIA MODELLO GEOLOGICO-GEOTECNICO	21
4.1. STRATIGRAFIA - MODELLO GEOLOGICO	21
4.2. MODELLO GEOTECNICO - PARAMETRI GEOTECNICI (VALORI MEDI F_M):	24
5. SISMICITA':	25
5.1. SISMICITÀ STORICA:	25
5.2. ZONIZZAZIONE SISMICA NAZIONALE E REGIONALE.....	27
5.3. AZIONE SISMICA:	30
5.3.1. <i>Categoria di sottosuolo e condizioni topografiche:</i>	31
5.3.2. <i>Azione sismica di progetto - Parametri sismici:</i>	34
5.3.3. <i>Liquefazione:</i>	35
6. MODALITA' DI INTERVENTO:	40
6.1. URBANIZZAZIONI.....	41
6.2. SBANCAMENTI E RIPORTI DI TERRENO:	41
6.3. DRENAGGI-REGIMAZIONE DELLE ACQUE:	42
7. CONCLUSIONI	42
ALLEGATO 1	44
ALLEGATO 2	45



RELAZIONE GEOLOGICA

1. INTRODUZIONE:

Su incarico della società Immobiliare Zeus S.r.l, è stata eseguita un'indagine geologica relativa ai terreni interessati dal PIANO ATTUATIVO DEL COMPARTO ST5_P86 TRA STATALE N°3, LOCALITÀ FORCOLO E VIA VALERIA MORICONI A FANO (PU). Trattandosi di intervento urbanistico preventivo di iniziativa privata, il presente studio viene redatto per la richiesta del prescritto parere di conformità geomorfologica ai sensi dell'art. 89 del D.P.R. 380/01 e **sostituisce l'elaborato inviato in precedenza, datato luglio 2023, integrato con quanto richiesto dalla Regione Marche "DIPARTIMENTO INFRASTRUTTURE, TERRITORIO E PROTEZIONE CIVILE DIREZIONE PROTEZIONE CIVILE E SICUREZZA DEL TERRITORIO SETTORE GENIO CIVILE MARCHE NORD" con lettera Rif. P.G. n.987854 del 07/08/2023.**

L'indagine è mirata quindi alla caratterizzazione e/o modellazione geologica del sito di intervento, pertanto il presente studio si propone la definizione delle sue caratteristiche geomorfologiche, litologiche, stratigrafiche, geomeccaniche ed idrogeologiche.

Inoltre, ai fini della definizione delle azioni sismiche di progetto, sarà individuata in via preliminare la categoria di sottosuolo ai sensi dell'art. 3.2.2 delle NTC (DM 17.01.2018), mediante la definizione della velocità equivalente V_{seq} di propagazione delle onde di taglio.

Considerate le caratteristiche delle opere di progetto, che potranno interessare l'area sottoposta ad intervento urbanistico e tenuto conto delle indicazioni ricevute dai progettisti, le stesse possono essere classificate:

- Tipo 2: edifici commerciali e residenziali (Tab. 2.4.I NTC 2018), in Classe d'Uso II ai sensi del D.M. sopracitato art. 2.4.2 con un periodo di riferimento per l'azione sismica pari a $V_r = V_n \times C_u = 50 \times 1.0 = 50$ anni;

In relazione a quanto sopra premesso, tenendo conto delle condizioni generali del sito (già ampiamente conosciute dallo scrivente avendo eseguito già altri studi su aree limitrofe) e considerate le caratteristiche delle opere in progetto, si sono eseguite/utilizzate le seguenti indagini:

- n° 1 sondaggio meccanico a carotaggio continuo della profondità di m 15,50 (**S1**) eseguito all'interno del comparto dalla ditta Geco s.r.l. nel mese di settembre 2021;
- n° 1 sondaggio meccanico a carotaggio continuo al difuori dell'area di comparto (**S2**) della profondità di m 14,70 eseguito dalla ditta Geco s.r.l. nel mese di settembre 2021, durante il quale è stata eseguita una prova di permeabilità di tipo Lefranc;
- n° 1 sondaggio meccanico a carotaggio continuo nell'area di comparto (**S4**) della profondità di m 7,00 eseguito dalla ditta Intergeo s.r.l. nel mese di ottobre 2022, durante il quale sono state eseguite due prove di permeabilità di tipo Lefranc;
- n° 2 sondaggi meccanici a distruzione con elica continua (**SD3 ed SD5**) di profondità variabile eseguiti nel mese di ottobre 2022 durante i quali si sono eseguite ulteriori prove di permeabilità di tipo Lefranc;
- n° 5 prove penetrometriche Dinamiche Pesanti (DPSH) eseguite nella porzione del comparto più prossima alla via Flaminia dalla ditta Geco S.r.l per conto dello studio geologico Montanari nel Settembre 2021;
- n° 1 indagine geofisica mediante una prova MASW (multichannel analysis of surface waves) eseguite nella porzione del comparto più prossima alla via Flaminia dalla ditta Geco S.r.l per conto dello studio geologico Montanari nel Settembre 2021;
- n° 3 indagini di sismica passiva a stazione singola (HVSr) all'interno del comparto.

A seguito della richiesta di integrazione da parte della Regione Marche "DIPARTIMENTO INFRASTRUTTURE, TERRITORIO E PROTEZIONE CIVILE DIREZIONE PROTEZIONE CIVILE E SICUREZZA DEL TERRITORIO SETTORE GENIO CIVILE MARCHE NORD" citata in precedenza sono state eseguite le seguenti ulteriori indagini:



- n° 2 sondaggi meccanici a carotaggio continuo (**S6 ed S7**) eseguiti nella porzione Nord-Ovest dell'area dalla ditta Intergeo s.r.l. nel mese di settembre 2023; nel sondaggio S6 sono stati prelevati due campioni di terreno per le analisi granulometriche di laboratorio; durante il sondaggio S7 è stata eseguita una prova di permeabilità di tipo Lefranc:
- n° 3 prove penetrometriche Statiche con punta meccanica (CPT) eseguite nell'area interessata dall'edificazione in prossimità di via Forcolo dalla ditta Intergeo S.r.l nel Settembre 2023;
- n° 1 prova penetrometrica Statica con punta elettrica (CPTu) eseguita nella porzione del comparto più prossima alla via Flaminia dalla ditta Intergeo S.r.l nel Settembre 2023;
- n° 1 indagine geofisica mediante una prova MASW (multichannel analysis of surface waves) eseguita dallo scrivente nell'area interessata dall'edificazione in prossimità di via Forcolo nel Settembre 2023;
- n° 5 indagini sismiche passive a stazione singola (HVSr) eseguite nel settembre 2023.

Si ricorda infine, per quanto riguarda le condizioni idrauliche dell'area, che al presente studio geologico redatto ai sensi dell'art. 89 D.P.R. 06/06/2001 n.380 è allegato anche lo studio di compatibilità idraulica ai sensi degli artt. 10 e 13 della Legge Regionale 22/2011, pertanto alle indicazioni/prescrizioni contenute nel presente studio vanno integrate quelle eventuali relative allo studio di compatibilità idraulica allegato al presente progetto urbanistico.

A fine relazione si allega:

ALLEGATO 1

- rilievo aerofotogrammetrico in scala 1:10.000 ed 1:5.000;
- estratto di mappa in scala 1:2.000;
- carta geologica regionale in scala 1:10.000;
- stralcio del piano di assetto idrogeologico ex Autorità di Bacino Regione Marche;
- planimetria dell'area interessata con individuazione delle indagini eseguite;
- sezione con ricostruzione litostratigrafica.

ALLEGATO 2

- Log stratigrafici dei sondaggi meccanici eseguiti (carotaggio continuo e elica continua);
- diagrammi delle prove statiche (CPT e CPTu) e dinamiche pesanti eseguite (DPSH);
- certificati delle analisi granulometriche di laboratorio
- elaborazioni delle prove di permeabilità Lefranc eseguite;
- indagini geofisiche MASW- rapporto;
- indagini sismiche passive a stazione singola (HVSr) - rapporto.

1.1. Normativa e raccomandazioni di riferimento:

D.M. LL.PP. del 11/03/1988 Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.

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.

D.M. 9 Gennaio 1996 Norme Tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche

D.M. 16 Gennaio 1996 Norme Tecniche relative ai criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi

D.M. 16 Gennaio 1996 Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche

Circolare Ministero LL.PP. 15 Ottobre 1996 N. 252 AA.GG./S.T.C.



Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche di cui al D.M. 9 Gennaio 1996
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
Ordinanza P.C.M. n. 3274 del 20.3.2003 Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica.

D.C.R. n.116, 21.01.04 «Piano Stralcio di Bacino per l'assetto idrogeologico dei bacini di rilievo regionale (P.A.I.)».

Norme tecniche per le Costruzioni 2008 Norme tecniche per le costruzioni D.M. 14 gennaio 2008.

Eurocodice 7 Progettazione geotecnica – Parte 1: Regole generali.

Eurocodice 8 Indicazioni progettuali per la resistenza sismica delle strutture - Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici.

Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni» (NTC 2018) Decreto 17 gennaio 2018.

2. DESCRIZIONE INTERVENTO E MODELLO GEOLOGICO:

2.1. Ubicazione:

La zona esaminata ricade in località Forcolo tra la statale n° 3 e Via Valeria Moriconi, all'interno del territorio comunale di Fano.

L'area di indagine è situata nel Foglio n° 110 della Carta d'Italia e nelle tavolette 110 III e IV. alla scala 1:25.000, mentre ricade nella sezione 269130 "Fano" della Carta Tecnica Regionale. Nella cartografia tematica ricade all'interno del Foglio 269 "Fano" della Carta Geologica d'Italia e nella sezione 299130 "Fano" della Carta Geologica Regionale, infine è ricompresa nella Tavola RI 7 del Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.) progetto di variante 2016.

Catastralmente interessa le particelle 29, 6, 812 del foglio n° 49 del catasto di Fano.

I terreni ricadono nel comparto ST5_P86 nel Piano regolatore generale per una superficie totale di 19.205 m².



Figura 2-1 Vista aerea dell'area indagata con indicazione approssimativa dell'area di intervento.



2.2. DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO URBANISTICO

Di seguito si riporta una descrizione dell'intervento in oggetto, tratta dalla relazione tecnica a firma del tecnico progettista.

In particolare, all'interno del comparto ST5_P86, oltre alla realizzazione di edifici di carattere commerciale e/o direzionale, è prevista la realizzazione di:

- a) nuove sedi stradali, carrabili, pedonali, ciclabili, parcheggi pubblici;
- b) aree a verde pubblico;
- c) rete fognante di raccolta acque meteoriche e relativo smaltimento;
- d) cabina di trasformazione e canalizzazioni rete elettrica;
- e) impianto di pubblica illuminazione.

Le opere di urbanizzazione primaria sono previste anche all'interno della fascia di rispetto stradale di 30 m. dal ciglio di via V. Morriconi, ma esse non verranno computate ai fini del soddisfacimento degli standard di leggi nazionali, regionali né comunali.

Le opere previste sono le seguenti:

A) Strade, parcheggi, percorsi pedonali e ciclabili

A.1) Realizzazione di corsie di accesso ed uscita al comparto su via Morriconi della larghezza di 3,50 m + 50 cm. di banchina per parte.

Una minima viabilità interna al comparto, indispensabile per accedere ai due fabbricati commerciali principali ed al parcheggio pubblico che si sviluppa parallelamente a via Morriconi

A.2) Realizzazione del Parcheggio pubblico per autoveicoli per ca. 3.100 m² e 63 posti auto totali, di cui m². 2130e 40 p.a. inclusi negli standard.

In prossimità dell'ingresso al lotto 2 saranno realizzati i parcheggi per cicli e moto.

La parte centrale del parcheggio si svilupperà lungo l'area verde che sarà poi connessa ad una rete di percorsi pedonali.

Nel parcheggio pubblico non saranno posizionate le tettoie di raccolta/distribuzione carrelli, che troveranno posto esclusivamente nelle arre private dei due fabbricati commerciali.

L'attuale salto di quota altimetrica tra via Morriconi ed il terreno del comparto verrà parzialmente ridotto con la realizzazione di un rilevato per tutti i piazzali, pubblici e privati, interni al comparto stesso.

Le strade ed i parcheggi saranno realizzate con:

-rilevato in misto riciclato, controllato, di almeno 50 cm. secondo le quote di progetto dopo aver rimosso il terreno superficiale rimaneggiato;

- fondazione in misto 0-25 granulometrico stabilizzato di 20 cm;
- pavimentazione in conglomerato bituminoso costituita da bynder- di 5 cm. e sovrastante manto di usura (tappetino) di 3 cm delimitata da cordoli in clv. a sezione quasi piena;
- aiuole della zona parcheggi sistemate a verde con prato e alberature;

A.3) Allargamento di via Forcolo e piste ciclabili:

come opera di urbanizzazione verrà ceduta una striscia di 1,50 m lungo il tratto di comparto adiacente via Forcolo, per allargamento della stessa necessario alla realizzazione del marciapiede, come previsto dalla scheda di PRG.

B) Area a verde pubblico

Tutto il progetto della lottizzazione ruota attorno all'area a verde pubblico di forma semicircolare posta al centro dell'intervento quale punto aggregativo di valenza sociale, assieme all'attività di pubblico esercizio prevista al piano terra del fabbricato



2.

L'area sarà caratterizzata da percorsi pedonali circolari paralleli di cui il più esterno caratterizzato da pergolato in elementi tubolari tralicciati di alluminio, con lo spazio centrale adibito a piazzetta di ritrovo con sedute in pietra.

La varietà tipologica e distributiva delle piante e dei materiali è meglio evidenziata nell'elaborato grafico inerente alla realizzazione del verde

C. Rete acque meteoriche

Il sistema di raccolta e smaltimento delle acque meteoriche è stato separato per le aree pubbliche e per le aree private, quest'ultime a sua volta separate tra il lotto 1 ed i lotti 2 e 3.

Dalla società Autostrade, sono state realizzate delle canalizzazioni di raccolta delle acque meteoriche sui tratti antistanti il comparto, sia in via Morriconi che in via Flaminia, convogliate sino alle depressioni di colmata realizzate lungo l'autostrada in località Centinarola.

Il sistema di raccolta delle acque meteoriche della parte pubblica (strade, parcheggi e verde) realizzato con caditoie in ghisa, pozzetti di raccordo, tubazioni in Pvc, farà capo a dei collettori sovradimensionati rispetto al carico idraulico ipotizzabile, per poter essere considerati essi stessi volume di laminazione nella misura di legge dell'80% (pari ad almeno 70 m³.), facenti capo ad un vaso di laminazione e dispersione, nello spirito dell'invarianza idraulica, come meglio descritto nell'apposita relazione. Non è prevista una vasca di prima pioggia, in quanto non previsto dal Piano regionale di tutela delle acque per questa tipologia di insediamento.

La vasca di laminazione e dispersione, con il suo volume di circa 50 m³. e superficie disperdente di 26 m³, sarà realizzata a secco con sistemi modulari geocellulari in polipropilene, posti in parallelo sulle tubazioni.

La vasca, verrà impostata con la sua superficie inferiore nel banco di ghiaie all'interno del rilevato ad una quota di circa 2,50 m dall'attuale p.c., oltre alla funzione di laminazione svolgerà principalmente anche funzione disperdente nel terreno, riducendo la portata di piena ed amplificando ulteriormente l'effetto della laminazione, presente già su tutta la rete dei collettori sovradimensionati.

Inoltre è previsto un modesto impianto di allontanamento per le sole acque di troppo pieno che, in casi eccezionali attualmente non ipotizzabili, le convogli nel collettore già realizzato ai lati di via Morriconi.

La stessa tipologia di raccolta e smaltimento delle acque meteoriche è prescritta dalle NTA del P.A. indipendentemente per gli interventi edificatori nei lotti 1, 2 e 3; in tutti i casi la volumetria di laminazione da assicurare tra quota collettori e vasca finale sarà di circa 220-230 m³ ciascuno, come meglio dettagliato nel progetto che sarà allegato alla richiesta dei titoli edilizi relativi.

D) Cabina di trasformazione e canalizzazione interrata conduttori Enel

È prevista la realizzazione di una cabina Enel di trasformazione in un nuovo manufatto da realizzarsi in una delle aree laterali al parcheggio centrale, al di fuori della fascia di inedificabilità, tramite la quale sarà alimentata la rete distributiva di lottizzazione sia di MT che di BT.

Tutte le armature stradali e da giardino previste, saranno dotate di dispositivo cut-off, in accordo con la normativa regionale sulla prevenzione dell'inquinamento luminoso.



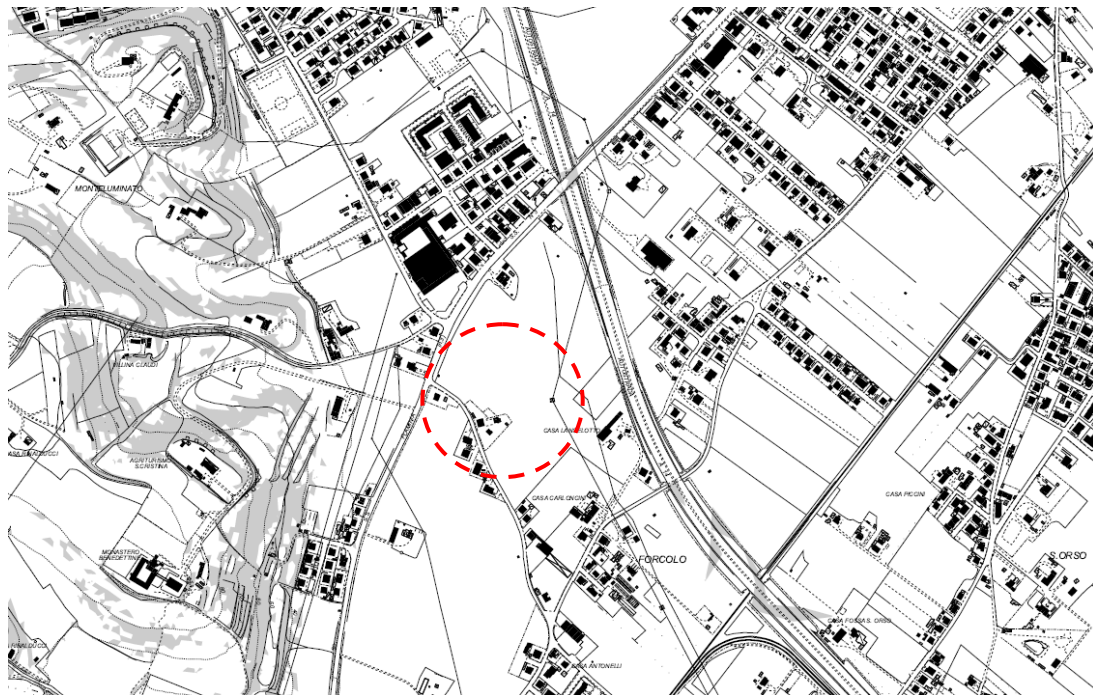
2.3. Geomorfologia e Geologia:

Dal punto di vista geomorfologico, l'area ricade fra la foce del fiume Metauro ed il torrente Arzilla ed è caratterizzata da una vasta piana alluvionale terrazzata del Pleistocene Superiore e Olocene e da una stretta piana costiera olocenica.

L'area di Fano si colloca nel settore più esterno della porzione centro settentrionale dell'Appennino Umbro-Marchigiano, molto ad oriente delle principali dorsali carbonatiche che costituiscono i tratti più marcati della catena.

L'area in esame è situata all'interno dei depositi alluvionali terrazzati (**MTIbn**) del fiume Metauro, composti prevalentemente da materiale ghiaioso, con corpi limoso-sabbiosi o sabbioso-ghiaiosi intercalati fra loro in genere con maggior più frequenza e spessore, verso l'alto.

Solo una piccola porzione del comparto sul lato ovest risulta interessata da depositi eluvio colluviali (**MUSb2**) che molto probabilmente risultano interdigerati e/o sfumano gradualmente nei depositi alluvionali terrazzati sopracitati.

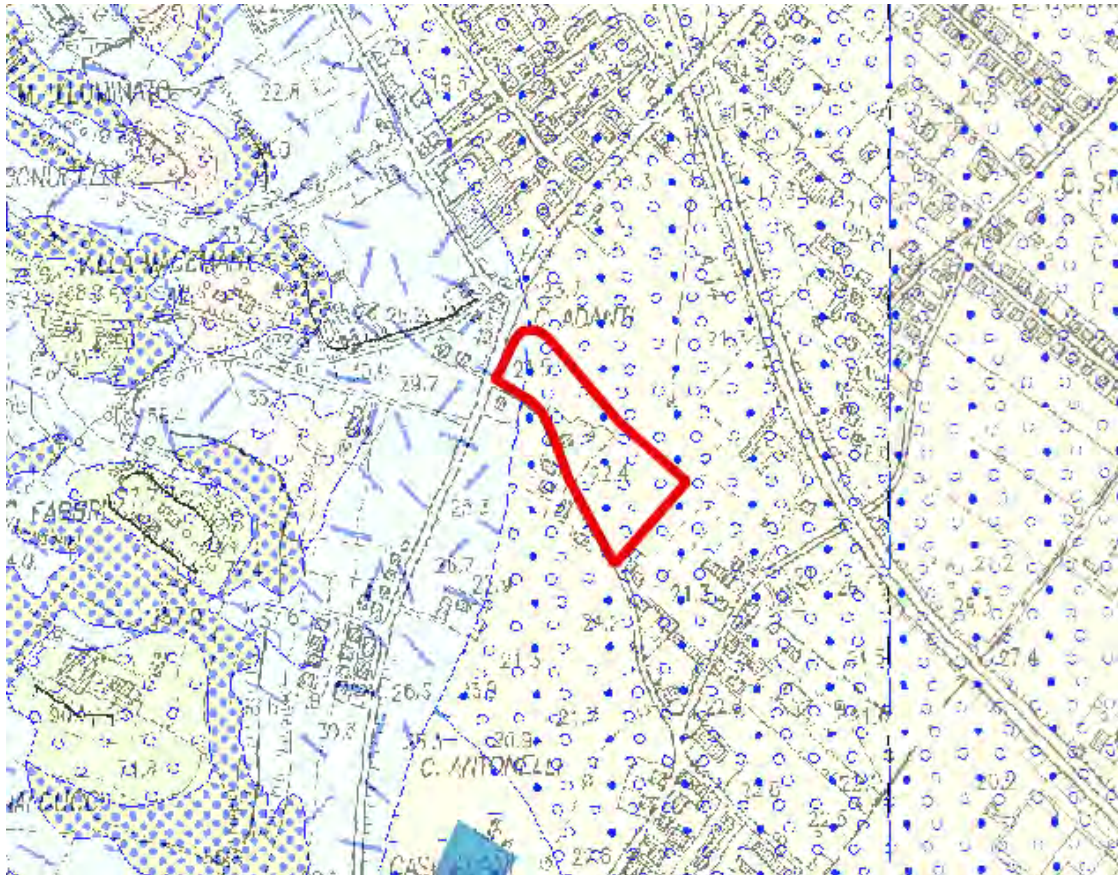


Legenda

	Area instabile	S	Soliflusso generalizzato
	Area potenzialmente instabile		Scarpata antropica
	Area con pendenza > 30%		Scarpata strutturale
	Area di escavazione		Scarpata di erosione fluvio-torrentizia attiva
			Scarpata di erosione fluvio-torrentizia quiescente
			Scarpata di erosione fluvio-torrentizia inattiva
			Corona di frana attiva
			Corona di frana quiescente
			Corona di frana inattiva
			Gradino di frana quiescente
			Gradino di frana inattivo
			Contropendenza

Figura 2-2: Stralcio di Carta Geomorfologica Tav.A2_009 in scala 1:5000 del PRG di Fano con indicata l'area di indagine e legenda.





LEGENDA GEOLOGICA

DEPOSITI CONTINENTALI QUATERNARI

SISTEMA DEL MUSONE (OLOCENE)

	MUSa1	Frane in evoluzione
	MUSb2	Depositi eluvio-colluviali
	MUSb	Depositi alluvionali attuali a) ghiaie e sabbie prevalenti con lenti sabbioso-limoso-argillose b) sabbie limi e argille con subordinate lenti ghiaiose
	MUSbn	Depositi alluvionali terrazzati a) ghiaie prevalenti associate a subordinate sabbie, limi ed argille b) argille, limi e sabbie associate a subordinate ghiaie
	MUSg2a	Depositi di spiaggia attuale ghiaie e sabbie in proporzioni variabili
	MUSg2b	Depositi di spiaggia antica ghiaie, sabbie, limi e argille in proporzioni variabili

SISTEMA DI MATELICA (PLEISTOCENE SUPERIORE)

	MT1bn	Depositi alluvionali terrazzati a) ghiaie prevalenti associate a subordinate sabbie, limi ed argille b) argille, limi e sabbie associate a subordinate ghiaie
--	-------	---

SUCCESSIONE UMBRO-MARCHIGIANO-ROMAGNOLA

SUCCESSIONE PLIOCENICA

	FAA	FORMAZIONE DELLE ARGILLE AZZURRE Pliocene inferiore p.p. Pleistocene inferiore p.p.
		Deposito/struttura antropica
		Contatto stratigrafico o litologico
		Contatto stratigrafico o litologico incerto
		Orlo di terrazzo fluviale
		Orlo di scarpata antropica
		Stratificazione dritta
		Stratificazione orizzontale dritta
		Conoide alluvionale e da debris flow
		Cava attiva / inattiva

Figura 2-3: Stralcio di Carta Geologica Regionale sezione 269130 “Fano” con indicata l’area di indagine.



2.4. Idrografia, piezometria e permeabilità del terreno:

Il comparto oggetto di intervento ricade in un'area non eccessivamente urbanizzata e nelle immediate vicinanze non sono presenti corsi d'acqua che possano determinare problemi legati ad eventuali esondazioni; il comparto si trova infatti in destra del torrente Arzilla, ad una distanza di circa 850 m dall'alveo ed in sinistra idraulica del F. Metauro ad una distanza di circa 3500 m; inoltre sulla piana alluvionale, ad est dell'area di intervento ad una distanza di circa 1500 m scorre il canale Albani che alimentato dal Fiume Metauro raggiunge il mare nella zona portuale di Fano attraversando il centro abitato in direzione nord.



Figura 2-4 stralcio immagine satellitare tratta dal geoportale Nazionale con evidenziate le aree allagabili (PGRA 2021).

Per quanto riguarda la rete idrografica che interessa l'area di intervento, si evidenzia che le acque meteoriche di scolo provenienti dal versante ad ovest del comparto risultano attualmente intercettate da due fognature sui due lati della Via Flaminia del diametro di 600 mm caduna che si presentano in condizioni di scarsa officiosità risultando parzialmente ostruite.

In passato sono state segnalate situazioni di criticità con il parziale allagamento delle aree ad est della Flaminia verificatisi a seguito di eventi eccezionali durante i quali l'acqua di ruscellamento superficiale lungo il versante di Monte Giove pare aver interessato anche l'area oggetto del presente intervento molto probabilmente per il malfunzionamento dei due collettori lungo la Flaminia.

Si evidenzia che le tematiche riguardanti il rischio idraulico sono analizzate e trattate nella specifica relazione di compatibilità idraulica facente parte della pratica in oggetto.

Nell'area di Fano i terreni affioranti hanno diversi gradi di permeabilità e da bibliografia vengono distinte due diverse tipologie a comportamento idrogeologico diversificato:

- terreni a media permeabilità per porosità e tipo intergranulare o, talora, per fessurazione corrispondenti ai depositi detritici quaternari (bassa valle, foce del fiume Metauro e fascia costiera);
- Terreni argillosi poco permeabili (argille azzurre) affioranti lungo l'asta fluviale del Metauro e che caratterizzano anche l'area collocata in destra della valle;

Il livello di falda all'interno della coltre alluvionale quaternaria, è stato misurato direttamente nel pozzo in adiacenza all'edificio esistente dentro il comparto ad una



profondità di -8,70 m dal p.c. attuale (settembre 2021); le misure eseguite all'interno del piezometro posto in opera nel sondaggio a carotaggio continuo S6 hanno rilevato la presenza di falda ad una profondità di -8,00 m. dal p.c. (settembre 2023).

Per la determinazione del coefficiente di permeabilità sono state prese in considerazione alcune prove di permeabilità effettuate dallo scrivente nell'area di indagine.

Trattasi di 7 prove di tipo Lefranc, eseguite a carico variabile misurando la velocità di abbassamento in funzione del tempo, all'interno dei sondaggi S2, SD3, S4, SD5 ed S7.

Le prove di permeabilità eseguite hanno fornito i seguenti valori del coefficiente di permeabilità:

Prova eseguita nel sondaggio S2:

La prova eseguita nel sondaggio S2, sito nella porzione esterna alla zona di realizzazione del comparto, ha dato un valore di permeabilità $K_m = 3,60E^{-3}$, nel tratto di prova compreso fra i 2,40 m e 2,90 m (ghiaie in matrice sabbiosa).

Prove eseguite nel sondaggio SD3:

Le prove eseguite nel sondaggio S3, sito nella porzione centrale nella zona di realizzazione del comparto, hanno dato i seguenti valori di permeabilità:

- $K_m = 2,45E^{-7}$ nel tratto di prova compreso fra i 2,70 m e 3,20 m (ghiaie in matrice limoso-argillosa);
- K_m non misurato per mancata saturazione del foro con portate > 80 l/min a 4,50 m di profondità (ghiaie in matrice sabbiosa).

Prove eseguite nel sondaggio S4:

Le prove eseguite nel sondaggio S4, sito nella estremità ad est nella zona di realizzazione del comparto, hanno dato i seguenti valori di permeabilità:

- $K_m = 1,80E^{-6}$ nel tratto di prova compreso fra i 2 m e 2,5 m (ghiaie in matrice limoso-argillosa);
- K_m non misurato per mancata saturazione del foro con portate > 80 l/min a 4,50 m di profondità (ghiaie in matrice sabbiosa).

Prove eseguite nel sondaggio SD5:

La prova eseguita nel sondaggio S3, sito nella porzione centrale del comparto, hanno dato i seguenti valori di permeabilità:

- K_m non misurato per mancata saturazione del foro con portate > 80 l/min a 3,00 m di profondità (ghiaie in matrice sabbiosa).

Prove eseguite nel sondaggio S7:

Le prove eseguite nel sondaggio S7, sito nella porzione occidentale del comparto, in prossimità del rilevato di via Moriconi, hanno dato i seguenti valori di permeabilità:

- $K_m = 1,38E^{-5}$ nel tratto di prova compreso fra i 5,70 m e 6,20 m (ghiaie in matrice prevalentemente limoso-argillosa);
- $K_m = 4,13E^{-7}$ nel tratto di prova compreso fra i 9,00 m e 9,60 m (ghiaie in matrice limoso-argillosa consistente);

I valori ottenuti risultano compatibili con i tipi di terreni interessati sia per quanto riguarda i livelli di ghiaia in matrice limoso sabbiosa e sabbioso limosa che per quelli con matrice più fine, paragonabili anche ai valori riscontrati dallo scrivente su prove eseguite in aree limitrofe a quella di indagine.

I tabulati e grafici delle prove eseguite sono riportati in allegato 2



2.5. Verifica PAI Tavola RI.7

L'area interessata dal presente intervento urbanistico preventivo di iniziativa privata, **non ricade all'interno di aree in dissesto né di aree interessate da esondazione** oggetto di perimetrazione come evidenziato in Figura 2-5.

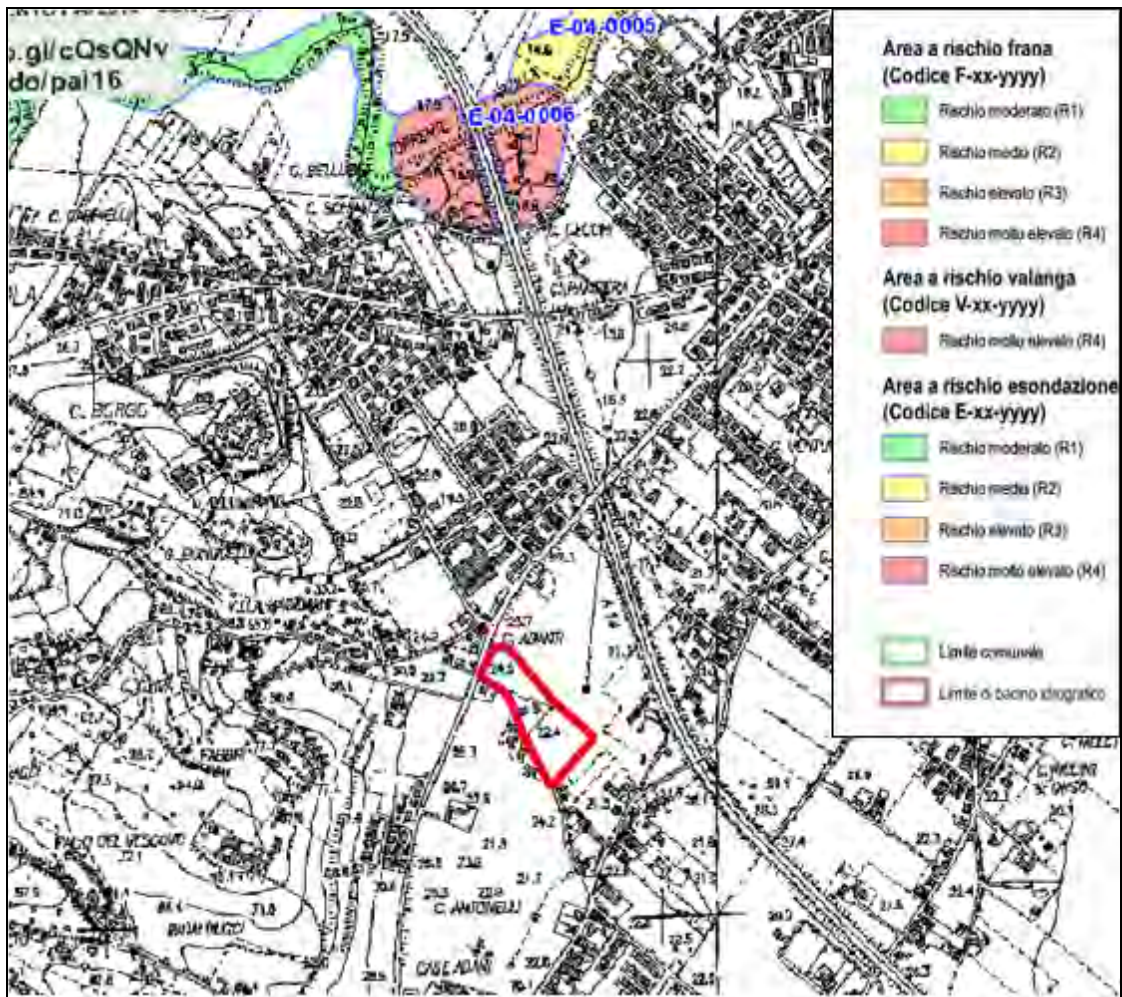


Figura 2-5 Stralcio Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.) Tavola RI-06b e relativa legenda.

2.6. CARTOGRAFIA PROGETTO IFFI E PIATTAFORMA ITALIANA SUL DISSESTO IDROGEOLOGICO

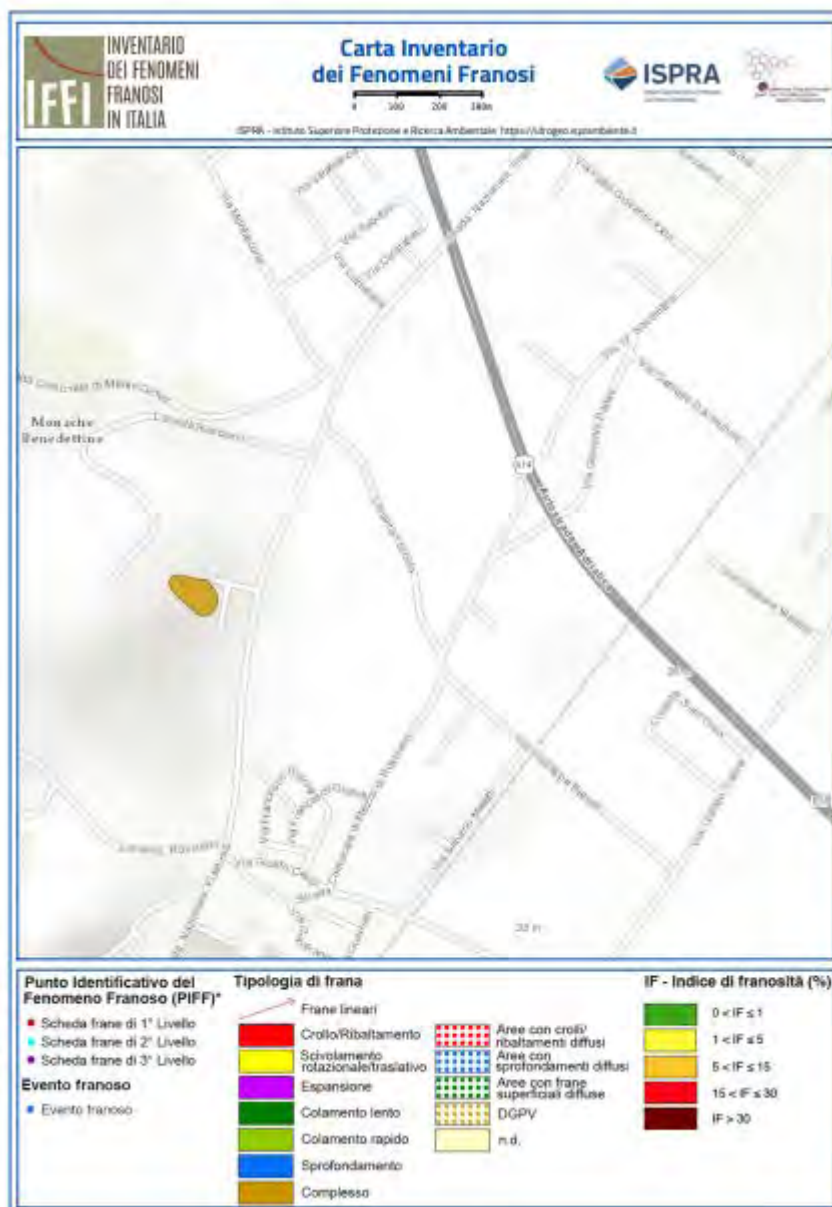


Figura 2-6: Stralcio di carta di pericolosità e rischio frana tratta dal portale IFFI.



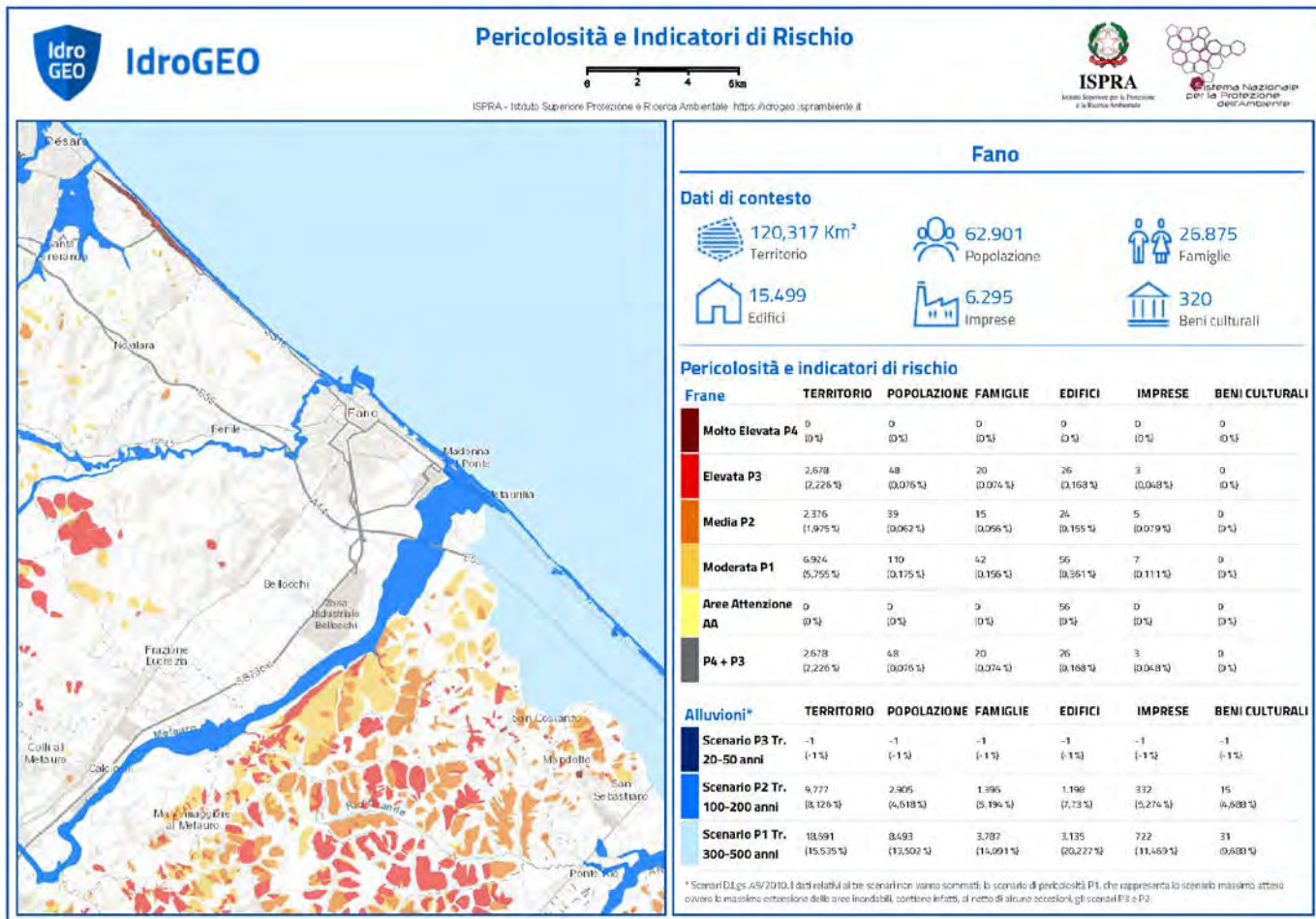


Figura 2-7:Stralcio Carta Pericolosità ed Indicatori di Rischio (PIR) tratto dal portale Idrogeo.

Le carte riportate non indicano criticità per l'area di intervento.



2.7. Evoluzione geomorfologica – analisi fotogeologica speditiva

Tenuto conto del contesto geomorfologico nel quale è inserita l'area del comparto oggetto di attuazione, ubicata su di un terrazzo alluvionale alto Pleistocenico, si è ritenuto sufficientemente esaustivo eseguire una analisi fotogeologica di tipo speditivo sulle immagini satellitari storiche reperibili sul Web nel periodo compreso fra il 1978 ed il 2019.

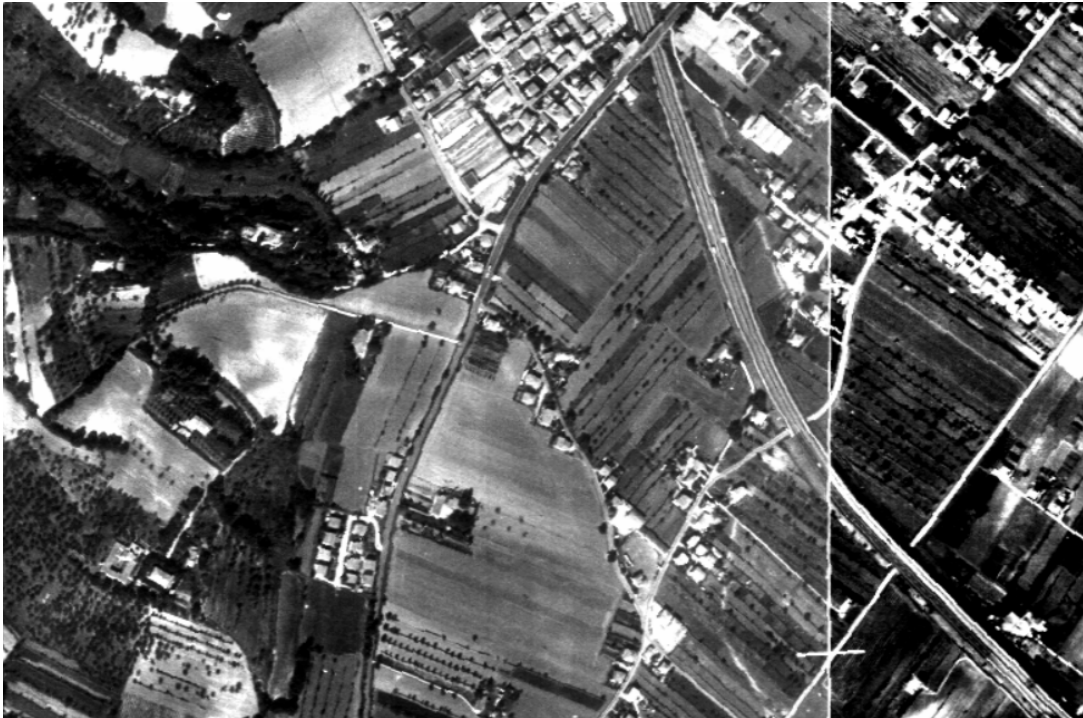


Figura 2-8: Immagine aerea tratta dal sito webGis Cartografia della Regione Marche, anno 1978.



Figura 2-9: Immagine aerea tratta dal sito webGis Cartografia della Regione Marche, anno 1988.



Figura 2-10: Immagine aerea tratta dal sito webGis Cartografia della Regione Marche, anno 1997.



Figura 2-11: Immagine aerea tratta dal sito webGis Cartografia della Regione Marche, anno 2007.





Figura 2-12: Immagine aerea tratta dal sito webGis Cartografia della Regione Marche, anno 2019.

Sostanzialmente si può rilevare come l'area oggetto dell'intervento attuativo, durante il periodo compreso fra l'anno 1978 ed oggi, sia stata interessata esclusivamente da interventi che hanno comportato modifiche alla viabilità con particolare riferimento alla realizzazione di via Moriconi rientrando fra le opere compensative della terza corsia autostradale, interventi eseguiti negli ultimi anni.

Dal punto di vista geomorfologico non si rilevano particolari evidenze evolutive in quanto l'area di intervento interessa il lembo terminale, lato ovest, del terrazzo alluvionale e sin dal 1978 l'area risulta prevalentemente adibita ad attività di carattere agricolo.

Dalle immagini, sin dal 1978, non si rileva la presenza di elementi del reticolo idrografico nell'intorno dell'area.

2.8. Verifica risultati studio di Microzonazione Sismica di Livello 1

Carta Delle Microzone Omogenee In Prospettiva Sismica

L'area in oggetto ricade tra le aree microzonate, come riportato nella seguente figura, tratta dal sito del comune di Fano. Dall'analisi della carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS), i terreni microzonati sono definiti come segue:



Area di indagine



Microzona omogenea in prospettiva sismica
-Zona stabile suscettibile di amplificazione locale-
Area con successione Stratigrafica Rappresentativa 2004



Microzona omogenea in prospettiva sismica
-Zona stabile suscettibile di amplificazione locale-
Area con successione Stratigrafica Rappresentativa 2006

Figura 2-13: Stralcio CARTA DELLE MICROZONE OMOGENEE IN PROSPETTIVA SISMICA MOPS (LIVELLO2) Comune di Fano e relativa legenda.

MICROZONA 2004. Rappresenta i settori di margine vallivo (*pinch out*). Caratterizzata da una notevole variabilità, presenta una velocità media V_{s30} di 350 m/s e picchi f_0 compresi fra 2,5 e 6,5 Hz.

MICROZONA 2006. Rappresenta i settori di centro valle caratterizzati da depositi alluvionali prevalentemente sabbioso-limosi. Mostra una notevole variabilità lungo i confini con le altre microzone e presenta una velocità media V_{s30} di 350 m/s e picchi f_0 compresi fra 5,5 e 8 Hz; localmente si osservano picchi a frequenze più basse (1,5 Hz), in particolare nel settore posto a sud della foce del Fiume Metauro.



Legenda

Zone stabili suscettibili di
amplificazioni locali

	FA = 1.5 - 1.6
	FA = 1.9 - 2.0
	FA = 2.1 - 2.2

Figura 2-14: Carta di microzonazione sismica del comune di Fano - Fa 0.1 - 0.5

La microzonazione di secondo livello indica per ognuna delle zone interessate tre diversi fattori di amplificazione sismica stratigrafica (FA) a seconda della tre classi di intervallo dei periodi di vibrazione (0,1-0,5 0,4-0,8 0,7-1,1 sec.) a tale proposito in figura 2-9 è riportato uno stralcio relativo al periodo 0.1-0.5 s.

In base a questo studio, pubblicato dal Comune di Fano, i progettisti dovranno assumere i valori di amplificazione adeguati alla struttura in progetto e dovrà essere considerato il suo posizionamento a cavallo delle due sequenze stratigrafiche caratteristiche.

3. INDAGINI GEOGNOSTICHE:

Per quanto attiene alle indagini geognostiche utilizzate a supporto del presente studio, si è tenuto conto del contesto geologico del sito in oggetto, ampiamente conosciuto dallo scrivente e della tipologia di intervento previsto.

Quindi si è deciso di utilizzare le prove eseguite dalla Geco S.r.l per conto dello studio del Dott. Geol. Montanari e di approfondire le indagini con ulteriori 4 sondaggi:

- n° 1 sondaggio meccanico a carotaggio continuo della profondità di m 15,50 (**S1**) eseguito all'interno del comparto dalla ditta Geco s.r.l. nel mese di settembre 2021;
- n° 1 sondaggio meccanico a carotaggio continuo al difuori dell'area di comparto (**S2**) della profondità di m 14,70 eseguito dalla ditta Geco s.r.l. nel mese di settembre 2021, durante il quale è stata eseguita una prova di permeabilità di tipo Lefranc;
- n° 1 sondaggio meccanico a carotaggio continuo nell'area di comparto (**S4**) della profondità di m 7,00 eseguito dalla ditta Intergeo s.r.l. nel mese di ottobre 2022, durante il quale sono state eseguite due prove di permeabilità di tipo Lefranc;
- n° 2 sondaggi meccanici a distruzione con elica continua (**SD3 ed SD5**) di profondità variabile eseguiti nel mese di ottobre 2022 durante i quali si sono eseguite ulteriori prove di permeabilità di tipo Lefranc;
- n° 5 prove penetrometriche Dinamiche Pesanti (DPSH) eseguite nella porzione del comparto più prossima alla via Flaminia dalla ditta Geco S.r.l per conto dello studio geologico Montanari nel Settembre 2021;
- n° 1 indagine geofisica mediante una prova MASW (multichannel analysis of surface waves) eseguita eseguite nella porzione del comparto più prossima alla via Flaminia dalla ditta Geco S.r.l per conto dello studio geologico Montanari nel Settembre 2021;

A seguito della richiesta di integrazione da parte della Regione Marche "DIPARTIMENTO INFRASTRUTTURE, TERRITORIO E PROTEZIONE CIVILE DIREZIONE PROTEZIONE CIVILE E SICUREZZA DEL TERRITORIO SETTORE GENIO CIVILE MARCHE NORD" citata in premessa sono state eseguite le seguenti ulteriori indagini:

- n° 2 sondaggi meccanici a carotaggio continuo (**S6 ed S7**) eseguiti nella porzione Nord-Ovest dell'area dalla ditta Intergeo s.r.l. nel mese di settembre 2023; nel sondaggio S6 sono stati prelevati due campioni di terreno per le analisi granulometriche di laboratorio; durante il sondaggio S7 è stata eseguita una prova di permeabilità di tipo Lefranc;
- n° 3 prove penetrometriche Statiche con punta meccanica (CPT) eseguite nell'area interessata dall'edificazione in prossimità di via Forcolo dalla ditta Intergeo S.r.l nel Settembre 2023;
- n° 1 prova penetrometrica Statica con punta elettrica (CPTu) eseguita nella porzione del comparto più prossima alla via Flaminia dalla ditta Intergeo S.r.l nel Settembre 2023;
- n° 1 indagine geofisica mediante una prova MASW (multichannel analysis of surface waves) eseguita dallo scrivente nell'area interessata dall'edificazione in prossimità di via Forcolo nel Settembre 2023;
- n° 5 indagini sismiche passive a stazione singola (HVSr) eseguite nel settembre 2023.

Nella figura seguente ed in allegato 1 è riportata l'ubicazione delle indagini eseguite.



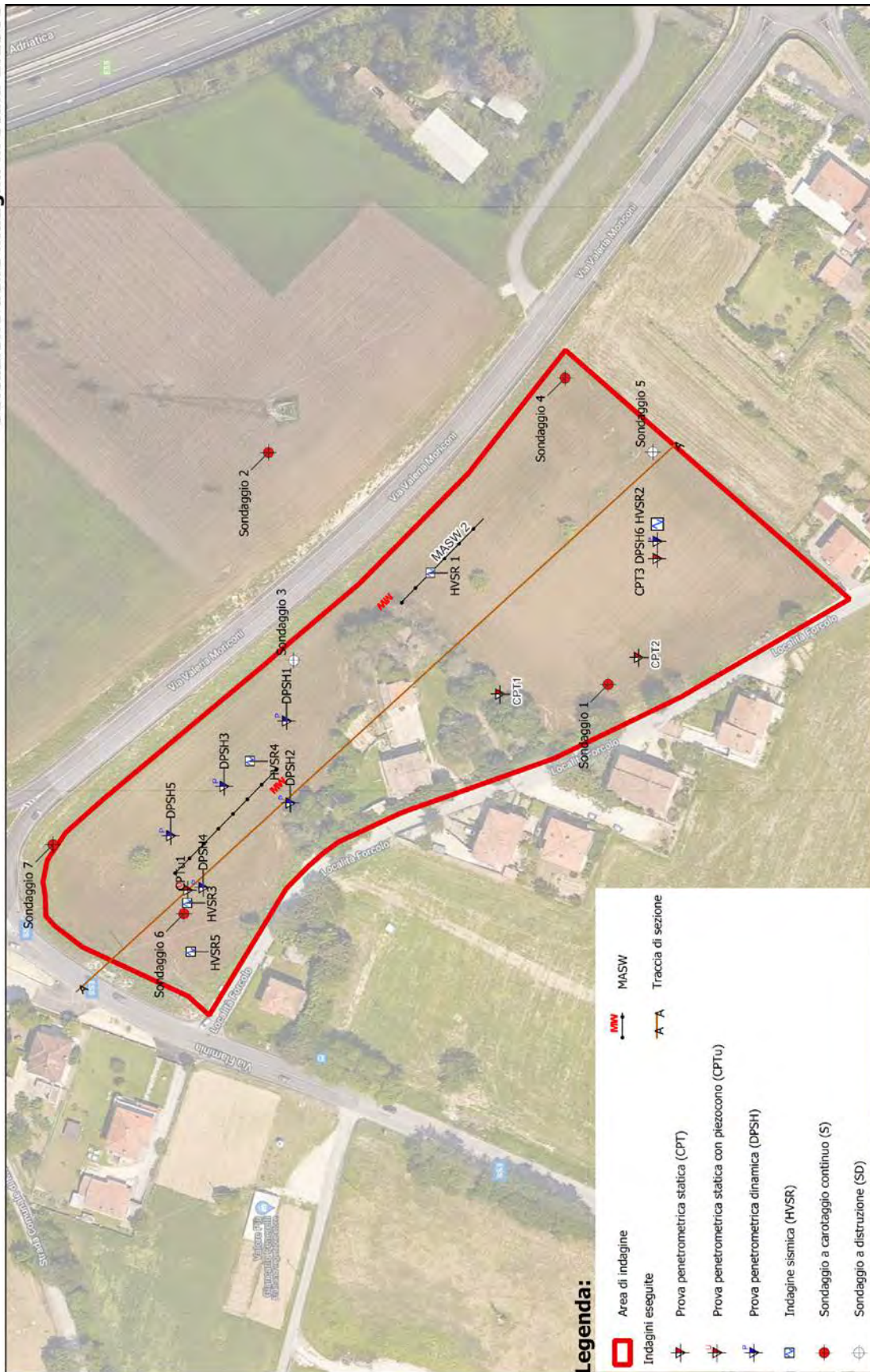


Figura 3-1: Ubicazione delle indagini



4. STRATIGRAFIA MODELLO GEOLOGICO-GEOTECNICO

4.1. Stratigrafia - Modello geologico

Le diverse indagini eseguite hanno consentito la ricostruzione di un adeguato modello geologico dell'area interessata dal piano attuativo, modello esplicitato nella sezione con ricostruzione litostratigrafica riportata in allegato 1.

Le unità rilevate sono le seguenti:

UNITA' DELLE TERRE DI COPERTURA

- 1) *dal p.c. a -0,40 ÷ -1,50 m.*: terreno vegetale e/o suolo pedologico;
- 2) *da -0,40 ÷ -1,50 m a -8,50 ÷ -9,60 m.*: terreni di origine alluvionale caratterizzati da livelli limoso sabbiosi, argilla limosa e limi argillosi mediamente consistenti (**2a**), con intercalate lenti prevalentemente sabbioso limose (**2b**) e livelli di ghiaia e sabbia ghiaiosa addensata aventi potenza di diversi metri (nel sondaggio S1 fino a 5,00 m), con livelli più superficiali in cui la matrice è prevalente argilloso limosa (**2c**); *nella porzione ad ovest del comparto, in prossimità della via Flaminia i depositi alluvionali (zona "A" vedi figure 5-8 e 5-11) sfumano gradualmente nei depositi eluvio colluviali di versante (zona "C" vedi figure 5-8 e 5-11) e nel presente modello geologico sono stati accorpati in quanto le indagini eseguite non ne consentono la definizione;*

UNITA' DEL SUBSTRATO

- 3) *da -9,30 ÷ -9,60 m a fine indagini (DPSH4 e S1):* Argille marnose grigio azzurre con livelli di sabbie fini (Formazione delle argille azzurre plioceniche), solo nel sondaggio S6 la formazione è stata rinvenuta a profondità di circa 14,00 m dal p.c.; *i terreni della formazione nella porzione superficiale per uno spessore di 1,50:2,00 m si presentano parzialmente alterati.*

Gli spessori dei livelli descritti messi in evidenza dalle indagini eseguite, vengono riportate di seguito:

DPSH1:

Stratigrafia	Livelli incontrati	Profondità	Litologia prevalente
Terreno agricolo	Livello 1	dal p.c a -0,4 m	Terreno Vegetale
Depositi alluvionali	Livello 2b	Da -0,4 a -2,6 m	Sabbia Limosa
	Livello 2c	Da -2,6 a 9 m	Ghiaia prevalente

DPSH2:

Stratigrafia	Livelli di indagine	Profondità	Litologia prevalente
Terreno agricolo	Livello 1	Dal p.c. a - 0,4 m	Terreno vegetale
Depositi alluvionali	Livello 2b	Da -0,4 a -2,4 m	Sabbia limosa.
	Livello 2c	Da 2,4 m a 4,4 m	Ghiaia prevalente



DPSH3:

Stratigrafia	Livelli di indagine	Profondità	Litologia prevalente
Terreno agricolo	Livello 1	Dal p.c. a - 0,4 m	Terreno vegetale
Depositi alluvionali	Livello 2c	Da -0,4 m a -1,4 m	Ghiaia prevalente

DPSH4:

Stratigrafia	Livelli di indagine	Profondità	Litologia prevalente
Terreno agricolo	Livello 1	Dal p.c. a -0,4 m	Terreno vegetale
Depositi alluvionali	Livello 2b	Da -0,4 m a -2,2 m	Sabbia limosa
	Livello 2a	Da 2,2 m a 12,2 m	Argilla limosa e Limo sabbioso

DPSH5:

Stratigrafia	Livelli di indagine	Profondità	Litologia prevalente
Terreno agricolo	Livello 1	Dal p.c. a -0,4 m	Terreno vegetale
Depositi alluvionali	Livello 2b	Da -0,4 m a -2,8 m	Sabbia limosa
	Livello 2a	Da 2,8 m a 14,0 m	Argilla limosa e Limo sabbioso

Sondaggio S1

Stratigrafia	Livelli di indagine	Profondità	Litologia prevalente
Terreno agricolo	Livello 1	Dal p.c. a -1,5 m	Terreno vegetale
Depositi alluvionali	Livello 2b	Da -1,5 m a -2 m	Sabbia limosa
	Livello 2c	Da -2 m a -7,5 m	Ghiaia prevalente
	Livello 2a	Da -7,5 m a 8 m	Limi argillosi compatti
	Livello 2b	Da -8 m a -9,3 m	Sabbie prevalenti
	Livello 2a	Da -9,3 m a -10 m	Limi argillosi compatti
	Livello 2b	Da 10 a 11 m	Sabbie prevalenti
	Livello 2a	Da 11 a 12,7 m	Limi argillosi compatti
	Livello 2b	Da 12,7 a 15,2	Sabbie prevalenti
	Livello 2a	Da 12,2 a 12,5 (Fine sondaggio)	Limi argillosi compatti

Sondaggio S2

Stratigrafia	Livelli di indagine	Profondità	Litologia prevalente
Terreno agricolo	Livello 1	Dal p.c. a -0,7 m	Terreno vegetale
Depositi alluvionali	Livello 2a	Da -0,7 m a -2,3 m	Limo sabbioso
	Livello 2c	Da -2,3 m a -10,9 m	Ghiaia prevalente in matrice sabbiosa
	Livello 2a	Da -10,9 m a -14,7	Argilla limosa e livelli sabbiosi



Sondaggio SD3

Stratigrafia	Livelli di indagine	Profondità	Litologia prevalente
Terreno agricolo	Livello 1	Dal p.c. a -0,6 m	Terreno vegetale
Depositi alluvionali	Livello 2a	Da -0,6 m a -2,8 m	Limo sabbioso
	Livello 2c	Da -2,8 m a -4,5 m (fine sondaggio)	Ghiaia prevalente

Sondaggio S4

Stratigrafia	Livelli di indagine	Profondità	Litologia prevalente
Terreno agricolo	Livello 1	Dal p.c. a -0,8 m	Terreno vegetale
Depositi alluvionali	Livello 2a	Da -0,8 m a -1,9 m	Limo sabbioso
	Livello 2c	Da -1,9 m a -7,0 m (fine sondaggio)	Ghiaia prevalente

Sondaggio SD5

Stratigrafia	Livelli di indagine	Profondità	Litologia prevalente
Terreno agricolo	Livello 1	Dal p.c. a -0,6 m	Terreno vegetale
Depositi alluvionali	Livello 2a	Da -0,6 m a -1,2 m	Limo sabbioso
	Livello 2c	Da -1,2 m a -4 m (fine sondaggio)	Ghiaia prevalente

Sondaggio S6

Stratigrafia	Livelli di indagine	Profondità	Litologia prevalente
Terreno agricolo	Livello 1	Dal p.c. a -0,7 m	Terreno vegetale
Depositi alluvionali	Livello 2a	Da -0,7 m a -14,0 m	Argilla limosa e livelli di limo sabbioso
Formazione di substrato	Livello 3	Da -14,0 m a 16,0 m (fine sondaggio)	Alternanza di mane ed arenarie ossidate

Sondaggio S7

Stratigrafia	Livelli di indagine	Profondità	Litologia prevalente
Terreno agricolo	Livello 1	Dal p.c. a -0,8 m	Terreno vegetale
Depositi alluvionali	Livello 2a	Da -0,8 m a -5,8 m	Limo argilloso e limo sabbioso
	Livello 2c	Da -5,8 m a -9,5 m (fine sondaggio)	Ghiaia prevalente



4.2. Modello Geotecnico - Parametri Geotecnici (valori medi F_m):

Per quanto riguarda la definizione dei parametri geotecnici medi (F_m) dei livelli di terreno considerati, si fa riferimento ai dati emersi dalle prove e sondaggi eseguiti dalla ditta Geco S.r.l, dall'analisi di altri sondaggi eseguiti nell'intorno messi a confronto in modo obiettivo con terreni simili sottoposti a prove di laboratorio.

Nella seguente tabella sono riportati i valori dei parametri geotecnici medi (F_m) dei terreni incontrati ad esclusione del terreno vegetale (livello 1) non interessante ai fini del presente studio.

4-1: Tabella riassuntiva dei parametri geotecnici medi.

Strato n°	Litologia prevalente	Angolo attrito gradi	Coesione C t/mq	Coesione non dren. Cu kg/cmq	Peso di volume n t/mc
2a	Limi-sabbiosi ed argilla limosa	21÷23*	0,03÷0,05	0,5÷0,7	1,90÷1,95
2b	Sabbie e sabbie limose	22÷25	-	0,4÷0,7	1,90÷1,95
2c	Ghiaie sabbiose	32÷34	-	-	1,95÷2,00
3	Argilla marnosa	22÷24	>0,2	>2	2,10

*Valori riferiti ai livelli prevalentemente limoso sabbiosi, naturalmente i livelli con prevalenza di argilla limosa e limo argilloso sono caratterizzati da valori minori dell'angolo di attrito ($20\div 21^\circ$) e più alti di coesione efficace ($0,1\div 0,15$ kg/cmq).

I parametri sopra riportati si intendono medi e rappresentativi per il pacco considerato e non tengono conto di possibili variazioni locali della litologia.

Si precisa, inoltre, che i parametri medi (F_m) sopra descritti sono finalizzati alla definizione dei valori caratteristici (F_k) che dovranno essere utilizzati per le verifiche agli Stati Limite Ultimi.

I valori caratteristici utilizzati, eventualmente tratti dai parametri sopra riportati, dovranno rispondere al criterio di "stima ragionata e cautelativa" che deve, secondo la normativa in vigore (NTC 2018, par. 6.2.2), guidare la scelta e definizione di ogni modello geotecnico.



5. SISMICITA':

5.1. Sismicità storica:

La sismicità storica del Comune di Fano è stata desunta dal database delle osservazioni macrosismiche dei terremoti italiani (DBMI15 Locati M., Camassi R., Rovida A., Ercolani E., Bernardini F., Castelli V., Caracciolo C.H., Tertulliani A., Rossi A., Azzaro R., D'Amico S., Conte S., Rocchetti E. (2016). DBMI15, the 2015 version of the Italian Macroseismic Database. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia. doi:http://doi.org/10.6092/INGV.IT-DBMI15) utilizzato per la compilazione del catalogo parametrico CPTI15 (a cura di Rovida A., Locati M., Camassi R., Lolli B., Gasperini P. (eds), 2016. CPTI15, the 2015 version of the Parametric Catalogue of Italian Earthquakes. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia. doi:http://doi.org/10.6092/INGV.IT-CPTI15) redatti entrambi nell'ambito della linea di attività INGV T3 "Pericolosità sismica e contributi alla definizione del rischio" e quale contributo alle attività dell'Allegato A dell'Accordo quadro INGV-DPC 2012-2021. La sismicità storica del territorio comunale indagato è riassunta e riportata in Figura 5-1

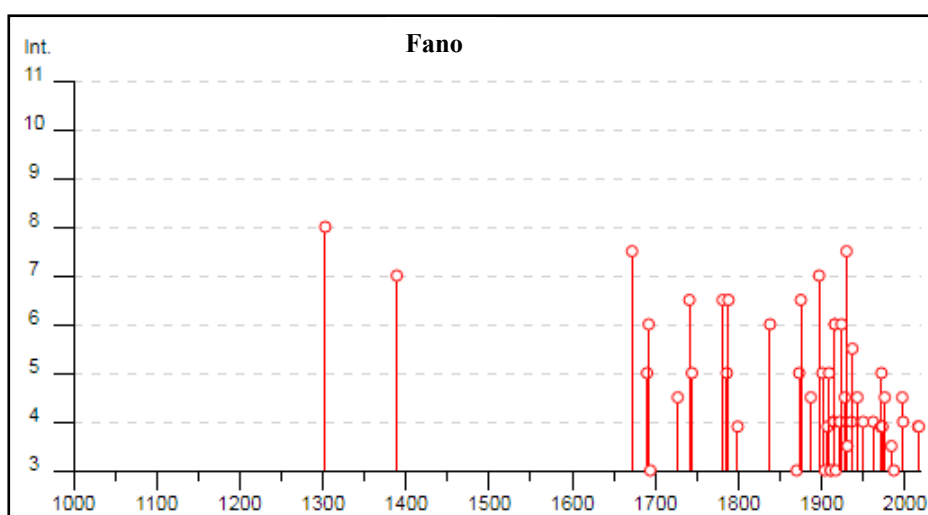


Figura 5-1 Storia sismica del Comune di Fano

Nella tabella riportata in Tabella 5-1 sono elencate le osservazioni, aventi la maggiore intensità al sito, disponibili per il territorio comunale. Nella tabella sono indicate:

l'intensità al sito (I);

la data;

l'intensità massima epicentrale in scala MCS (Io);

la magnitudo momento (Mw).

Come si può vedere dalla storia sismica riportata, il sito è stato interessato da n. 66 eventi sismici con intensità che hanno raggiunto l'7-8° grado della Scala MCS e con magnitudo momento (Mw) comprese tra 4,06 e 7,08.



Effetti	In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
8	1303	08					Adriatico centrale	4		
7	1389	04					Fano	1	7	5.10
7-8	1672	04	14	13	45		Riminese	92	8	5.59
5	1690	12	23	00	20		Costa anconetana	16	8	5.58
6	1692	10	23	20	10		Costa pesarese	2	5	4.16
3	1694	09	08	11	40		Irpinia-Basilicata	251	10	6.73
4-5	1727	12	14	19	45		Valle del Metauro	32	7	5.24
6-7	1741	04	24	09	20		Fabrianese	135	9	6.17
5	1744	05	25				Costa pesarese	5	5	4.59
6-7	1781	06	03				Cagliese	157	10	6.51
5	1786	12	25	01			Riminese	90	8	5.66
6-7	1788	04	18				Costa pesarese	2	5-6	4.40
F	1799	07	28	22	05		Appennino marchigiano	70	9	6.18
6	1838	06	23				Costa pesarese	4	6	4.63
3	1870	02	08				Anconetano	10	7	5.15
5	1873	03	12	20	04		Appennino marchigiano	196	8	5.85
6-7	1875	03	17	23	51		Costa romagnola	144	8	5.74
4-5	1887	05	26				Jesi	19	5	4.44
NF	1897	06	24	19	04		Apeochio	27	5	4.34
7	1897	09	21				Marche settentrionali	44	7	5.40
5	1901	09	25	23	40		Costa pesarese	9	5	4.23
NF	1904	09	02	11	21		Maceratese	59	5-6	4.63
3	1904	11	17	05	02		Pistoiese	204	7	5.10
F	1907	01	23	00	25		Adriatico centrale	93	5	4.75
NF	1908	03	17	03	59		Marche meridionali	54	5-6	4.61
5	1909	01	13	00	45		Emilia Romagna orientale	867	6-7	5.36
NF	1909	08	25	00	22		Crete Senesi	259	7-8	5.34
NF	1910	12	22	12	34		Monti della Laga	19	5	4.30
3	1911	02	19	07	18	3	Forlivese	181	7	5.26
3	1911	03	20	15	47		Forlivese	25	6	5.09
4	1914	10	27	09	22		Lucchesia	660	7	5.63
4	1916	01	13	06	52	4	Marsica	1041	11	7.08
6	1916	05	17	12	50		Riminese	132	8	5.82
6	1916	08	16	07	06	1	Riminese	287	8	5.82
2	1917	04	26	09	35	5	Alta Valtiberina	134	9-10	5.99
3	1917	12	02	17	38		Appennino forlivese	32	6-7	5.09
4	1922	10	11	06	43	4	Costa anconetana	20	5	4.34
6	1924	01	02	08	55	1	Senigallia	76	7-8	5.48
4-5	1928	05	30	20	01		Senigallia	17	5	5.02
7-8	1930	10	30	07	13		Senigallia	268	8	5.83
3-4	1931	06	25	05	01		Senigallia	14	4-5	4.02
2	1933	09	26	03	33	2	Maiella	325	9	5.90
4	1936	10	18	03	10		Alpago Cansiglio	269	9	6.06
5-6	1937	11	26	21	58	3	Costa pesarese	7	5	4.16
4-5	1943	07	31	04	37		Senigallia	5	5	4.16
NF	1948	06	13	06	33	3	Alta Valtiberina	142	7	5.04
4	1950	09	05	04	08		Gran Sasso	386	8	5.69
2	1957	11	11	21	40		Costa anconetana	50	5	4.50
4	1962	01	23	17	31		Costa pesarese	49	5	4.35
F	1972	02	04	02	42	1	Costa anconetana	75		4.57
F	1972	02	04	09	18	3	Costa anconetana	56		4.36
F	1972	02	08	01	26	2	Costa anconetana	2		4.36
F	1972	02	05	07	08	1	Costa anconetana	6		4.46
F	1972	02	05	15	14	4	Costa anconetana	3		4.36
NF	1972	11	26	16	03		Marche meridionali	73	8	5.48
5	1972	11	30	11	25	2	Costa pesarese	30		4.52
F	1973	04	19	17	41	3	Pietralunga	22	7	4.61
4-5	1976	05	06	20	00	1	Friuli	770	9-10	6.45
2	1983	11	09	16	29	5	Parmense	850	6-7	5.04
3-4	1984	04	29	05	02	5	Umbria settentrionale	709	7	5.62
3	1987	07	05	13	12	3	Montefeltro	90	6	4.44
4-5	1987	09	26	09	40	2	Appennino umbro-marchigiano	869	8-9	5.97
4	1998	04	05	15	52	2	Appennino umbro-marchigiano	395		4.78
2-3	2006	04	10	19	03	3	Maceratese	211	5	4.06
F	2016	08	24	01	36	3	Monti della Laga	221	10	6.18
F	2017	01	18	10	14	0	Aquilano	280		5.70

Tabella 5-1 Tabella dei parametri della storia sismica del Comune di Fano



5.2. Zonizzazione sismica nazionale e regionale

Negli ultimi anni il punto di riferimento per le valutazioni di pericolosità sismica è stato rappresentato dalla zonazione sismogenetica ZS9 (Figura 5.2, Scandone et al. 1996 - 2000) che rappresenta la traduzione operativa del modello sismotettonico riassunto in Meletti et al. (2000). In seguito all'emanazione dell'O.P.C.M. 20.3.2003, n. 3274 è stato redatto a cura di un gruppo di lavoro dell'INGV un documento denominato "Redazione della mappa di pericolosità sismica prevista dall' O.P.C.M. 20-3-2003, n. 3274 (Rapporto conclusivo per il Dipartimento della Protezione Civile, INGV, Milano-Roma, aprile 2004, 65 pp. + 5 appendici)".

Tale modello riprende sostanzialmente il background informativo della precedente zonazione, recependo i più recenti avanzamenti delle conoscenze sulla tettonica attiva della penisola anche considerando le indicazioni derivanti da episodi sismici più recenti (es. Bormio 2000, Monferrato 2001, ecc...). La zonizzazione è stata condotta tramite l'analisi cinematica degli elementi geologici, cenozoici e quaternari coinvolti nella dinamica delle strutture litosferiche profonde e della crosta superficiale. Il confronto tra le informazioni che hanno condotto alla costruzione del modello geodinamico e la sismicità osservata ha permesso di costruire la carta nazionale delle zone sismogenetiche. Per il reperimento dei dati relativi alla sismicità osservata è stato considerato il catalogo storico contenente 2.488 eventi degli ultimi 1.000 anni con intensità epicentrali maggiore o uguale al V - VI grado MCS la cui magnitudo è maggiore o uguale a 4.

Gruppo di Lavoro per la redazione della mappa di pericolosità sismica (Ordinanza PCM 20.03.03 n. 3274)
Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia

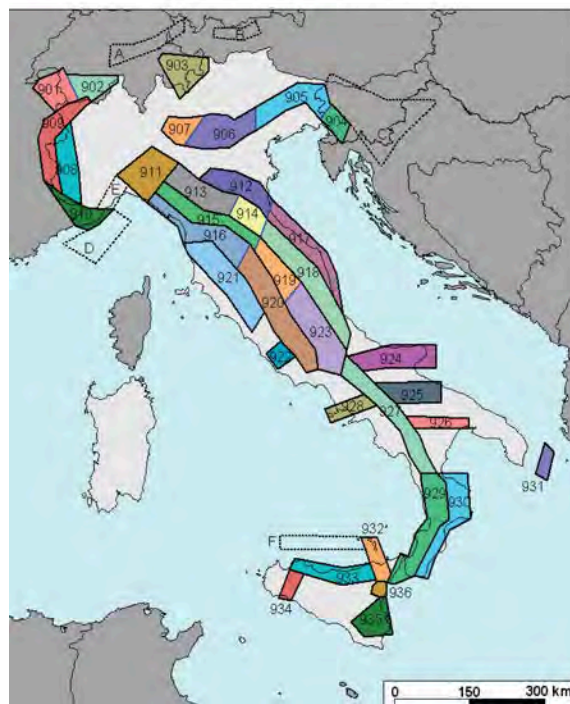


Figura 5-2 Zonizzazione sismogenetica ZS9

La zona che interessa l'area in esame è la 917, che fa parte del complesso "Appennino settentrionale e centrale" (zone che vanno dalla 911 alla 923). Questa zona ricade nella porzione più esterna della fascia di compressione dell'arco appenninico settentrionale. Ogni zonizzazione sismogenetica è caratterizzata da un definito modello cinematico il quale sfrutta una serie di relazioni di attenuazione stimate sulla base di misurazioni accelerometriche effettuate sia sul territorio nazionale che europeo. Sulla base di tali zone, per tutto il territorio italiano, sono state sviluppate le carte della pericolosità sismica. Per la Zona Sismogenetica 917 sono previsti, sulla base dei meccanismi focali,



valori di massima magnitudo pari a $M_{wmax} = 6,14$.

Il risultato, per ogni comune, è rappresentato da una stima del rischio sismico che tiene conto dell'intera storia sismica riportata nel catalogo sismico nazionale e che viene espresso in termini probabilistici. La pericolosità sismica di riferimento ipotizza un substrato omogeneo in roccia ed è espressa in PGA (Peak Ground Acceleration) con associato un periodo di ritorno di 475 anni, valore convenzionale in quanto rappresenta l'accelerazione associata alla probabilità del 90 % di non superamento considerando un periodo di ritorno di 50 anni (vedi carta INGV nella pagina seguente). Il territorio italiano è stato suddiviso in quattro zone (o categorie) contraddistinte da differenti valori di PGA (tabella 5-2).

Tabella 5-2

Zona	Accelerazione orizzontale con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni
1	>0.25
2	0.15-0.25
3	0.05-0.15
4	<0.05

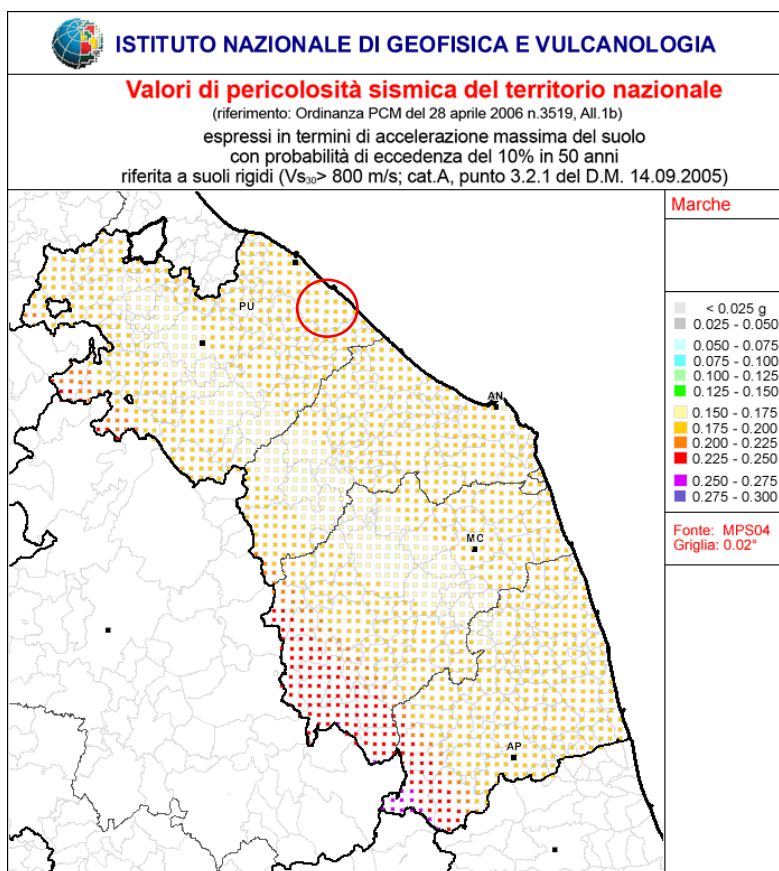


Figura 5-3 Carta di pericolosità sismica del territorio regionale espressa in accelerazione orizzontale di picco PGA con periodo di ritorno di 475 anni (pari alla probabilità di non eccedenza del 90% in 50 anni) Le aree a diverso PGA sono differenziate in base a colorazioni diverse corrispondenti alle diverse classi.



Di seguito si riporta la zonizzazione relativa al territorio nazionale e regionale.

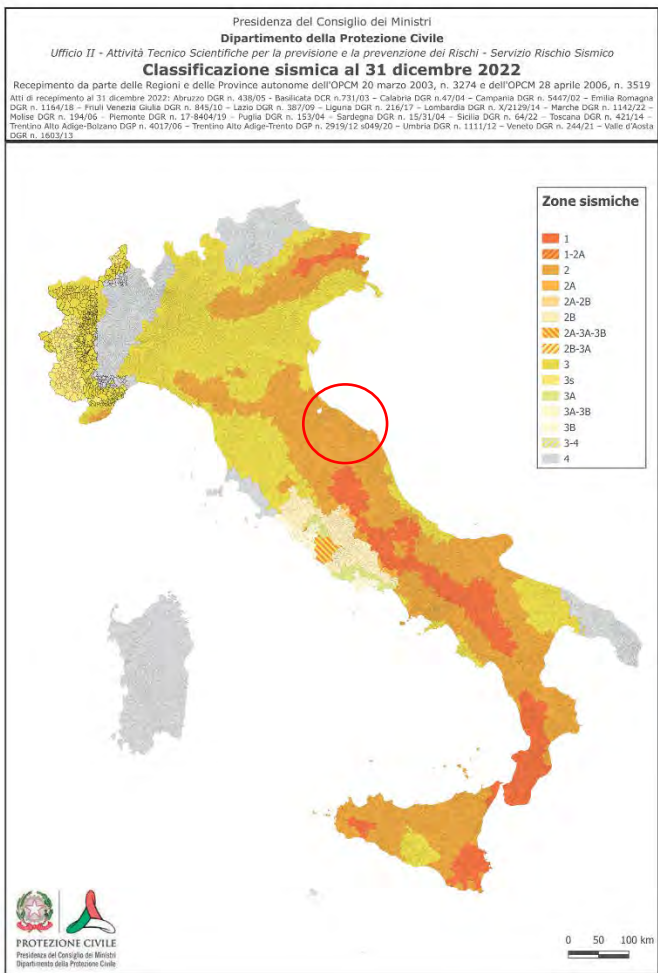


Figura 5-4 Classificazione sismica vigente del territorio nazionale

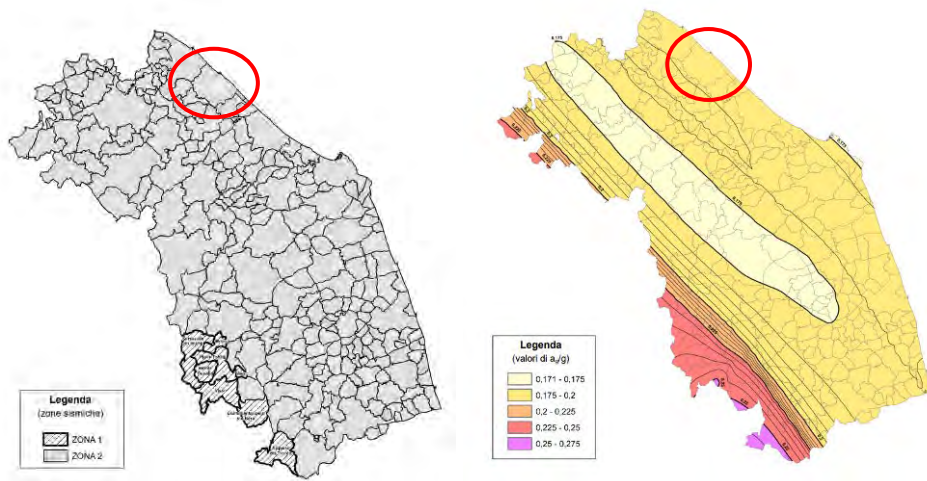


Figura 5-5 Classificazione sismica vigente dei Comuni della Regione Marche

Con riferimento alla classificazione sismica nell’Ordinanza del Consiglio dei Ministri n. 3274/2003 e le norme tecniche vigenti, che disciplinano le costruzioni in zone sismiche, il territorio comunale di Fano, è classificato come zona 2 con livello di pericolosità sismico medio con valori massimi di PGA pari a 0,25g (vedi figure 5-3, 5-4 e 5-5 e la tabella 5-2).



5.3. Azione sismica:

Con l'entrata in vigore del D.M. 14 gennaio 2008 e del successivo aggiornamento (NTC 2018) con Decreto 17 gennaio 2018, la stima della pericolosità sismica viene definita mediante un approccio "sito dipendente" e non più tramite un criterio "zona dipendente".

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

La "pericolosità di base" è descritta dalla probabilità che, in un fissato lasso di tempo ("periodo di riferimento" VR espresso in anni), in detto sito si verifichi un evento sismico di entità almeno pari ad un valore prefissato; la probabilità è denominata "Probabilità di eccedenza o di superamento nel periodo di riferimento" PVR.

La "pericolosità sismica di base" è definita in termini di:

- accelerazione orizzontale massima attesa ag in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido (suolo di categoria A, v. Tab III), con superficie topografica orizzontale (categoria T1; v. Tab. 3.2.IV delle NTC 2018),
- ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente $S_e(T)$, con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza PVR nel periodo di riferimento VR.

Le nuove norme definiscono le forme spettrali, per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento PVR, a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

- ag accelerazione orizzontale massima al sito;
- Fo valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale.
- T*C periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Le NTC 2018 stimano la pericolosità sismica di base su di una griglia di 10.751 punti, per ognuno dei quali viene fornita la terna di valori ag, Fo e T*C per nove distinti periodi di ritorno TR.



5.3.1. Categoria di sottosuolo e condizioni topografiche:

Le condizioni del sito di riferimento rigido, di cui al paragrafo precedente, non corrispondono in generale a quelle effettive. Risulta pertanto necessario tenere conto delle condizioni stratigrafiche del volume di terreno interessato dall'opera (Categoria di sottosuolo) ed anche delle condizioni topografiche, in quanto questi fattori concorrono a modificare l'azione sismica in superficie (risposta sismica locale) rispetto a quella attesa su un sito rigido con superficie orizzontale.

La categoria di sottosuolo e le condizioni topografiche incidono sullo spettro elastico di risposta, in particolare, l'accelerazione spettrale massima dipende dal coefficiente $S = SS * ST$ che comprende gli effetti delle amplificazioni stratigrafica SS e topografica ST . Per le componenti orizzontali dell'azione sismica, il periodo TC di inizio del tratto a velocità costante dello spettro è invece funzione del coefficiente CC , dipendente anch'esso dalla categoria di sottosuolo, coefficienti definiti nelle tabelle 3.2. IV, 3.2.V e 3.2.VI delle NTC.

CATEGORIA DI SOTTOSUOLO (condizioni stratigrafiche)

In relazione a quanto sopra indicato, per la definizione dell'azione sismica di progetto si rende necessario valutare l'effetto della risposta sismica locale o mediante analisi specifiche (indagini sismiche ecc.. come indicato nel § 7.11.3 delle NTC) oppure, qualora le condizioni stratigrafiche e le proprietà dei terreni siano chiaramente riconducibili alle categorie definite nella Tab. 3.2.II si può fare riferimento ad un approccio semplificato che si basa sulla classificazione del sottosuolo in funzione dei valori della velocità di propagazione delle onde di taglio, V_s .

Per quanto riguarda l'approccio semplificato, 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:

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

H = profondità substrato ($V_s \geq 800$ m/s)
per $H > 30$ m $V_{s,eq} = V_{s,30}$ (H = 30 m)

dove h_i e $V_{s,i}$ indicano rispettivamente lo spessore in metri e la velocità delle onde di taglio (per deformazioni di taglio $\gamma < 10^{-6}$) dello strato i -esimo per un totale di N strati presenti e H è la profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da V_s non inferiore a 800 m/s.

Per 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 o per valori di V_s del bedrock inferiori ad 800 m/s, la velocità equivalente delle onde di taglio V_{Seq} è definita dal parametro VS_{30} , ottenuto ponendo $H=30$ m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.



Categorie di sottosuoli che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato

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 3 m.
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina 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 fina mediamente consistenti</i> 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.
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti</i> , con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.
E	<i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D</i> , con profondità del substrato non superiore a 30 m.

Come descritto in dettaglio nel presente studio e confermato dalle dall'analisi delle indagini sismiche appositamente eseguite nell'area interessata, gran parte del comparto è caratterizzato dalla presenza di depositi alluvionali sovrastanti il substrato pliocenico (zona "A" in fig. 5-8), non raggiunto dalla totalità delle prove geognostiche analizzate, ma posto entro qualche decina di metri dalla superficie, come indicato in vari studi svolti sulla medesima piana alluvionale; l'unico sondaggio che ha raggiunto i terreni del substrato pliocenico è posizionato nella zona di passaggio con i depositi eluvio colluviali di versante (zona "C" in fig. 5-8).

Tutti i dati sismici in nostro possesso e le prove sismiche attive (masw) eseguite indicano come il sito sia caratterizzato da un valore delle velocità delle onde di taglio compreso tra i 348 m/s ed i 378 m/s, calcolate dalla profondità di 0,0 m a -30,0 m. poiché il substrato geologico presente è caratterizzato da velocità V_s sicuramente inferiori ad 800 m/s.

Pertanto il suolo indagato, considerando le velocità desunte dalle prove e la relativa incertezza insita nel metodo, può essere classificato cautelativamente come segue:

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,*

congruente con la litostratigrafia emersa durante l'indagine.

Inoltre, dall'analisi dei risultati delle indagini sismiche a stazione singola eseguite ex novo e riportate in figura 5-6, si nota come vi sia una certa variabilità nelle frequenze di risposta del sito per le alte frequenze (10-50 Hz), mentre a frequenze più basse tutte le registrazioni sono comparabili. Le differenze osservate per le alte frequenze si riferiscono alla presenza di riflettori sismici presenti nei primi metri di sottosuolo, imputabili quindi alla presenza o meno di livelli più o meno estesi di ghiaia a differenti profondità. A tal proposito si evidenziano i risultati della prova HVSR4 eseguita in un contesto caratterizzato dalla presenza di ghiaie a profondità di alcuni metri e sovrastate da depositi più fini e che danno origine ad un picco marcato a circa 18 Hz, mentre le HVSR 1 e 2 realizzate in corrispondenza di depositi di ghiaia più superficiali mostrano una minore ampiezza dei picchi e soprattutto, gli stessi, si posizionano a frequenze maggiori di 20 Hz e quindi di scarso valore ai fini ingegneristici.



Dai rapporti spettrali di figura 5-6 si evidenzia la differenziazione di comportamento sismico dei depositi superficiali, caratteristico di una differenza stratigrafica già evidenziata dalle prove geognostiche (zona A e zona C). Le tre indagini eseguite in zona A (HVS1, 2 e 4) manifestano valori maggiori del rapporto H/V ($3 < H/V_{max} < 6$) in alte frequenze, mentre le indagini eseguite sulla zona C mostrano valori minori ($H/V_{max} \approx 2$).

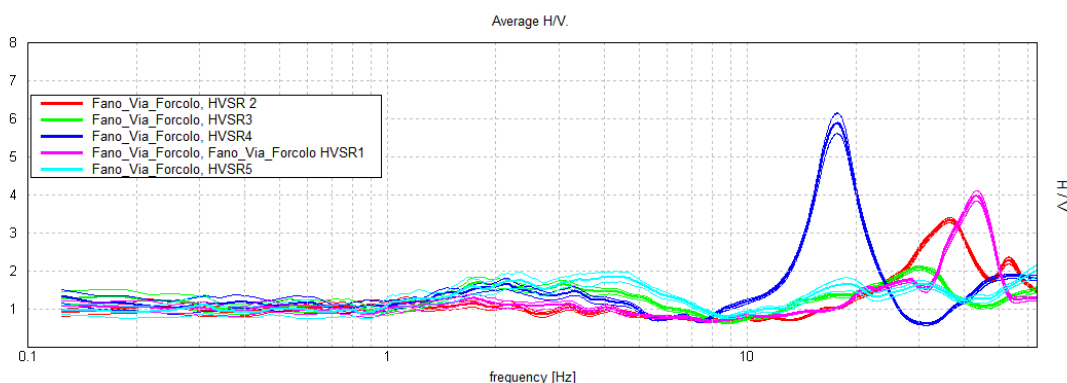


Figura 5-6 Sovrapposizione di tutti i rapporti spettrali registrati in sito.

Il modello appena descritto appare congruente con la litostratigrafia emersa durante l'esecuzione delle indagini sul sito investigato, caratterizzato da una certa variabilità nella distribuzione dei depositi nei primi metri di sottosuolo, e con quanto indicato nello studio di Microzonazione di livello 2 del comune di Fano, come riportato al capitolo 2.7.

CATEGORE TOPOGRAFICHE (condizioni topografiche)

Per configurazioni superficiali semplici, si può adottare la seguente tab. 3.2.IV riportata nelle NTC, evidenziando che le categorie riportate si riferiscono a configurazioni geometriche prevalentemente bidimensionali, creste o dorsali allungate, e devono essere considerate se di altezza maggiore di 30 m.

5-3: Categorie topografiche da NTC 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 $i > 30^\circ$

Il valore del coefficiente topografico S_T è riportato nella sottostante Tabella e la sua variazione spaziale è definita da un decremento lineare con l'altezza del pendio o rilievo, dalla sommità fino alla base dove S_T assume valore unitario.

5-4: Valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica S_T .

Categoria topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	S_T
T1	-	1,0
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1,2
T3	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media minore o uguale a 30°	1,2
T4	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media maggiore di 30°	1,4

Nel caso analizzato, viste le caratteristiche morfologiche del sito interessato dall'intervento, si assume T1 come categoria topografica con $S_T = 1$.



5.3.2. Azione sismica di progetto - Parametri sismici:

Mediante l'utilizzo del software "GeoStru PS Parametri sismici" si sono individuate le coordinate del sito di indagine e sulla base della maglia di punti interessata, si ottengono i parametri spettrali su sito di riferimento rigido forniti dal Ministero; conseguentemente vengono definiti i parametri dell'azione sismica relativi al sito interessato dall'opera che sono di seguito riportati, per i rispettivi stati limite.

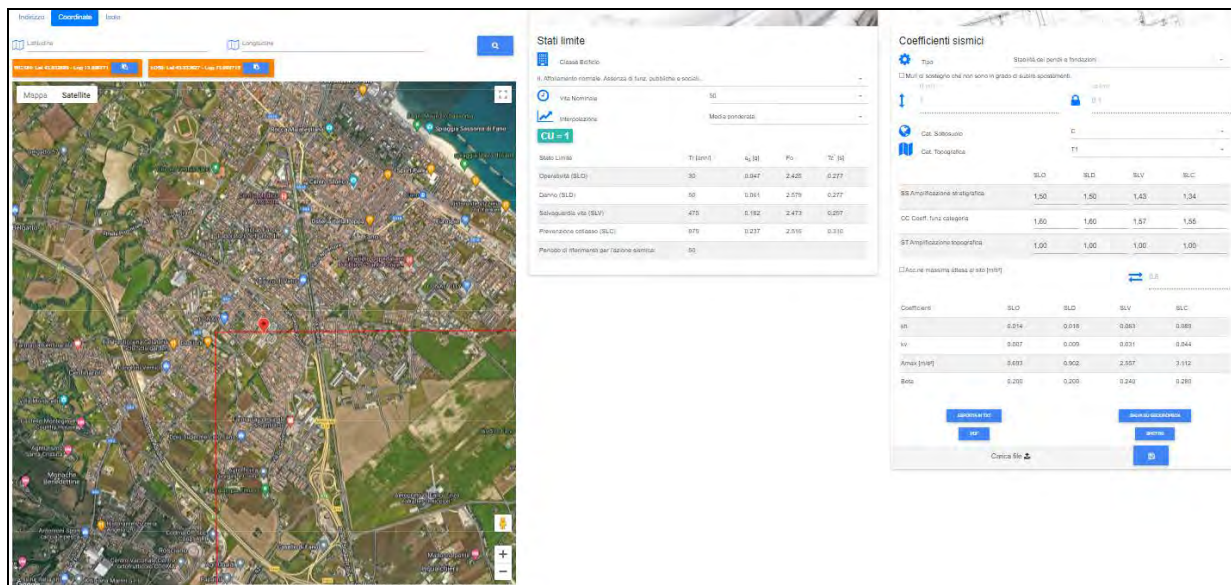


Figura 5-7: Parametri sismici per le strutture in classe II.

5.3.3. Liquefazione:

L'area interessata dall'intervento in oggetto interessa prevalentemente la piana alluvionale che è caratterizzata, per una profondità mediamente compresa fra 15,00 – 30,00 m dal p.c., da depositi eterogenei della coltre alluvionale terrazzata, appartenenti al sintema di Matelica (MTI), che ricoprono i litotipi della formazione pliocenica di substrato delle Argille Azzurre (FAA).

Il comparto si trova in prossimità della porzione terminale della piana alluvionale che più ad ovest sfuma nel versante di Monte Giove (vedi figura seguente).

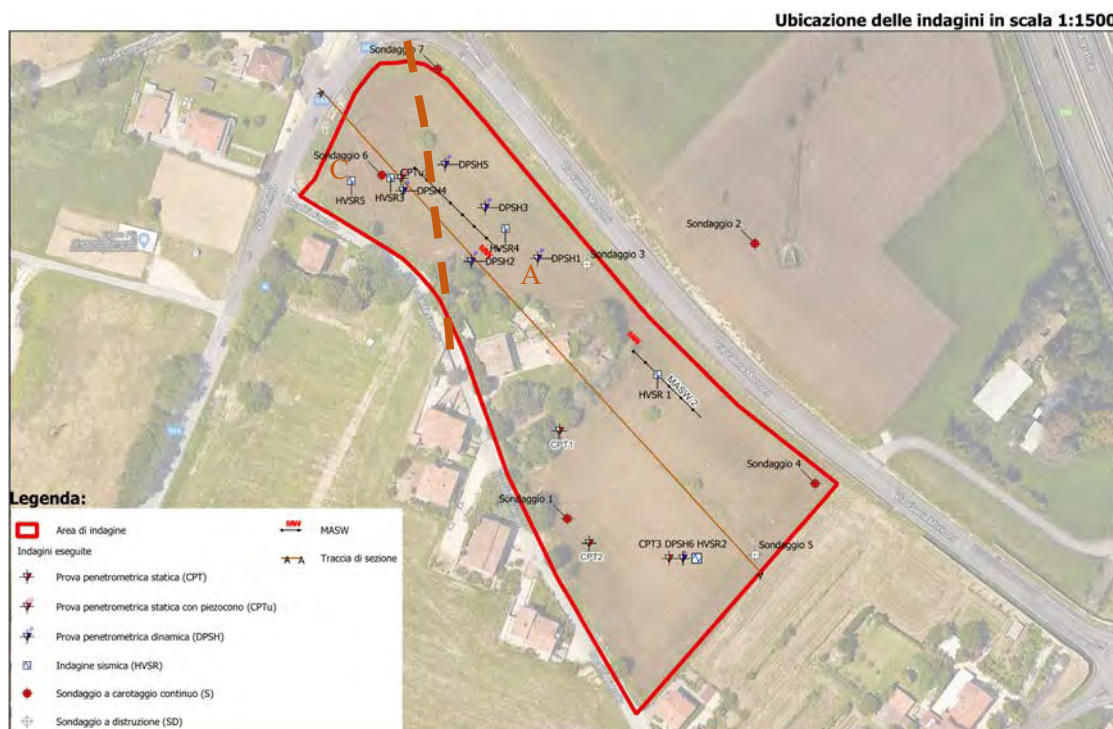


Figura 5-8: Planimetria con evidenziate le indagini eseguite ed in tratteggio arancione la zona indicativa di passaggio fra i terreni alluvionali (A) ed i depositi eluvio-colluviali di versante (C).

Il livello piezometrico è stato individuato rispettivamente:

- alla profondità di 8,70 m dal p.c. (settembre 2021) all'interno del pozzo che si trova nella zona alluvionale (Zona A in figura) nella porzione a sud-est del comparto.
- alla profondità di 8,00 m dal p.c. (settembre 2023) all'interno del piezometro messo in opera nel sondaggio S6 che si trova nella zona dei depositi colluviali di versante (Zona C in figura).

Le profondità rilevate confermano i dati relativi alla profondità del livello piezometrico presente lungo il terrazzo alluvionale che quindi risulta piuttosto costante.

ZONA "C" (depositi eluvio-colluviali)

Nella porzione più ad ovest del comparto, dove i depositi alluvionali sfumano nei depositi eluvio colluviali di versante (Zona C nella figura seguente) troviamo terreni in prevalenza limoso argillosi e limoso-argilloso sabbiosi fino ad una profondità di circa 14,00 m dal p.c. ed a seguire Argilla ed Argilla limosa sino al rinvenimento dei litotipi della formazione di substrato.

Le analisi granulometriche effettuate su campioni di terreno prelevati nel sondaggio S6 nella coltre eluvio colluviale alle profondità di circa 5,00 m e di 13,60 m forniscono per i livelli indagati distribuzioni granulometriche al limite inferiore del fuso granulometrico indicato al capitolo 7.11.3.4.2 delle NTA 2018 per terreni con coefficiente di uniformità $U_c > 3,5$.



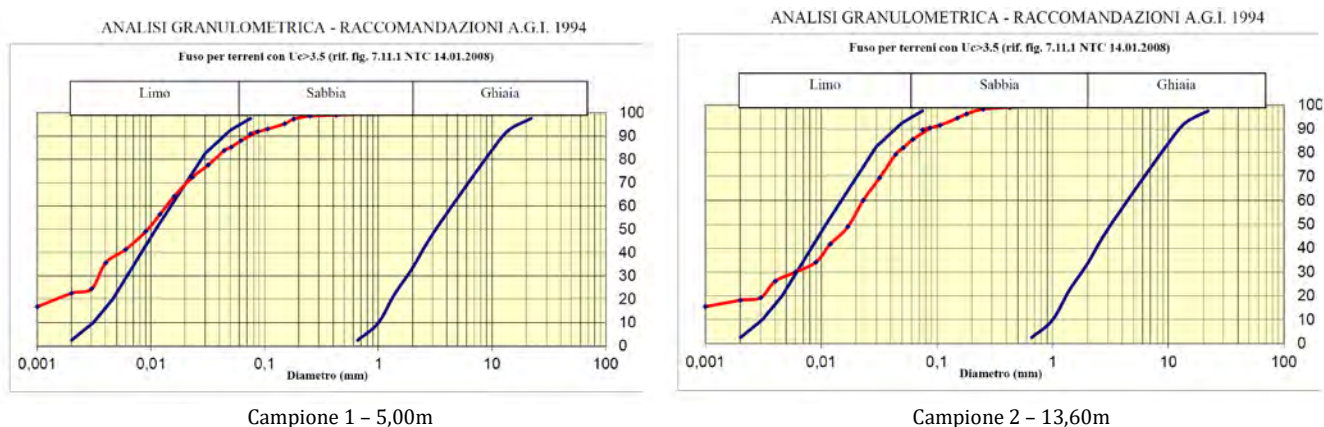


Figura 5-9: Distribuzione granulometrica dei campioni analizzati (in rosso) sovrapposto al fuso granulometrico indicato al capitolo 7.11.3.4.2 delle NTA 2018 per terreni con coefficiente di uniformità $U_c > 3,5$

A verifica della stratigrafia rilevata nel sondaggio S6 è stata eseguita anche una prova penetrometrica statica con piezocono (CPTu 1) che ha consentito ulteriori valutazioni e considerazioni sulla propensione alla liquefazione dei terreni indagati.

Le analisi ed indagini eseguite in questa porzione limitata del comparto indicano che i terreni eluvio colluviali interessati non sono escludibili a priori dal rischio di liquefazione per quanto previsto dalle NTA 2018 al capitolo 7.11.3.4.2.

Pur trovandoci in fase preliminare di approvazione del piano attuativo per una valutazione speditiva con metodologia empirica della propensione alla liquefazione dei depositi eluvio colluviali si evidenzia che le caratteristiche litologiche e granulometriche, unite alle considerazioni di carattere geologico e morfologico del sito, secondo quanto riportato nello studio di Facciorusso (2011, si veda la tabella successiva) indicano per i terreni della copertura colluviale una **bassa/moderata suscettibilità alla liquefazione con liquefacibilità improbabile.**

Suscettibilità secondo il criterio geologico			
Età del deposito	Profondità della falda (metri)		
	< 9	Da 9 a 15	>15
Olocene recente	Elevata	Bassa	Molto bassa
Olocene antico	Moderata	Bassa	Molto bassa
Pleistocene recente	Bassa	Bassa	Molto bassa
Pleistocene antico	Molto bassa	Molto bassa	Molto bassa

Probabilità di liquefazione in base alla morfologia	
Morfologia del sito	Liquefacibilità
Letti di fiume sia antiche che recenti, terreni paludosi, terreni di bonifica, zone interdunari	Probabile
Conoidi, argini naturali, dune, spiagge, pianure di esondazione	Possibile
Terrazzi, zone collinari e montuose	Improbabile

Figura 5-10 Suscettibilità e probabilità di liquefazione dei terreni della coltre alluvionale (livello 1b) secondo i criteri geologico e morfologico

A tal riguardo si osserva che all'interno di tale zona ricade solo una porzione del fabbricato commerciale n. 1 (vedi figura 5-11) che quindi risulterà ubicato in corrispondenza della zona di passaggio fra i depositi alluvionali (A) ed eluvio-colluviali (C).

Pertanto tenuto conto delle condizioni litostratigrafiche e sismiche dell'area di imposta dell'edificio ad uso commerciale, per la sua realizzazione sarà necessario adottare



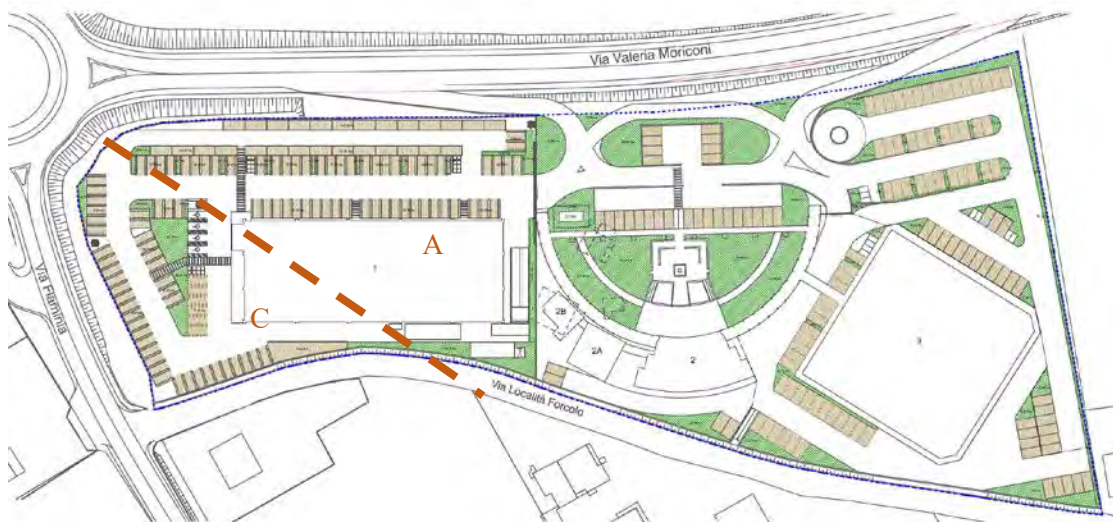


Figura 5-11: Planimetria con le previsioni urbanistiche ed evidenziata in tratteggio arancione la zona indicativa di passaggio fra i terreni alluvionali (A) ed i depositi eluvio-colluviali di versante (C).

fondazioni profonde su pali trivellati adeguatamente ammorsati nella formazione pliocenica di substrato. Soluzione questa che consentirà di scongiurare anche problemi legati alla eventuale liquefazione dei livelli di terreno presenti a profondità superiori agli 8,00 m dal p.c. (livello di falda verificato).

Tale soluzione, nel caso di azione sismica, consentirà di evitare assestamenti o cedimenti differenziali della struttura **se i pali saranno calcolati senza il contributo di portanza dei livelli prevalentemente limoso sabbiosi, sottofalda.**

ZONA "A" (depositi alluvionali)

La maggior parte del comparto ricade sui terreni della coltre alluvionale ed analizzando la stratigrafia emersa dalle varie prove eseguite si osserva che i terreni alluvionali (Zona A nella figura seguente) sono per lo più caratterizzati da alternanze di limi argillosi, argille limoso sabbiose (livello 2a) e limi sabbiosi o sabbia limosa (livello 2b) all'interno dei quali è presente un livello di ghiaia in matrice prevalentemente sabbiosa o sabbioso limosa (livello 2c) per uno spessore, nell'area indagata, variabile dai 5,00 ai 9,00 m.

Tenuto conto delle condizioni idrologiche in precedenza descritte si possono ipotizzare sottofalda i terreni presenti alla base della lente ghiaiosa che in caso di sisma potrebbero essere interessati da sovrappressioni interstiziali ed essere pertanto potenzialmente suscettibili di liquefazione.

Al di sotto delle ghiaie nelle indagini eseguite (sondaggi S1 ed S2) sono state rilevate alternanze di livelli limoso argillosi compatti (2a) ed argille limose sovraconsolidate non soggette al fenomeno della liquefazione in quanto dotate di coesione e livelli sabbiosi e sabbioso limosi (2b) che viste le caratteristiche granulometriche non sono escludibili a priori dal rischio di liquefazione per quanto previsto dalle NTA 2018 al capitolo 7.11.3.4.2.

In linea generale quindi i terreni granulari più superficiali, ove presenti, non sono soggetti al fenomeno della liquefazione, in quanto il buon grado di addensamento unitamente all'abbondante presenza di ghiaia contribuisce al dissipamento delle pressioni interstiziali in caso di impulso sismico; in ogni caso si tenga presente che la falda non è stata rinvenuta sino alla profondità di 8,00 m dal p.c.



Anche in questo caso, come per la zona "C", pur trovandoci in fase preliminare di approvazione del piano attuativo per una valutazione speditiva con metodologia empirica della propensione alla liquefazione dei depositi eluvio colluviali, si evidenzia che le caratteristiche litologiche e granulometriche, unite alle considerazioni di carattere geologico e morfologico del sito, secondo quanto riportato nello studio di Facciorusso (2011, si veda la tabella successiva) indicano per i terreni della **copertura alluvionale** una **bassa/moderata suscettibilità alla liquefazione con liquefacibilità improbabile**.

Suscettibilità secondo il criterio geologico			
Età del deposito	Profondità della falda (metri)		
	< 9	Da 9 a 15	>15
Olocene recente	Elevata	Bassa	Molto bassa
Olocene antico	Moderata	Bassa	Molto bassa
Pleistocene recente	Bassa	Bassa	Molto bassa
Pleistocene antico	Molto bassa	Molto bassa	Molto bassa

Probabilità di liquefazione in base alla morfologia	
Morfologia del sito	Liquefacibilità
Letti di fiume sia antiche che recenti, terreni paludosi, terreni di bonifica, zone interdunari	Probabile
Conoidi, argini naturali, dune, spiagge, pianure di esondazione	Possibile
Terrazzi, zone collinari e montuose	Improbabile

Figura 5-12 Suscettibilità e probabilità di liquefazione dei terreni della coltre alluvionale (livello 1b) secondo i criteri geologico e morfologico

Inoltre, per quanto riguarda i livelli sabbioso limosi presenti a profondità più elevata (al di sotto delle ghiaie, vedi sondaggio S1), si evidenzia che l'effettiva pericolosità nel caso di liquefazione di sabbie, sottofalda, dipende in maniera preponderante dalle condizioni topografiche e stratigrafiche del sito in studio. Più precisamente con superficie topografica orizzontale, l'effettiva pericolosità dipende dalla stratigrafia ed in particolare dalla profondità e dallo spessore degli strati liquefacibili.

In particolare nel grafico riportato nella figura successiva, Ishihara (1985) mette in relazione il pericolo di danni in superficie con il rapporto fra spessore dello strato liquefacibile e spessore dello strato sovrastante non liquefacibile.

Sempre nel medesimo lavoro, Ishihara sulla base di osservazioni empiriche su terremoti giapponesi, suggerisce che le manifestazioni superficiali della liquefazione non saranno significative se:

- la superficie topografica è piana,
- non vi è possibilità di scorrimento laterale verso incisioni o scarpate,
- il rapporto fra lo spessore dello strato superficiale non liquefacibile (H1) e lo spessore del sottostante strato liquefacibile (H2) è maggiore dei valori riportati nella figura indicata di seguito (in funzione dell'accelerazione di picco del suolo, vedi grafico).

In seguito, Seed et al (2003) hanno suggerito di utilizzare tale metodo per accelerazioni di picco non superiori a 0,4 g.

Pertanto l'eventuale rischio di liquefazione dei livelli granulari, sotto falda, presenti a quote superiori agli 8,00 m dal p.c. (quota della falda rilevata) non costituirebbe un pericolo per le strutture in superficie come verificato nella figura seguente in relazione a quanto emerso dal sondaggio S1 considerando cautelativamente liquefacibile l'intero spessore di deposito sotto le ghiaie e tenendo conto che le accelerazioni massime attese in caso di sisma nel sito in oggetto sono sicuramente inferiori a 0.3g.

In ogni caso, è sempre raccomandabile, secondo Seed et al., quando si fa riferimento al criterio indicato nella figura seguente, far ricorso come minimo a fondazioni continue e



molto robuste in grado di contrastare eventuali cedimenti differenziali, specialmente quando gli strati liquefacibili presentano livelli con $N_{1(60)}$,cs non superiori a 15 o quando il valore del rapporto H_1/H_2 è vicino ai limiti del diagramma di figura 5-13.

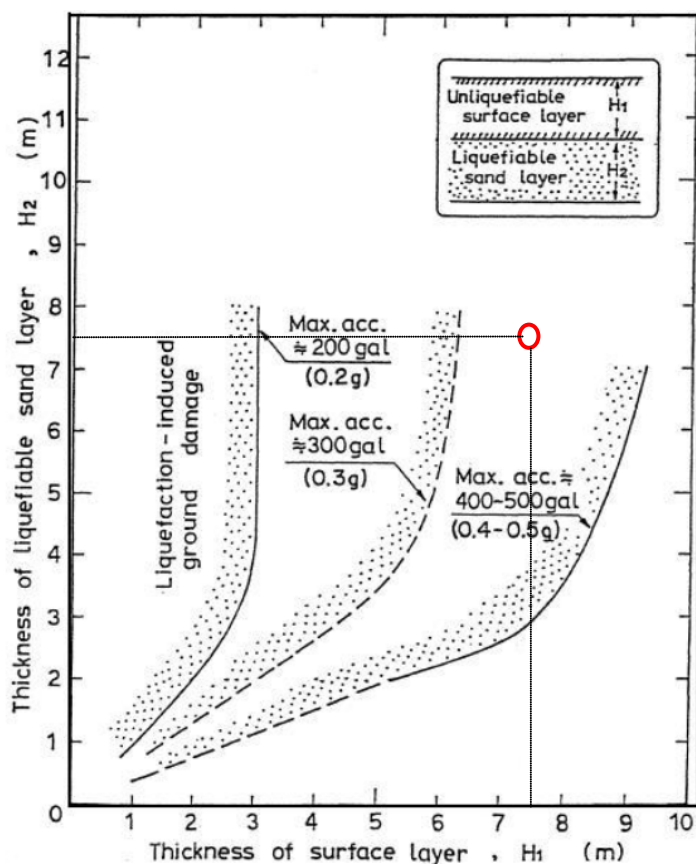


Figura 5-13. Ishihara (1985) – valore ottenuto sulla scorta di quanto emerso dal sondaggio S1 considerando cautelativamente liquefacibile l'intero spessore di deposito sotto le ghiaie

Sostanzialmente le indagini eseguite in questa fase preliminare di approvazione del piano attuativo, unitamente a valutazioni speditive di carattere empirico della propensione alla liquefazione dei terreni interessati dalla realizzazione degli edifici indicano in generale “bassi” o “moderati” (per la sola zona “C”) valori di suscettibilità alla liquefazione secondo il criterio geologico ed una “improbabile” propensione alla liquefacibilità secondo il criterio morfologico.

In relazione a quanto descritto nel presente capitolo relativamente alle due zone “A” e “C” si rileva che l'adozione di fondazione profonde su pali trivellati incastrati nella formazione di substrato per la **struttura commerciale (edificio n. 1 in fig. 5-11)** consentirà di scongiurare problemi legati alla eventuale liquefazione dei livelli di terreno presenti a profondità superiori agli 8,00 m dal p.c. (livello di falda verificato).

Relativamente **all'area del comparto individuata come zona “A” (depositi di copertura alluvionale) nelle figure 5-8 e 5-11**, per la progettazione esecutiva degli **edifici nn. 2, 2A, 2B e 3** si ritiene possibile anche l'utilizzo di fondazioni di tipo superficiale su travi rovesce o a platea che raggiungano il livello ghiaioso (livello 3) posto a profondità comprese fra i 1,50 e 3,00 ma dal p.c.; sarà comunque necessario un adeguato irrigidimento delle strutture.

In ogni caso, si sottolinea che a supporto della successiva fase di progettazione esecutiva dei singoli edifici dovranno essere eseguite indagini di dettaglio come previsto dal D.M. 17.01.2018 per confermare o meno l'esclusione dal rischio di liquefazione nel rispetto di quanto previsto dalle NTA 2018 al capitolo 7.11.3.4.2. in particolare modo per la zona interessata dalla realizzazione degli edifici nn. 2, 2A, 2B e 3.

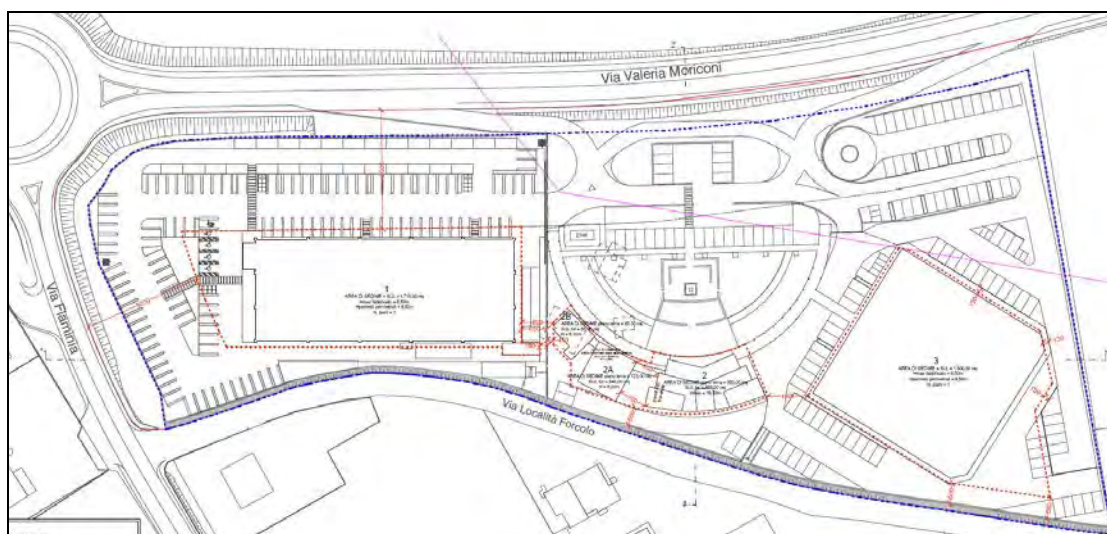


6. MODALITA' DI INTERVENTO:

Il nuovo progetto urbanistico dell'area può essere quindi diviso in 3 grandi macro elementi progettuali riassunti di seguito:

EDIFICIO 1	U3.5 - Attività commerciale alimentare di media struttura di vendita MS1 con SUV tra 251 e 1.500 mq S.U.L. = 1.710,00 mq, di cui: - Superficie di vendita S.U.V. = 1.100,00 mq - Superficie accessoria e muri S.U.A. = 610,00 mq
EDIFICIO 2	U3.1 - Terziario diffuso U3.2 - Attività artigianali di servizio non moleste U3.3 - Attività direzionali U3.4 - Attività commerciali di vicinato U2.5 - Attrezzature ricreative e pubblici esercizi S.U.L. = 897,00 mq
EDIFICIO 3	U3.5 - Attività commerciale alimentare di media struttura di vendita MS1 con SUV tra 251 e 1.500 mq S.U.L. = 1.900,00 mq, di cui: - Superficie di vendita S.U.V. = 1.700,00 mq - Superficie accessoria e muri S.U.A. = 200,00 mq
EDIFICI 2A-2B	U3.1 - Terziario diffuso U3.2 - Attività artigianali di servizio non moleste U3.3 - Attività direzionali U3.4 - Attività commerciali di vicinato U2.5 - Attrezzature ricreative e pubblici esercizi S.U.L. = 331,00 mq complessivi

Ogni elemento possiede le sue caratteristiche e peculiarità, ma tutti sono contenuti in un programma complessivo che ha come fine quello di attuare e rendere funzionale questo nuovo spazio urbano all'edificato esistente.



- LIMITE CIGLIO STRADALE CON RECINZIONE GUARD RAIL
- LIMITE DI PROPRIETÀ COINCIDENTE CON IL NUOVO LIMITE DEL COMPARTO = 19.401,00mq
- LIMITE RISPETTO ELETTRODOTTO
- FILI FISSI DI MASSIMO INGOMBRO
- ALLARGAMENTO STRADALE SU VIA FORCOLO
- AREA DI SEDIME DEGLI EDIFICI ESISTENTI

Figura 6-1: Planimetria intero comparto con legenda.



Le varie indagini e rilievi eseguiti hanno evidenziato che l'area interessata è compatibile dal punto di vista geomorfologico con la realizzazione dell'intervento urbanistico previsto in progetto.

A titolo puramente indicativo per quanto attiene all'attuale fase progettuale, tenuto conto:

- di quanto emerso durante l'indagine in merito alle caratteristiche del sottosuolo,
- delle condizioni sismiche dell'area di intervento come descritte al capitolo 5,
- delle caratteristiche delle opere da realizzare così come emerge dagli elaborati di inquadramento del piano urbanistico,

per quanto riguarda le opere di fondazione dei manufatti previsti si ipotizza:

- relativamente alla **struttura commerciale posizionata sul lato nord-ovest del comparto (edificio n. 1 in fig. 5-11)** che ricade su due aree caratterizzate da condizioni litologiche differenti (vedi stratigrafia capitolo 4 e figure 5-8 e 5-11, zona "A" e zona "C"), *si ritiene necessario adottare fondazioni profonde su pali trivellati adeguatamente immorsati nella formazione argillosa di substrato (livello 3);*
- relativamente **all'area del comparto individuata come zona "A" (depositi di copertura alluvionale) nelle figure 5-8 e 5-11**, per la progettazione esecutiva degli edifici nn. 2, 2A, 2B e 3 si ritiene possibile anche adottare fondazioni di tipo superficiale su travi rovesce o a platea che raggiungano il livello ghiaioso (livello 3) posto a profondità comprese fra i 1,50 e 3,00 ma dal p.c. L'adozione di fondazioni di tipo superficiale impone, naturalmente, un adeguato irrigidimento delle strutture per scongiurare eventuali cedimenti differenziali dovute alle caratteristiche di eterogeneità dei terreni della coltre di copertura alluvionale.

Spetterà in ogni caso all'Ing. calcolatore, in fase di progettazione esecutiva, la scelta della tipologia di fondazione ed il suo dimensionamento in relazione ai carichi di esercizio previsti ed alle problematiche realizzative.

6.1. Urbanizzazioni

Viste le caratteristiche morfologiche e litologiche dei terreni superficiali (consistenza media), la realizzazione delle opere di urbanizzazione sarà possibile adottando le tecniche ed i materiali in uso normalmente.

Per la realizzazione delle condotte interrato relative alle fognature ed alle varie utenze, saranno sufficienti le normali profondità di posa richieste dagli enti.

Per l'esecuzione delle strade di lottizzazione e dei marciapiedi, prima della posa del materiale di fondazione, sarà consigliabile lo scotico minimo di circa 0,60 m. di terreno superficiale, per evitare successive fessurazioni, dovute a fenomeni di rigonfiamento o ritiro dello strato superficiale stesso.

Si consiglia inoltre, per la realizzazione dei marciapiedi e delle pavimentazioni esterne a servizio degli edifici, di utilizzare solette in calcestruzzo armato irrigidite.

6.2. Sbancamenti e riporti di terreno:

Il materiale che verrà sbancato durante la realizzazione delle opere di urbanizzazione, massicciate stradali e delle fondazioni dei nuovi edifici, potrà essere anche riutilizzato all'interno dell'area in proprietà per le sistemazioni superficiali e del verde privato.

In ogni caso, tutte le operazioni legate alla quantificazione, classificazione, movimentazione ed eventuale riutilizzo dei terreni avverrà nel rispetto delle normative vigenti in materia di "Terre e Rocce da scavo", D.L. 152/2006 e D.M. n° 161 del 10 agosto 2012 (Regolamento recante la disciplina di utilizzazione delle terre e rocce da scavo) adottato dal Ministero dell'Ambiente e della tutela del territorio e del mare di concerto



con il Ministero delle infrastrutture e dei trasporti, in attuazione dell'art. 49 del Decreto Legge 24/01/2012 n.1, convertito nella Legge 24 marzo 2012 n. 27 e successive modifiche ed integrazioni, si veda il D.P.R. n. 120 del 13 giugno 2017, recante la disciplina semplificata per la gestione delle terre e rocce da scavo.

6.3. Drenaggi-regimazione delle acque:

In fase di apertura di cantiere si dovrà predisporre un sistema di regimazione, convogliamento e smaltimento delle acque superficiali e sotterranee, per evitare l'eventuale allagamento degli scavi, in particolar modo se i lavori saranno eseguiti in periodi di intense precipitazioni.

Per quanto riguarda poi la fase di esercizio si raccomanda che l'intera area d'intervento sia dotata di un efficiente sistema di raccolta e regimazione delle acque superficiali onde evitare che vadano ad interferire con i terreni fondali (sia della nuova struttura che delle opere di urbanizzazione).

In fine per quanto attiene alle opere di regimazione delle acque superficiali, facendo riferimento a quanto accennato al capitolo 2.4 in merito alle precarie condizioni di drenaggio delle acque di scolo provenienti dal versante soprastante, andranno rispettate le indicazioni/prescrizioni contenute nello studio di compatibilità idraulica redatto dallo scrivente ai sensi degli artt. 10 e 13 della Legge Regionale 22/2011, facente parte del presente piano attuativo.

7. CONCLUSIONI

Le informazioni ricevute dai progettisti sulle caratteristiche generali delle strutture di progetto, hanno consentito di individuare le indagini necessarie ai fini della modellazione geologica del sito interessato.

A titolo indicativo sulla scorta dell'attuale previsione urbanistica ed in relazione alle indagini eseguite a tutt'oggi, per quanto riguarda la struttura commerciale posizionata sul lato nord-ovest del comparto (edificio n. 1) che ricade su due zone caratterizzate da condizioni litologiche differenti (vedi figure 5-8 e 5-11), *si ritiene necessario impostare le opere di fondazione su pali trivellati adeguatamente immorsati nella formazione argillosa di substrato (livello 3).*

Per la realizzazione degli edifici nn. 2, 2a, 2B e 3 si ritiene possibile anche l'utilizzo di fondazioni di tipo superficiale su travi rovesce o a platea che raggiungano il livello ghiaioso posto a profondità comprese fra i 1,50 e 3,00 m dal p.c.; sarà necessario un adeguato irrigidimento delle strutture per scongiurare eventuali cedimenti differenziali dovute alle caratteristiche di eterogeneità dei terreni della coltre di copertura alluvionale.

Spetterà in ogni caso all'Ing. calcolatore la scelta della tipologia di fondazione ed il suo dimensionamento in relazione ai carichi di esercizio previsti ed alle problematiche esecutive.

Al capitolo 6 sono riportate le considerazioni ed indicazioni sulle modalità di intervento.

Tutti i dati sismici in nostro possesso e le prove sismiche attive (masw) eseguite indicano come il sito sia caratterizzato da un valore delle velocità delle onde di taglio compreso tra i 348 m/s ed i 378 m/s, calcolate dalla profondità di 0,0 m a -30,0 m. Poiché il substrato geologico presente è caratterizzato da velocità V_s sicuramente inferiori ad 800 m/s, pertanto il suolo indagato, considerando le velocità desunte dalle prove e la relativa incertezza insita nel metodo, può essere classificato cautelativamente



come segue:

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,

congruente con la litostratigrafia emersa durante l'indagine.

Inoltre, le indagini sismiche passive a stazione singola, evidenziano come vi sia una differente risposta sismica alle alte frequenze, imputabile alle differenze stratigrafiche già evidenziate tra la **zona "A"** e la **zona "C"**, a tal proposito si rimanda a quanto indicato in figura 5-6.

Considerate le caratteristiche morfologiche del sito indagato, si assume T1 come categoria topografica con $S_T = 1$.

Pertanto i dati emersi dall'indagine geologico-geotecnica eseguita indicano che l'area indagata risulta compatibile dal punto di vista geomorfologico con le nuove previsioni urbanistiche secondo le indicazioni fornite nei paragrafi precedenti.

Il modello geologico attualmente definito potrebbe essere influenzato dal fatto che le indagini geognostiche a tutt'oggi eseguite in sito risultino puntuali rispetto all'estensione dell'intera area di intervento. Occorrerà verificarne la veridicità in fase di progettazione esecutiva e se necessario apportare le necessarie modifiche al modello stesso tenuto conto inoltre delle differenze litologiche emerse durante questa fase di indagine all'interno del comparto.

Si sottolinea pertanto che a supporto della successiva fase di progettazione esecutiva dei singoli edifici dovranno essere eseguite indagini di dettaglio come previsto dal D.M. 17.01.2018.

Infine si ricorda che al presente studio geologico redatto ai sensi dell'art. 89 D.P.R. 06/06/2001 n.380 è allegato anche lo studio di compatibilità idraulica ai sensi degli artt. 10 e 13 della Legge Regionale 22/2011, pertanto alle indicazioni/prescrizioni contenute nel presente studio vanno eventualmente integrate quelle dello studio di compatibilità idraulica.

Lo studio rimane a disposizione per i chiarimenti necessari.

Gabicce Mare, ottobre 2023

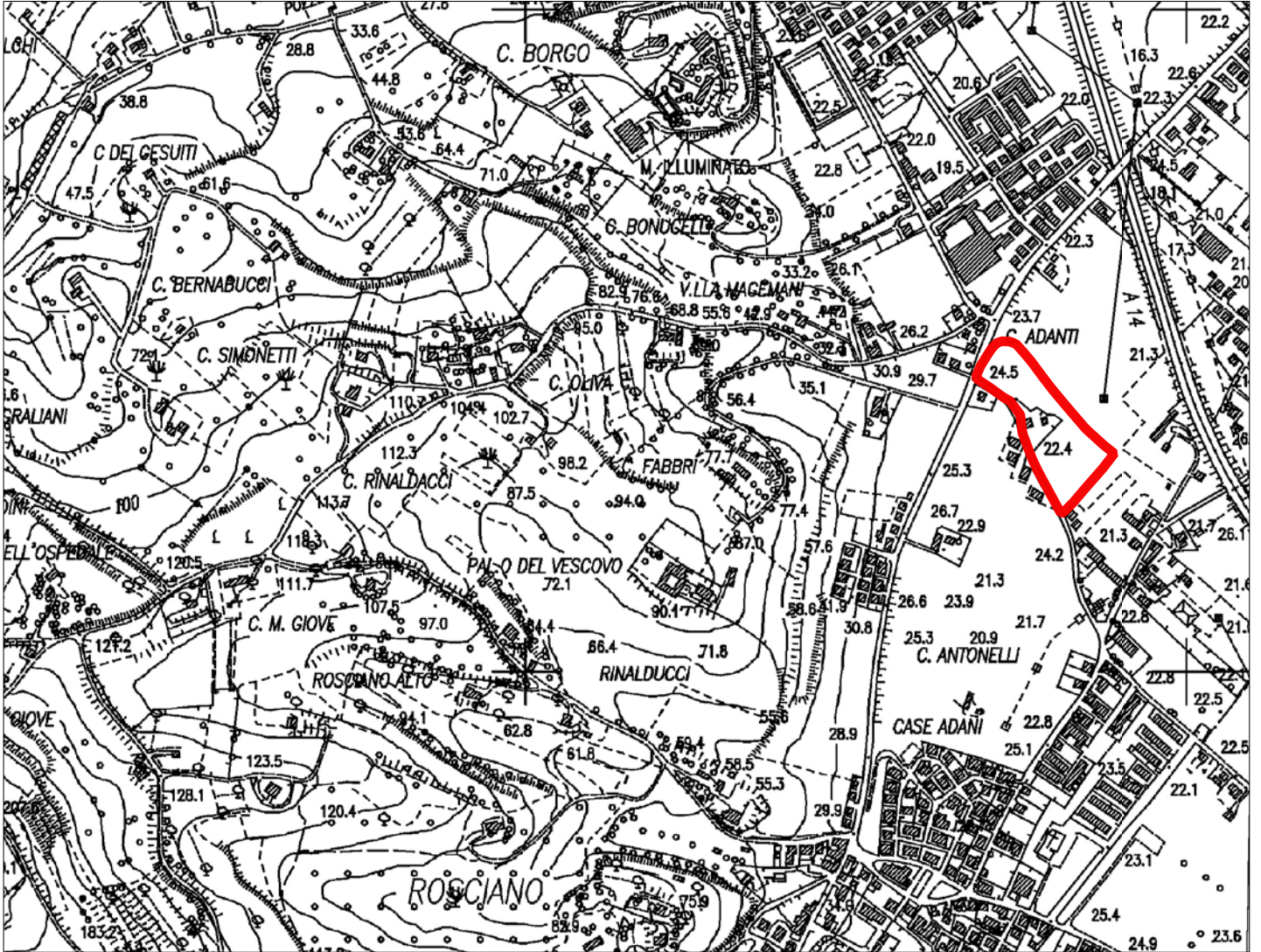
Dott. Geol. R. Romagna




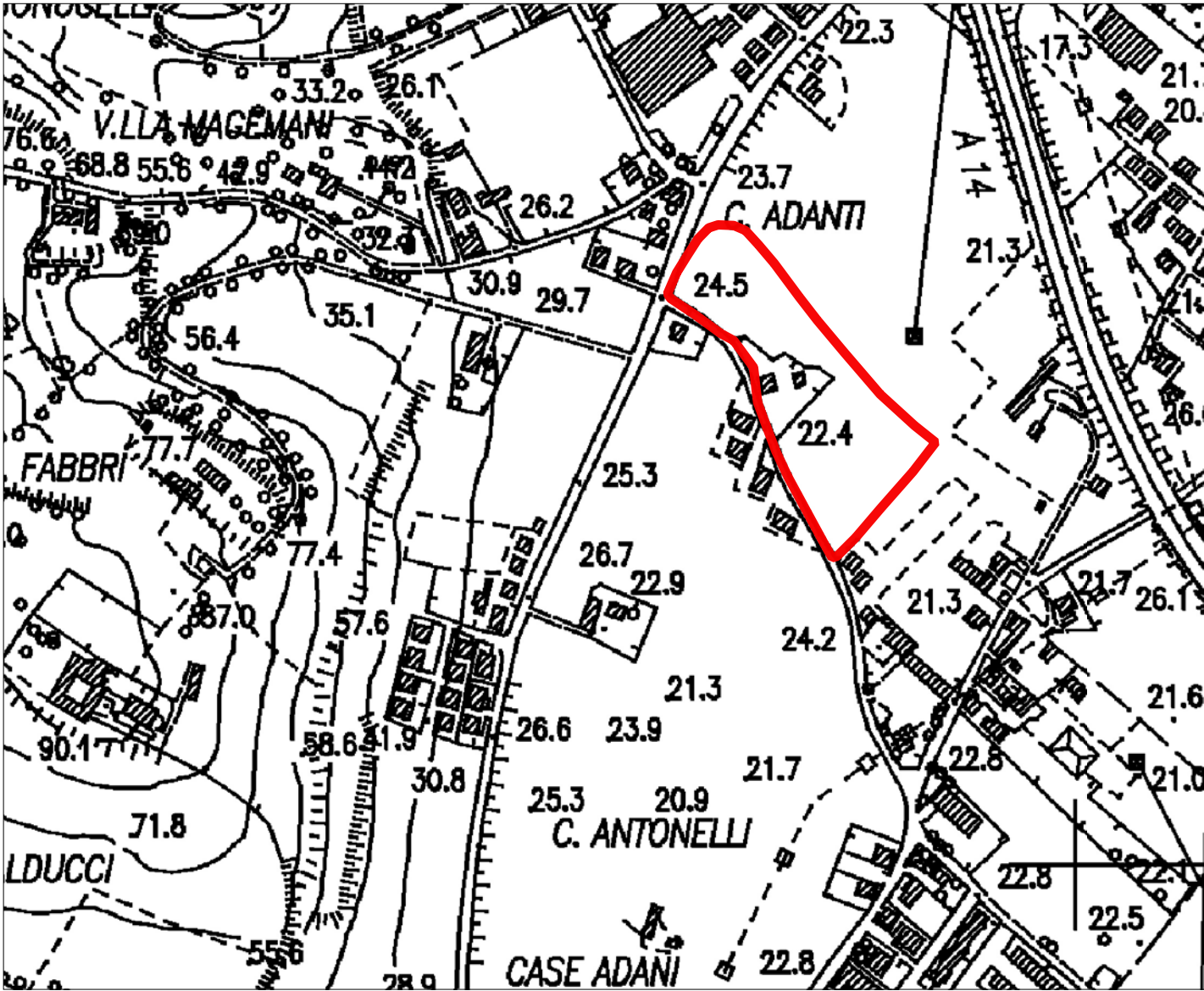
ALLEGATO 1


- *rilievo aerofotogrammetrico in scala 1:10.000 ed 1:5.000,*
- *estratto di mappa in scala 1:2.000,*
- *carta geologica regionale in scala 1:10.000,*
- *stralcio del piano di assetto idrogeologico ex Autorità di Bacino Regione Marche,*
- *planimetria dell'area interessata con individuazione delle indagini eseguite,*
- *sezione con ricostruzione litostratigrafica.*



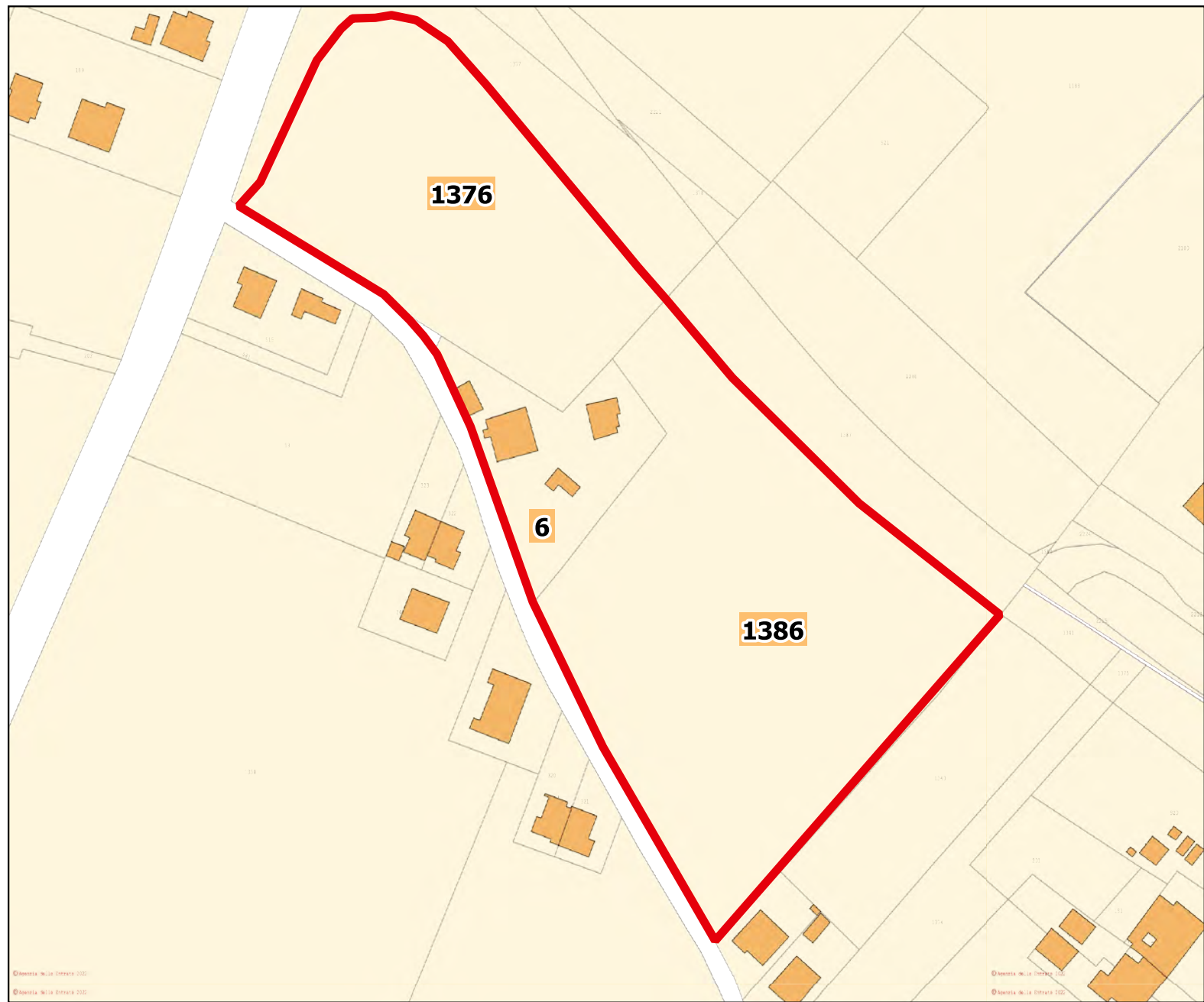



 Area in esame

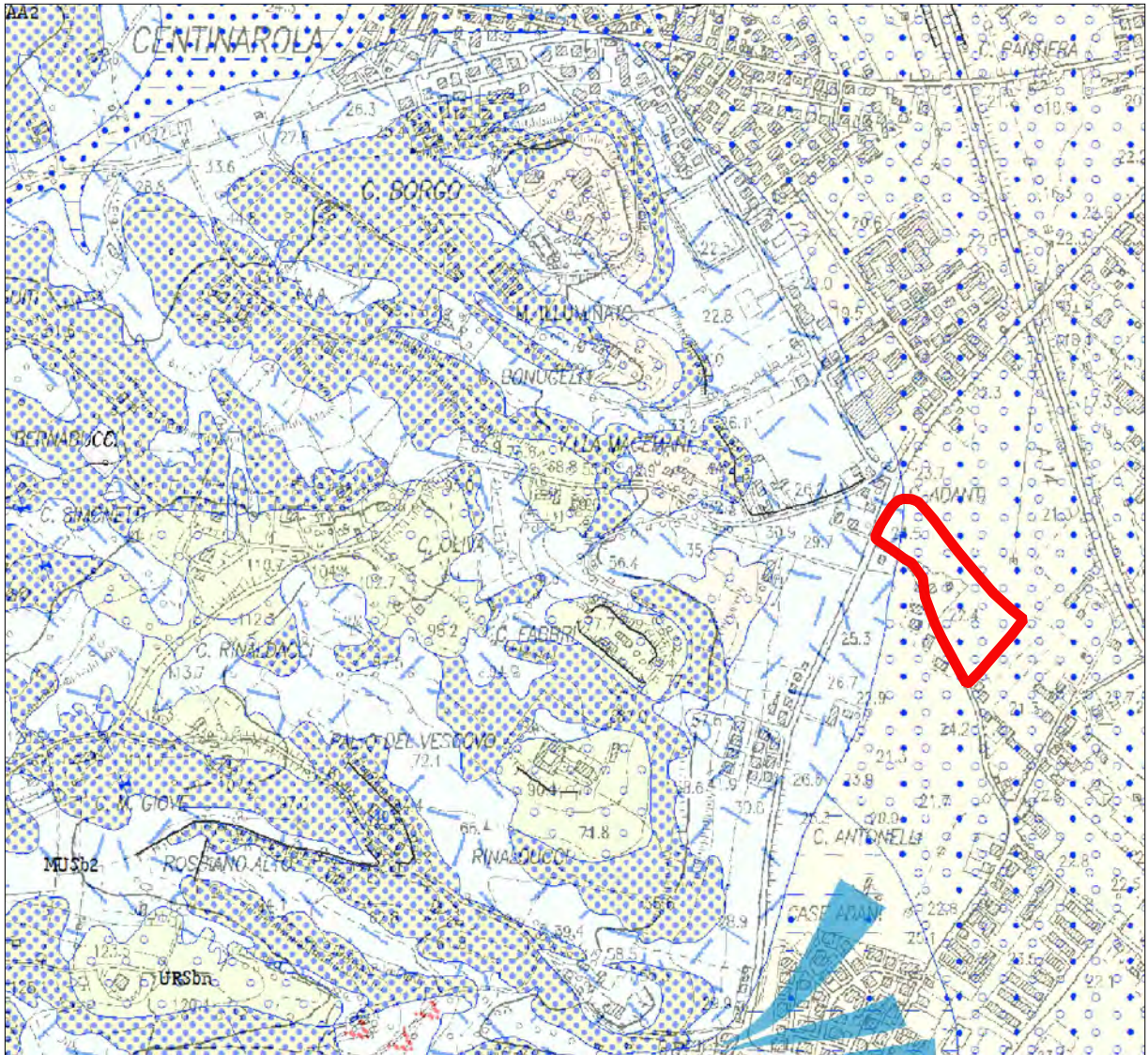


 Area in esame

Estratto di mappa in scala 1:2.000



 Area in esame



LEGENDA GEOLOGICA

DEPOSITI CONTINENTALI QUATERNARI

SISTEMA DEL MUSONE

(OLOCENE)

MUSa1 Frane in evoluzione

MUSa1a Frana antica

MUSa1q Frana senza indizi di evoluzione

MUSa1s Frana di scorrimento con indizi di evoluzione

MUSa1qs Frana di scorrimento senza indizi di evoluzione

MUSa Depositi di versante

MUSb2 Deposito eluvio colluviale

MUSb Deposito alluvionali attuali argille prevalenti associate a ghiaie, sabbie e limi in proporzioni variabili

MUSbn Depositi alluvionali terrazzati argille, limi e sabbie associate a subordinate ghiaie

SISTEMA DI MATELICA

(PLEISTOCENE SUPERIORE p.p. - OLOCENE p.p.)

MTIbn Depositi alluvionali terrazzati a) ghiaie prevalenti associate a subordinate sabbie, limi e argille b) argille, limi e sabbie associate a subordinate ghiaie

SUPERSISTEMA DI COLLE ULIVO

(PLEISTOCENE MEDIO (inale))

ACbn Depositi alluvionali terrazzati ghiaie prevalenti associate a subordinate sabbie

SISTEMA DI URBISAGLIA

(PLEISTOCENE MEDIO p.p.)

URSbn Depositi alluvionali terrazzati a) ghiaie prevalenti associate a subordinate sabbie b) argille, limi e sabbie associate a subordinate ghiaie

SUCCESSIONE UMBRO-MARCHIGIANO-ROMAGNOLA

SUCCESSIONE PLEISTOCENICA

FAA ARGILLE AZZURRE (Pliocene inferiore p.p. - Pliocene superiore p.p.)

FAA2 ARGILLE AZZURRE Membro delle Arenarie di Borello (Pliocene inferiore p.p. - Pliocene medio p.p.)

SUCCESSIONE MIOCENICA

FCO FORMAZIONE A COLOMBACCI (Messiniano p.p.)

FSD FORMAZIONE di SAN DONATO (Messiniano p.p.)

GS GESSOSO SOLFIFERA Messiniano p.p.

SCH SCHLIER (Burdigaliano superiore p.p. - Messiniano inferiore p.p.)

Contatto stratigrafico o litologico

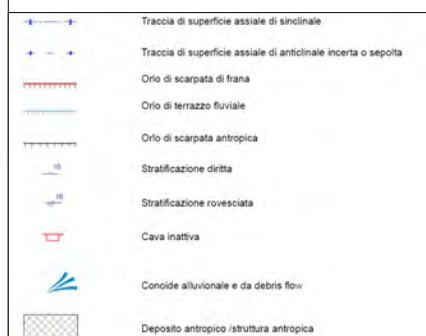
Contatto stratigrafico o litologico incerto

Contatto stratigrafico inconforme incerto

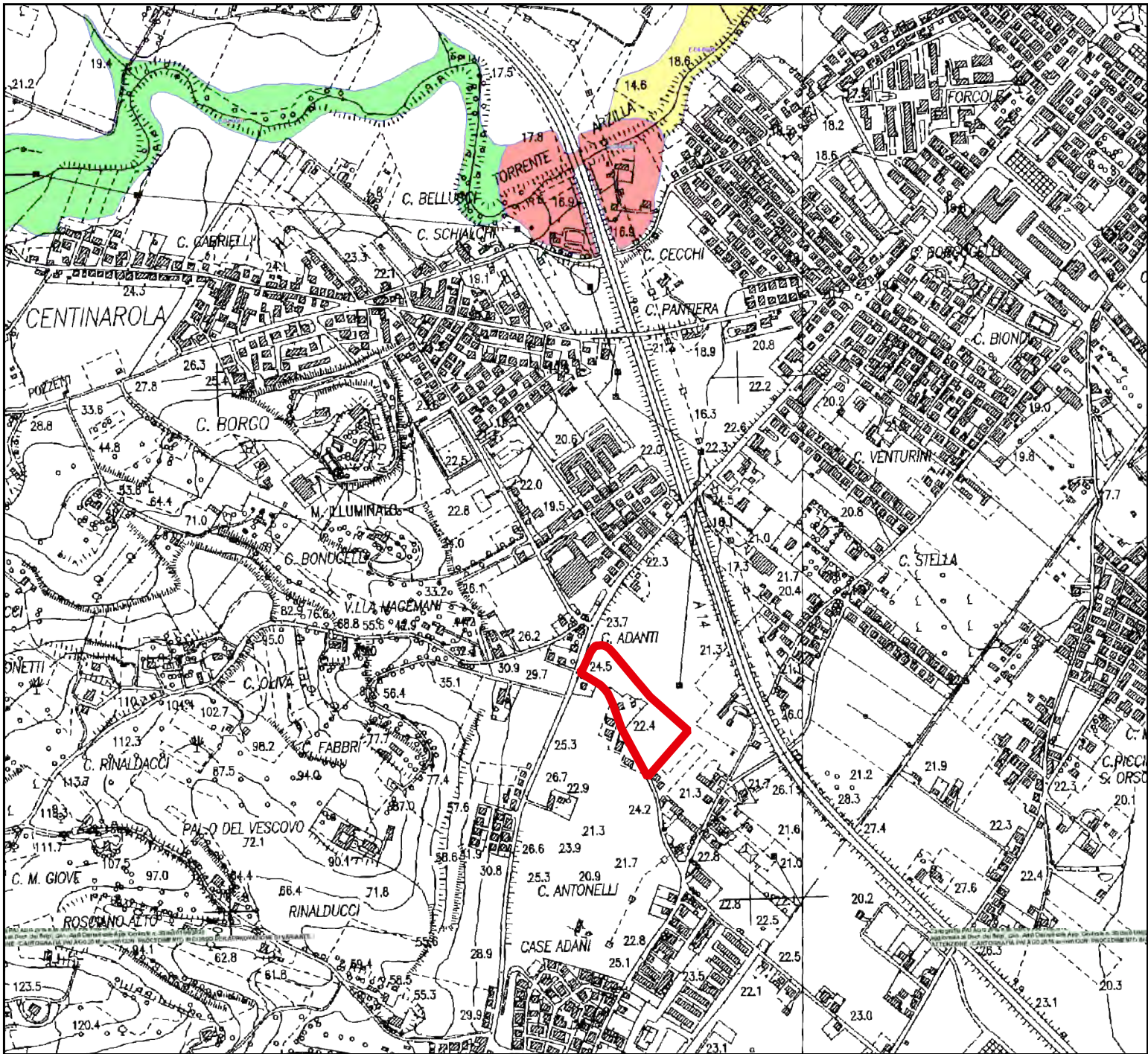
Sovrascorrimento

Sovrascorrimento incerto o sepolto

Area in esame



Cartografia PAI in scala 1:15000



Legenda:

Area a rischio frana (Codice F-xx-yyyy)

- Rischio moderato (R1)
- Rischio medio (R2)
- Rischio elevato (R3)
- Rischio molto elevato (R4)

Area a rischio valanga (Codice V-xx-yyyy)

- Rischio molto elevato (R4)



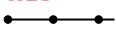







Area a rischio esondazione (Codice E-xx-yyyy)

- Rischio moderato (R1)
- Rischio medio (R2)
- Rischio elevato (R3)
- Rischio molto elevato (R4)

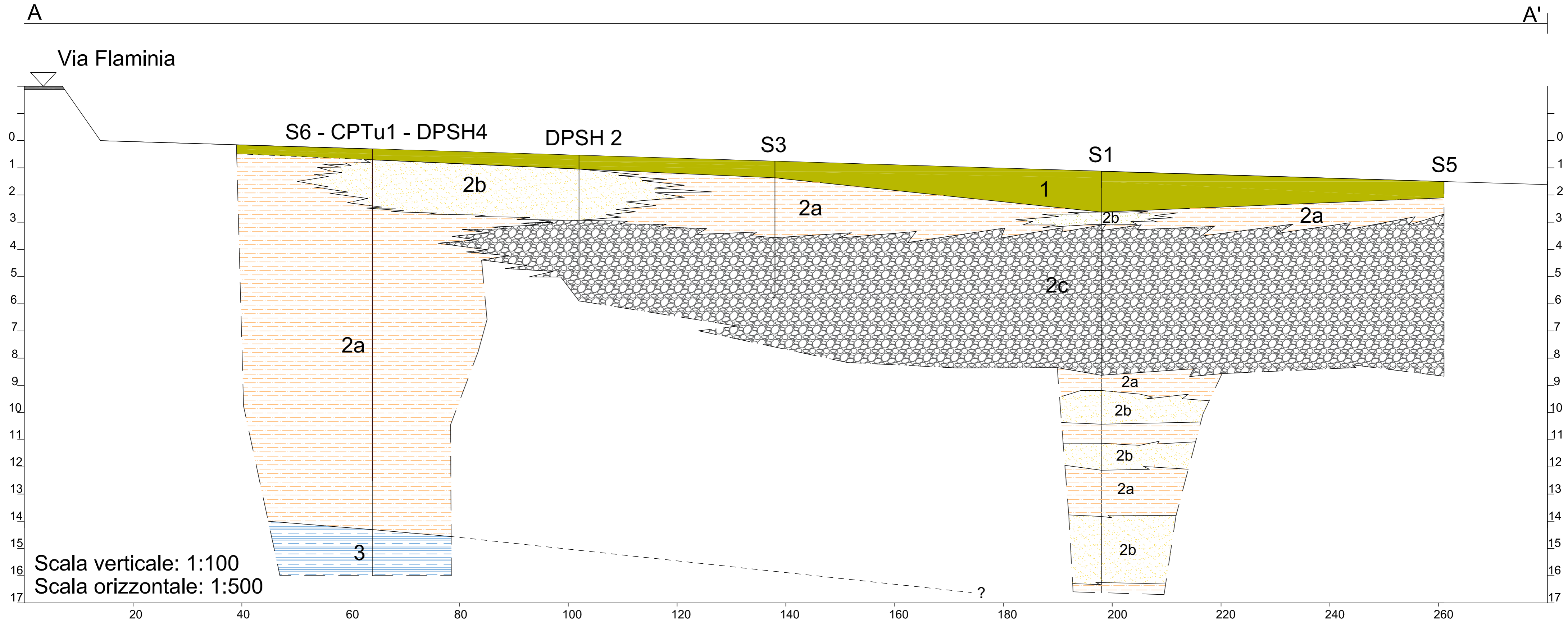
Ubicazione delle indagini in scala 1:1500



Legenda:

- | | | | |
|--|------------------|---|---------------------------------|
|  | Area di indagine |  | HVSR |
|  | MASW |  | Sondaggio a carotaggio continuo |
|  | DPSH |  | Traccia di sezione |
|  | CPT | | |
|  | CPT-DPSH | | |
|  | CPT-E | | |
|  | DPSH | | |

Sezione Stratigrafica A-A'



ALLEGATO 2

- *Log stratigrafici dei sondaggi meccanici eseguiti (carotaggio continuo e elica continua);*
- *diagrammi delle prove statiche (CPT e CPTu) e dinamiche pesanti eseguite (DPSH);*
- *certificati delle analisi granulometriche di laboratorio*
- *elaborazioni delle prove di permeabilità Lefranc eseguite;*
- *indagini geofisiche MASW- rapporto;*
- *indagini sismiche passive a stazione singola (HVSR) - rapporto.*



Ditta **IMMOBILIARE ZEUS S.R.L.**

Località **ROSCIANO - FANO**

SONDAGGIO N. 1

	Prof. Mt.	Pocket penet. Kg/cmq	Vane Test Kg/cmq	Recupero campione %	DESCRIZIONE	LITOLOGICA	Livello Piezom.
0				80%	Terreno vegetale		
1	1.50			95%	Sabbie limose giallastre		
2	2.00						
3							
4				95%	Ghiaie eterogranulari in matrice sabbiosa		
5							
6							
7							
8	7.50	3,0		95%	Limi argillosi compatti giallastri		
9	8.00			95%	Sabbie fini giallastre quasi sciolte		
10	8.50			95%	Sabbie fini grigie quasi sciolte		
11	9.30						
12	10.00	>6		95%	Argille grigie leggermente marnose compatte		
13	11.00			95%	Sabbie fini grigie quasi sciolte		
14	11.00	>6		95%	Argille grigie leggermente marnose compatte		

Note:

Ditta **IMMOBILIARE ZEUS S.R.L.**

Località **ROSCIANO - FANO**

SONDAGGIO N. 1

	Prof. Mt.	Pocket penet. Kg/cmq	Vane Test Kg/cmq	Recupero campione %	DESCRIZIONE LITOLOGICA	Livello Piezom.
Mt. 12						
	12.70	>6	-	95%	Argille grigie leggermente marnose compatte	
13						
14		-	-	95%	Sabbie fini grigie quasi sciolte	
15						
	15.20					
	15.50	>6	-	95%	Argille grigie leggermente marnose compatte	
16						
17						
18						
19						
20						
21						
22						
23						
24						

Note:

Committente Dott. Geol. Roberto Romagna	Profondità raggiunta 14.70	Quota Ass. P.C.	Certificato n°	Pagine
Operatore Dott. Geol. Simone Conti	Indagine Via V. Moriconi - Fano	Note1	Tipo Sonda CMV 420D	Inizio/Fine Esecuzione 16/09/2021
Responsabile Dott. Geol. Marco Gaggiotti	Sondaggio S2	Tipo Carotaggio continuo		Coordinate X Y

Scala (m)	Litologia	Descrizione	Quota	Parametri geotecnici	S.P.T.	Pocket Test kg/cmq	Vane Test kg/cmq	Metodo Perforazione	Rivestimento 127 mm	Cass. Catalog.	Falda	Piezometro (P)	
		Terreno vegetale: limo argilloso colore marrone scuro con resti vegetali.	0.70										
1		Limo sabbioso deb. argilloso colore nocciola chiaro.	1.90										
2		Limo sabbioso colore nocciola con ghiaia medio fine prevalentemente di natura	2.30										
3		Ghiaia eterometrica (diam.max5cm), poligenica (prevalentemente calcarea), sub-arrotondata, in matrice limoso sabbiosa e sabbioso limosa di colore nocciola chiaro. Tra -10,0 e -10,90m si riscontra un aumento della matrice limosa.											
4													
5													
6													
7													
8													
9													
10													
11			10.90										
12		Argilla limosa colore grigio azzurrina con livelli centimetrici limoso sabbiosi, plastica, medio bassa consistenza. Tra -12,30 e -12,70m presenza di livelli deb.ghiaiosi e sabbiosi.											
13		Argilla deb. limosa colore grigio scuro a medio bassa consistenza.	12.90										
14		Argilla sovraconsolidata con concrezioni mm grigio biancastre, dura, asciutta e non plastica.	14.00										
15			14.70										

**INDAGINI GEOGNOSTICHE ESEGUITE
IN VIA VALERIA MORICONI NEL COMUNE DI FANO (PU)**

Sondaggio **2** - postazione

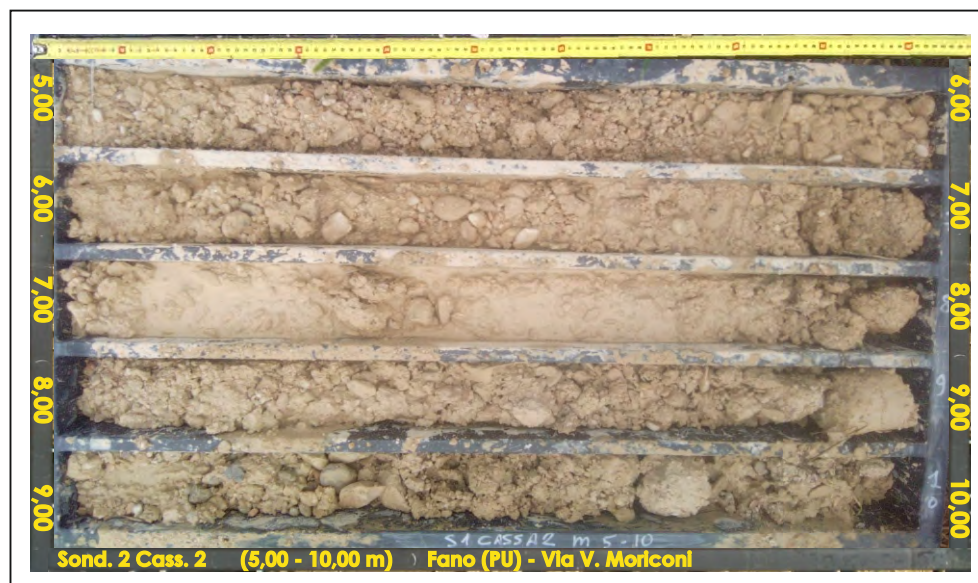


INDAGINI GEOGNOSTICHE ESEGUITE IN VIA VALERIA MORICONI NEL COMUNE DI FANO (PU)

Sondaggio **2** - cassette catalogatrici



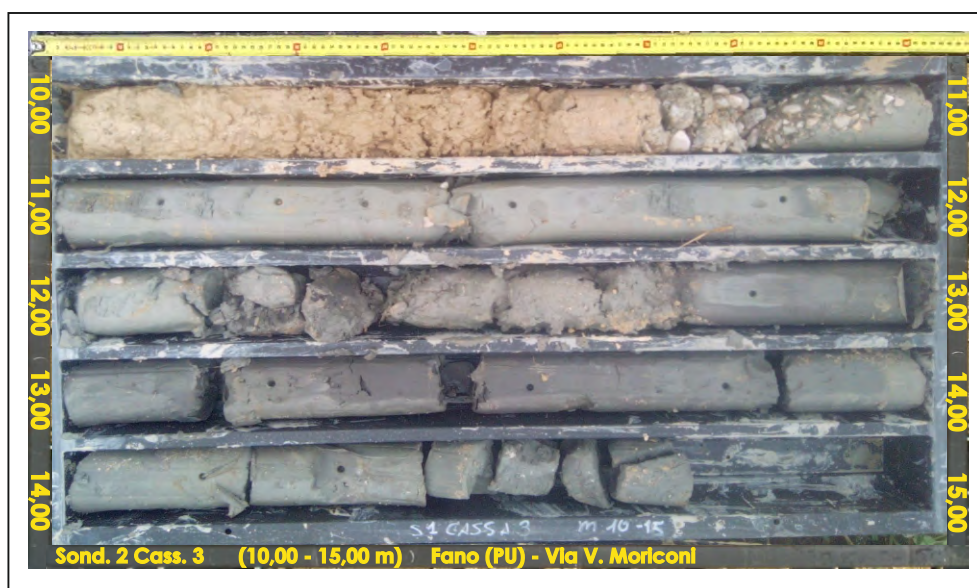
Cassa n°1 da ml. 0.00 a ml. 5.00



Cassa n°2 da ml. 5.00 a ml. 10.00

**INDAGINI GEOGNOSTICHE ESEGUITE
IN VIA VALERIA MORICONI NEL COMUNE DI FANO (PU)**

Sondaggio 2 - cassette catalogatrici



Cassa n°3 da ml. 10.00 a ml. 15.00



SONDAGGIO: 4

DA METRI: 0.0 A METRI: 7.0

Responsabile:

COMMITTENTE: Romagna Roberto

CANTIERE: Fano - Rosciano

LOCALITA':

DATA INIZIO: 21-10-2022 DATA FINE: 21-10-2022

QUOTA BOCCAFORO (m s.l.m.):

LUNGHEZZA (m): 7.0

Sonda tipo: IPC drill 830 L

Operatore:

LEGENDA:

PROVE S.P.T.: PA Punta aperta - PC Punta chiusa

CAMPIONI: S Pareti sottili - O Osterberg - M Mazier

R Rimaneggiato - Rs Rimaneggiato da S.P.T.

PIEZOMETRI: A Aperto - C Casagrande - E Elettrico

PERFORAZIONE: CS Carotiere semplice - CD Carotiere doppio - EC Elica continua

STABILIZZAZIONE: RM Rivestimento metallico

FB Fanghi bentonitici

% CAROTAGGIO — R.Q.D. —

S.P.T. Prof. Tipo Valori	CAMPIONI		STRATIGRAFIA E DESCRIZIONE	Prof. (m)	Carot. (%) RQD (%) 20 40 60 80	Pocket Test kg/cmq	Vane Test	FALDA Rinv Stab	Piezo- metri	Diam. (mm)	Metodo Perf.ne	Metodo Stab.ne
	Prof.	Tipo										
			Copertura pedologica	0.8								
	1		Limi sabbiosi	1.9								
	2		Ghiaia in matrice limosa	3.0								
	3		Ghiaia sciolta e sabbia									
	4											
	5											
	6											
7				7.0							7.0 CS	









SONDAGGIO: S6 - PZ

DA METRI: 0.0 A METRI: 16.0

Responsabile:

COMMITTENTE: Romagna Roberto

CANTIERE: Fano - Rosciano

LOCALITA':

DATA INIZIO: 8-9-2023 DATA FINE: 8-9-2023

QUOTA BOCCAFORO (m s.l.m.):

LUNGHEZZA (m): 16.0

Sonda tipo: IPC Drill 830 L

Operatore:

LEGENDA:

PROVE S.P.T.: PA Punta aperta - PC Punta chiusa
 CAMPIONI: S Pareti sottili - O Osterberg - M Mazier
 R Rimaneggiato - Rs Rimaneggiato da S.P.T.
 PIEZOMETRI: A Aperto - C Casagrande - E Elettrico
 PERFORAZIONE: CS Carotiere semplice - CD Carotiere doppio - EC Elica continua
 STABILIZZAZIONE: RM Rivestimento metallico
 FB Fanghi bentonitici

% CAROTAGGIO ——— R.Q.D. ———

S.P.T. Prof. Tipo Valori	CAMPIONI		STRATIGRAFIA E DESCRIZIONE	Prof. (m)	Carot. (%) RQD (%) 20 40 60 80	Pocket Test kg/cmq	Vane Test	FALDA		Piezo- metri	Diam. (mm)	Metodo Perf.ne	Metodo Stab.ne
	Prof.	Tipo						Rinv	Stab				
2.6 PC 4 5 6			Limi argillosi marroni, essiccati	1.5		6.0							
	1												
	2		Limi e limi sabbiosi ocra			3.5							
	3					2.5							
	4					1.5							
	5					1.5							
	6		Argille marroni	5.5		1.5	0.6						
	7		Argille limose ocra	6.2		1.0	0.4						
	8		Argille marroni	7.0		1.5	0.5						
	9		Argille limose ocra	7.3		2.0	0.6						
	10		Argille marroni	7.3		1.5	0.4						
	11		Argille limose ocra	9.6		2.0	0.6						
	12		Argille marroni	9.6		2.0	0.5						
	13		Argille grigie/nerastre con livello limoso marrone (10.40-10.70)	10.2		1.5	0.4						
	14		Limi argillosi grigi	12.7		1.0	0.3						
	15		Ghiaia in matrice limosa ocra	13.8		1.0	0.3						
16		Substrato formazionale: alternanza di marne e arenarie ossidate	14.0		1.0	0.4							
					1.0	0.3							
					0.7								
					2.0								
					3.0	0.8							
					2.5	0.8							
					2.5	0.8							
					2.5	1.0							
					6.0								
					4.0								
				16.0									

9.9
(1)

12.9
(1)

A
16.0



0 1 2 3 4



S.
 P. P.
 35 C
 T.
 Numero: 1
 Profondità (mt):
 -da 2,60
 -a 3,05
 Numero colpi:
 4-5-6

1 2 3 4 5



10

12

14



11

12

13

14

15

Vertical scale markings on the tray: 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90 cm.



15

16

17

18

19

16

17

18

19

20

10
20
30
40
50
60
70
80
90

10
20
30
40
50
60
70
80
90

10
20
30
40
50
60
70
80
90

10
20
30
40
50
60
70
80
90







Intergeo srl



INTERGEO s.r.l. - Servizi Geologici
Strada Acquasalata, 9 47899 Serravalle - RSM
Codice Operatore Economico - SM21197
Tel. 333 2208376
www.intergeosm.com - mail: info@intergeosm.com

Cone Penetration Test (CPTU) - Date: 19/09/2023 15:37:00

Site: Rosciano (PU)-Loc.Forcolo - Test: CPTU1

Company information

Name: Intergeo srl

Address: Strada Acquasalata, 9

Zip code:

City: Serravalle

P.IVA: C.O.E: SM 21197

E-Mail: info@intergeosm.com

Phone number:

Fax number:

Site information

Name: Rosciano (PU)-Loc.Forcolo

Date: 19/09/2023

Commissioner: Romagna Roberto

Locality:

Test information

Name: CPTU1

Location:

Date: 19/09/2023 15:37:00

Prehole mode:

Prehole depth [cm]: 0

Hydrostatic line [cm]: 790

Ground level [cm]: 0

Latitude: 48.825369

Longitude: 12.994252

Operator:

Comments:

Probe code: Mks728

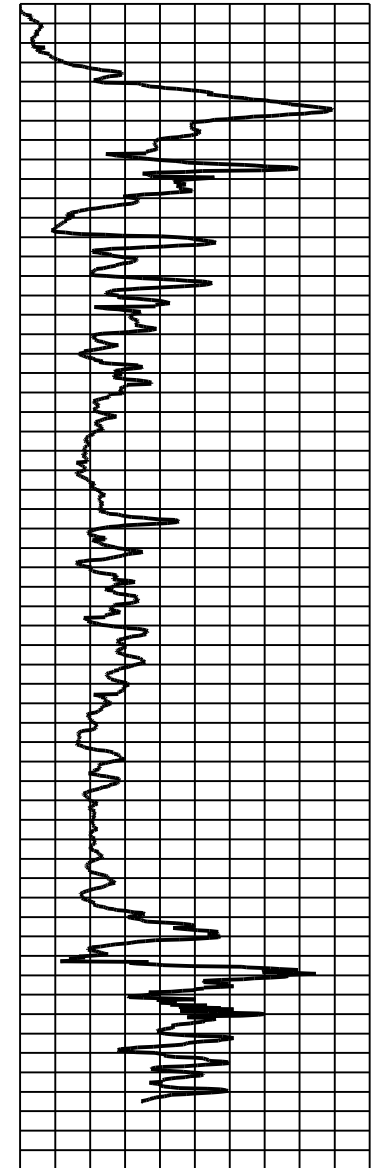
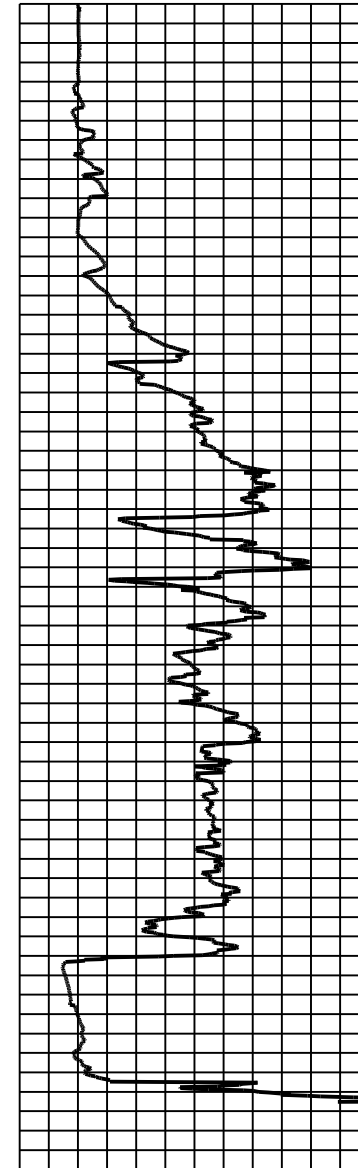
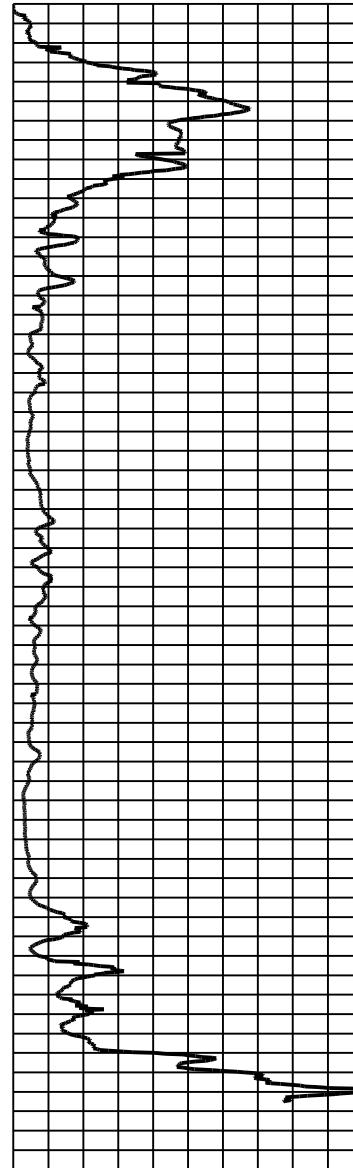
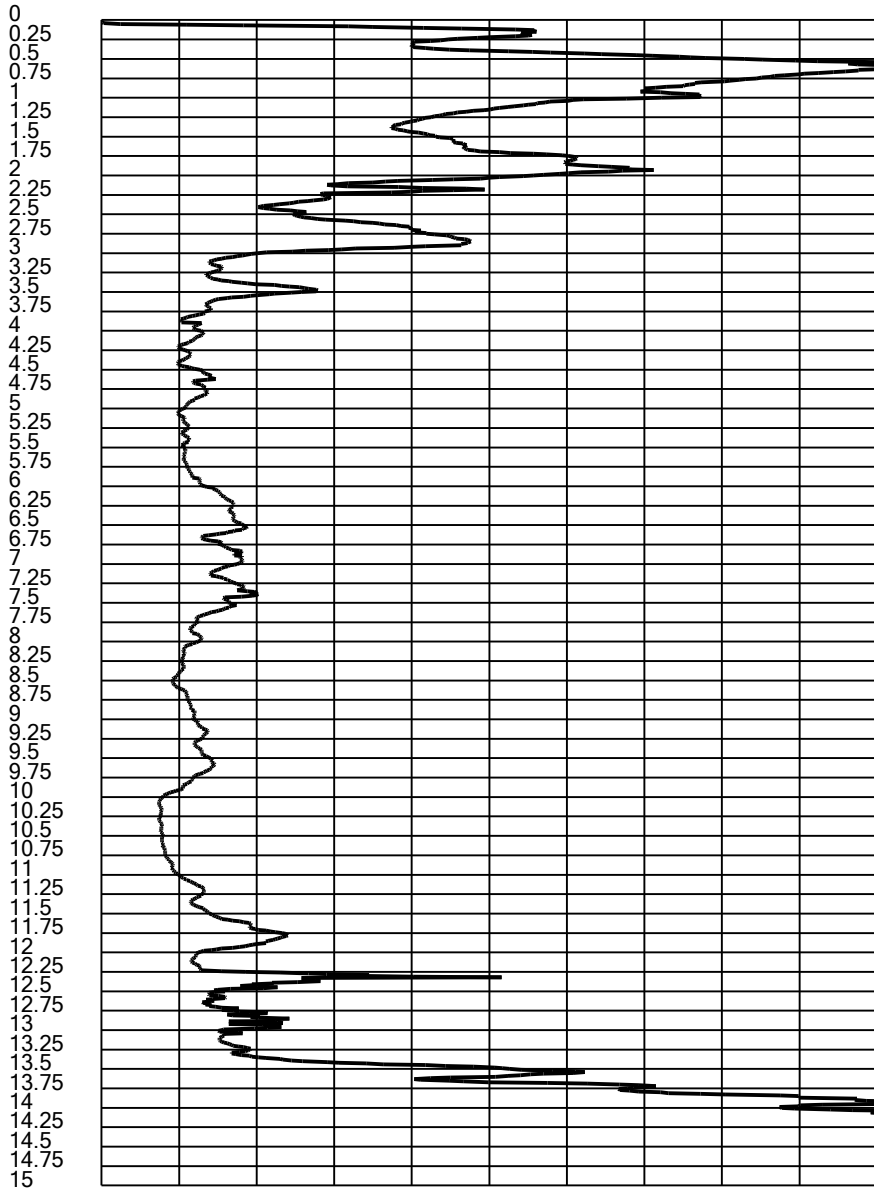


Qc [MPa]
 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Fs [KPa]
 0 50 100 150 200 250 300 350 400 450 500

U2 [KPa]
 -200 0 100 200 300 400 500 600 700 800 900 1000

Rf [%]
 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

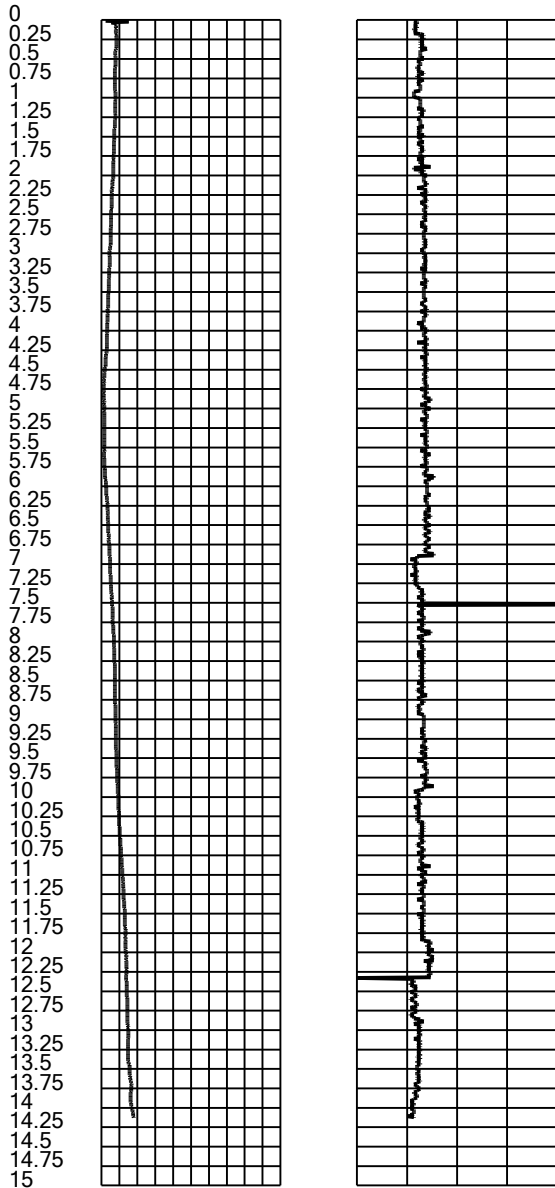




Tilt [°] Speed [cm/sec]

0 0.25 0.5 0.75 1 1.25 1.5 1.75 2 2.25 2.5 2.75 3 3.25 3.5 3.75 4 4.25 4.5 4.75 5 5.25 5.5 5.75 6 6.25 6.5 6.75 7 7.25 7.5 7.75 8 8.25 8.5 8.75 9 9.25 9.5 9.75 10 10.25 10.5 10.75 11 11.25 11.5 11.75 12 12.25 12.5 12.75 13 13.25 13.5 13.75 14 14.25 14.5 14.75 15

0 1.5 3 4.5 6

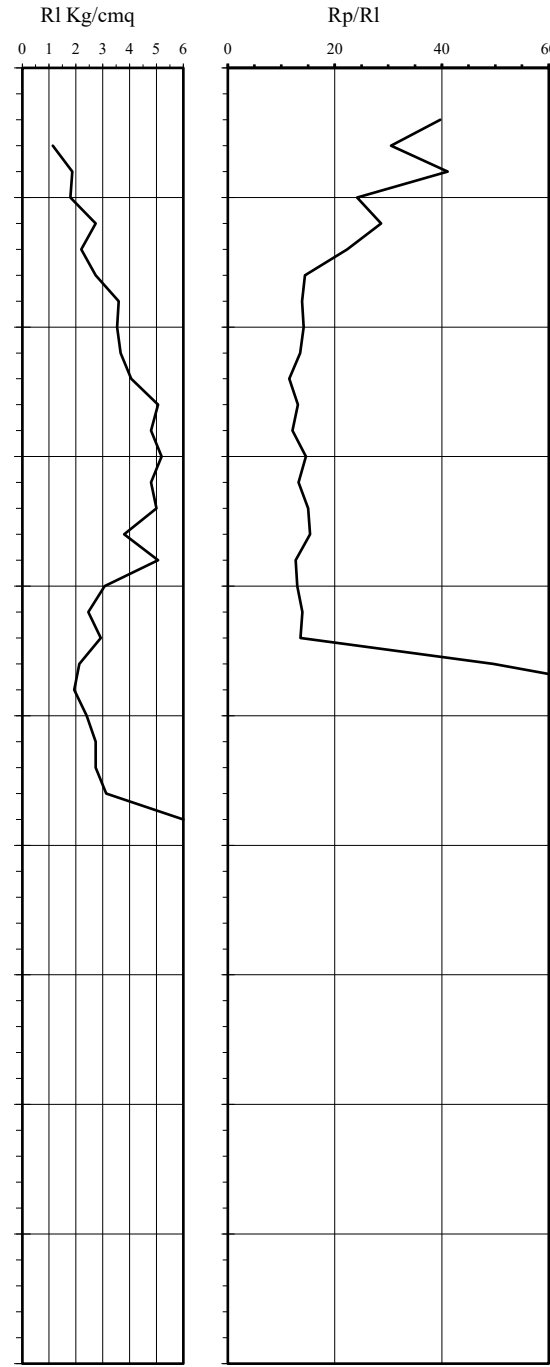
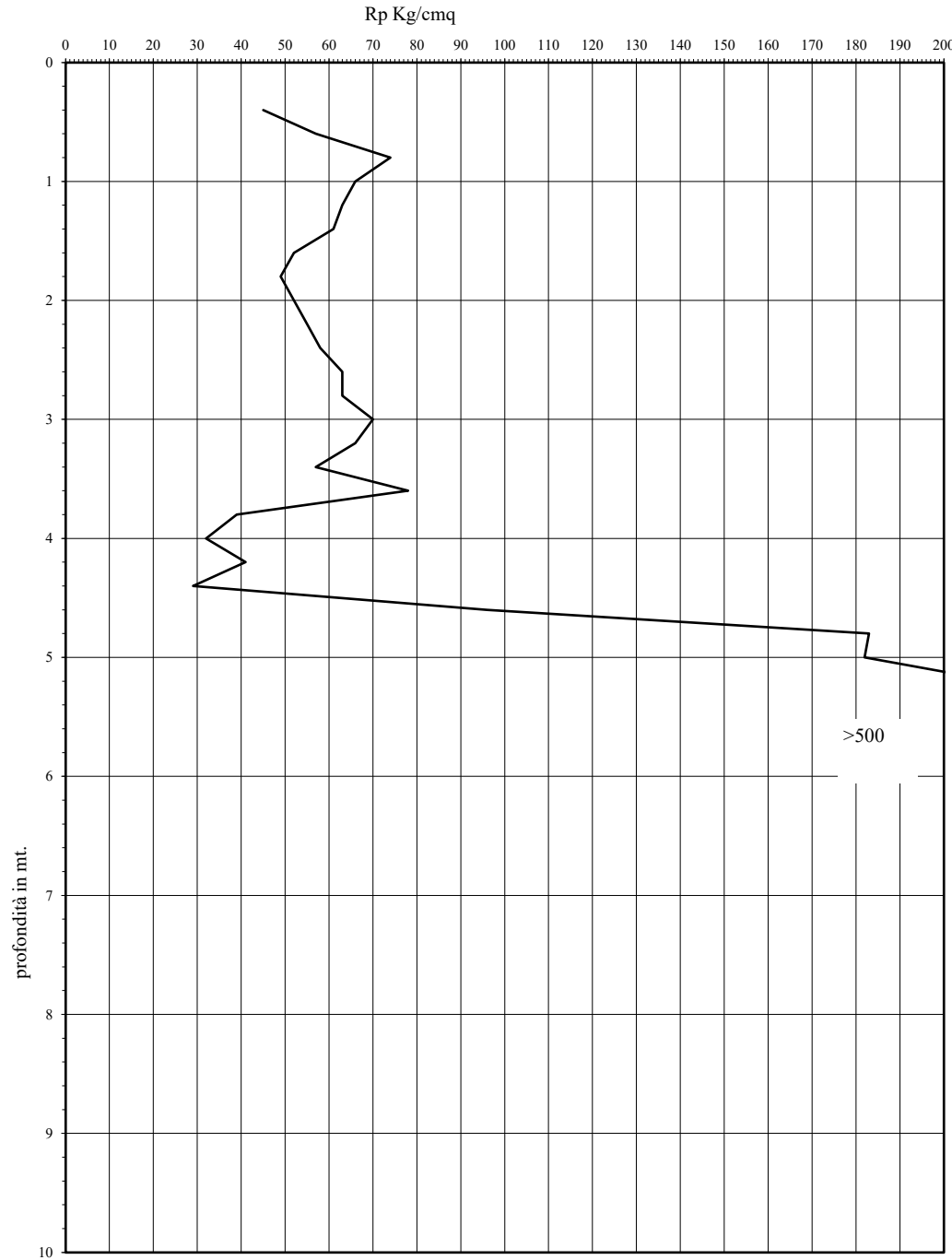


Prova Penetrometrica Statica

Prova n.: CPT 1
 Cantiere: Rosciano (PU) - Loc. Forcolo
 Data: Settembre 2023

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

Classificazione orientativa dei terreni (Schmertmann - 1978)



A	A	A	A	A	A	S	S	S	S
0	M	T	M	C	M	S	L	L	S
T				C	L	A			D

mt.	Rp	RI	Rp/RI	ϕ°	Dr	Cu Kg/cmq	Nspt
0,2							
0,4	45		39,71	/	/	/	11,25
0,6	57	1,13	30,54	/	/	/	14,25
0,8	74	1,87	41,11	/	/	/	18,5
1	66	1,80	24,15	/	/	3,3	/
1,2	63	2,73	28,64	/	/	/	15,75
1,4	61	2,20	22,32	/	/	3,05	/
1,6	52	2,73	14,44	/	/	2,6	/
1,8	49	3,60	13,87	/	/	2,45	/
2	52	3,53	14,18	/	/	2,6	/
2,2	55	3,67	13,52	/	/	2,75	/
2,4	58	4,07	11,45	/	/	2,9	/
2,6	63	5,07	13,13	/	/	3,15	/
2,8	63	4,80	12,12	/	/	3,15	/
3	70	5,20	14,58	/	/	3,5	/
3,2	66	4,80	13,20	/	/	3,3	/
3,4	57	5,00	15,00	/	/	2,85	/
3,6	78	3,80	15,39	/	/	3,9	/
3,8	39	5,07	12,72	/	/	1,95	/
4	32	3,07	12,97	/	/	1,6	/
4,2	41	2,47	13,98	/	/	2,05	/
4,4	29	2,93	13,59	/	/	1,45	/
4,6	96	2,13	49,66	39	0,54	/	24
4,8	183	1,93	76,25	44	0,76	/	45,75
5	182	2,40	66,59	44	0,76	/	45,5
5,2	212	2,73	77,56	46	0,83	/	53
5,4	383	2,73	122,23	56	1,26	/	95,75
5,6	396	3,13	66,00	57	1,29	/	99
5,8	421	6,00		/	/	21,05	/
6	500						
6,2							
6,4							
6,6							
6,8							
7							
7,2							
7,4							
7,6							
7,8							
8							
8,2							
8,4							
8,6							
8,8							
9							
9,2							
9,4							
9,6							
9,8							
10							

Angolo d'attrito interno, densità relativa e coesione

Verifica alla liquefazione
 magnitudo di 6 g
 accelerazione massima al suolo 0,25 g
 (Seed et al. 1985)

coefficiente di sicurezza

Cu media Kg/cmq 3,75556 Nspt media n. colpi 42,275

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

Legenda:

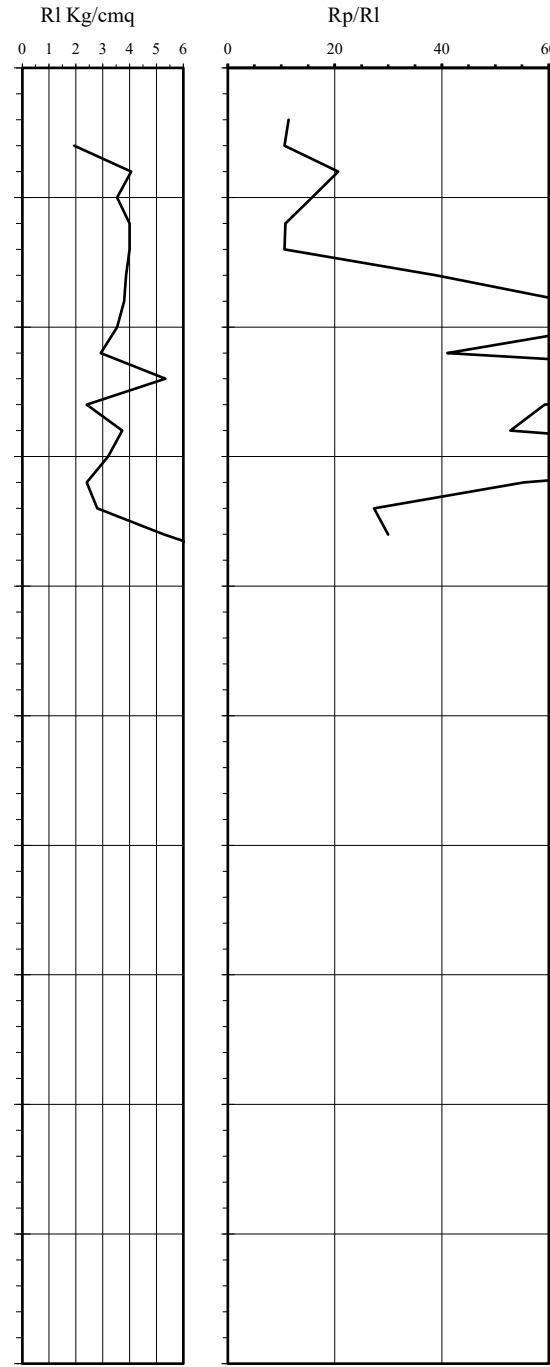
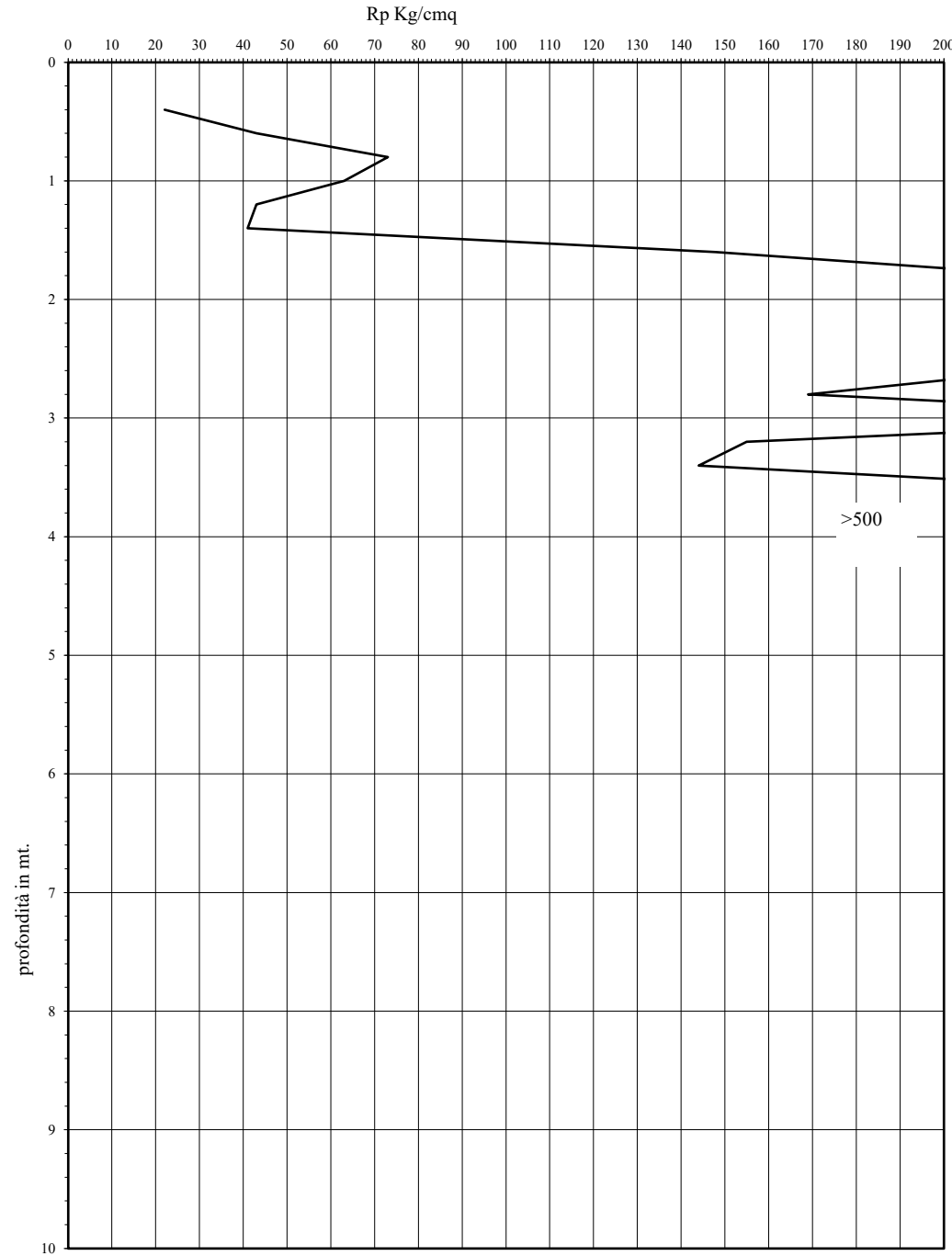
- argilla
 - sabbia limoso argillosa
 - sabbia
- AO argilla organica e terreni misti; AMT argilla molto tenera;
 AT argilla tenera; AM argilla media; AC argilla compatta
 AMC argilla molto compatta; ASL argilla sabbiosa limosa
 SL sabbia e limo; SLA sabbia limoso argilloso;
 SS sabbia sciolta; S sabbia;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

Prova Penetrometrica Statica

Prova n.: CPT 2
 Cantiere: Rosciano (PU) - Loc. Forcolo
 Data: Settembre 2023

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

Classificazione orientativa dei terreni (Schmertmann - 1978)



mt.	Rp	RI	Rp/RI	ϕ°	Dr	Cu Kg/cmq	Nspt
0,2							
0,4	22		11,38	/	/	1,1	/
0,6	43	1,93	10,57	/	/	2,15	/
0,8	73	4,07	20,66	/	/	3,65	/
1	63	3,53	15,75	/	/	3,15	/
1,2	43	4,00	10,75	/	/	2,15	/
1,4	41	4,00	10,60	/	/	2,05	/
1,6	148	3,87	38,95	/	/	/	37
1,8	224	3,80	63,40	47	0,86	/	56
2	204	3,53	69,55	45	0,81	/	51
2,2	219	2,93	41,06	/	/	/	54,75
2,4	294	5,33	122,50	51	1,04	/	73,5
2,6	221	2,40	59,20	46	0,85	/	55,25
2,8	169	3,73	52,81	43	0,72	/	42,25
3	277	3,20	115,42	50	0,99	/	69,25
3,2	155	2,40	55,36	42	0,69	/	38,75
3,4	144	2,80	27,34	/	/	/	36
3,6	244	5,27	30,00	/	/	/	61
3,8	401	8,13		/	/	20,05	/
4	500						
4,2							
4,4							
4,6							
4,8							
5							
5,2							
5,4							
5,6							
5,8							
6							
6,2							
6,4							
6,6							
6,8							
7							
7,2							
7,4							
7,6							
7,8							
8							
8,2							
8,4							
8,6							
8,8							
9							
9,2							
9,4							
9,6							
9,8							
10							

Angolo d'attrito interno, densità
relativa e coesione

Verifica alla liquefazione
magnitudo di 6 g
accelerazione massima al suolo 0,25 g
(Seed et al. 1985)

coefficiente di sicurezza

Cu media Kg/cmq 4,9 Nspt media n. colpi 52,25

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

Legenda:

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

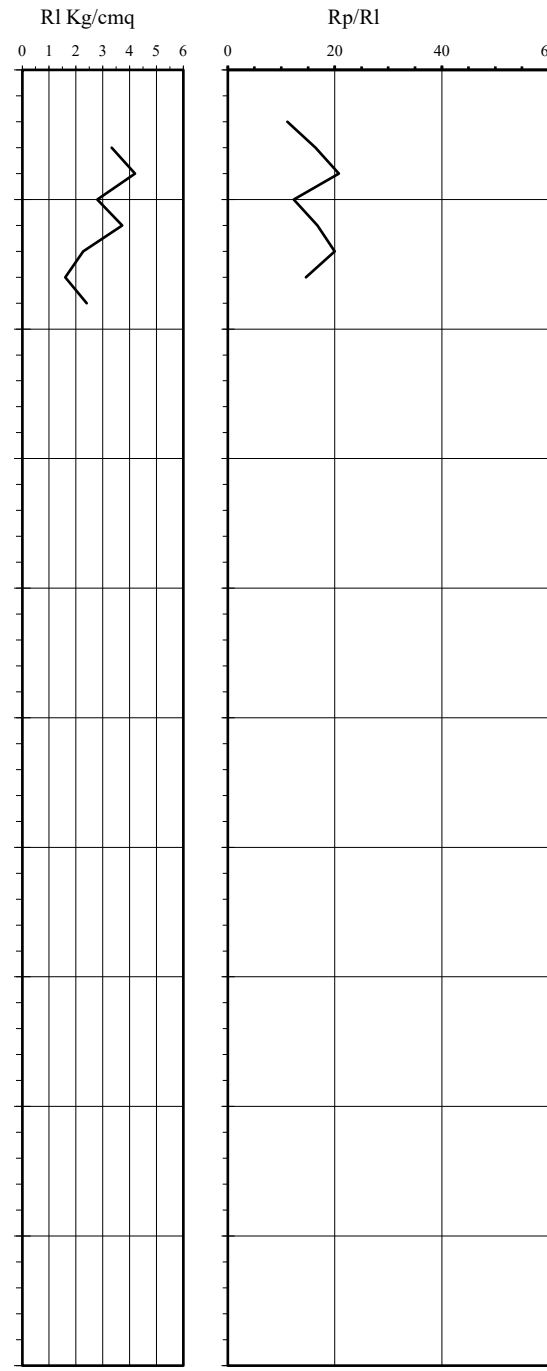
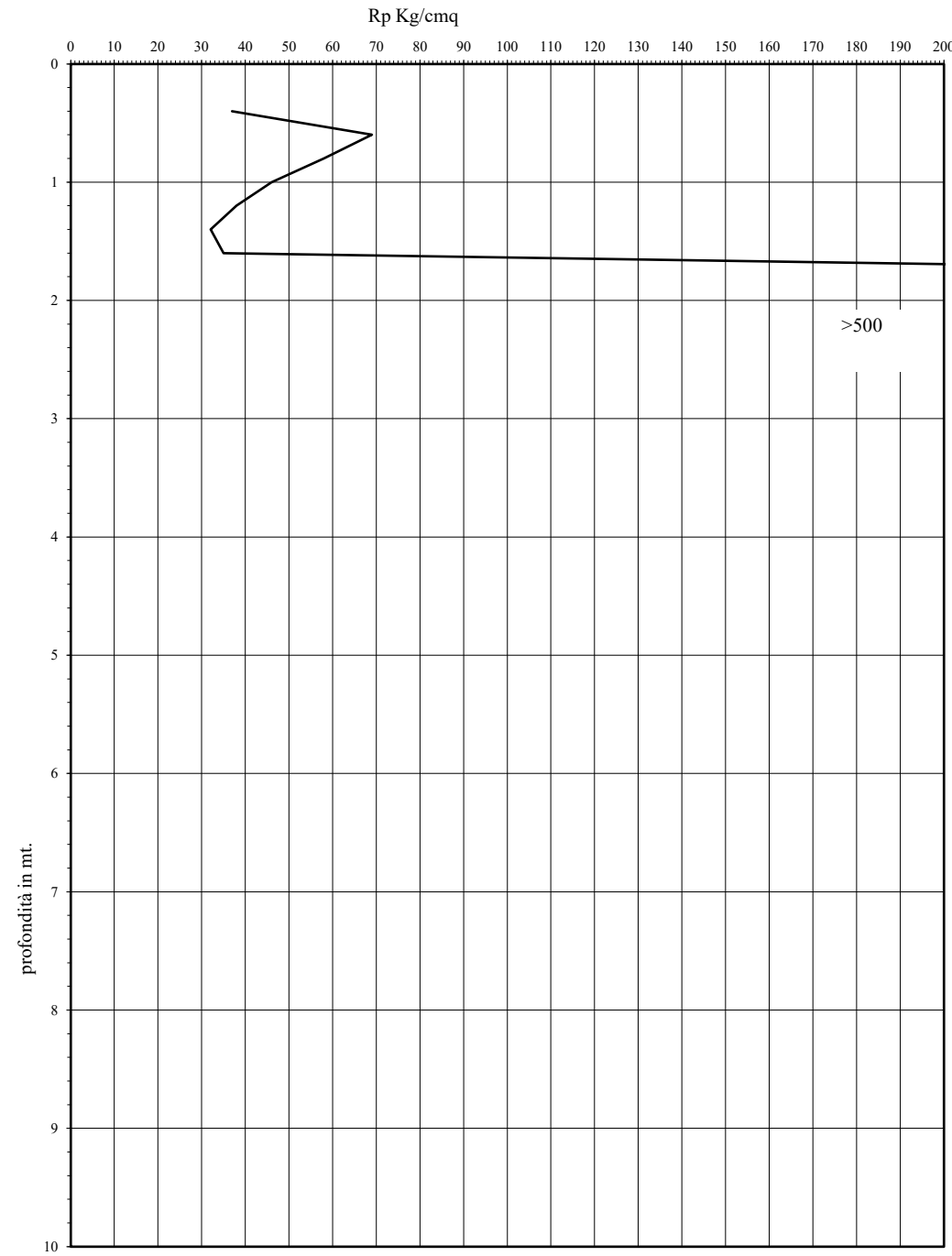
n.l. non liquefacibile

Prova Penetrometrica Statica

Prova n.: CPT 3
 Cantiere: Rosciano (PU) - Loc. Forcolo
 Data: Settembre 2023

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

Classificazione orientativa dei terreni (Schmertmann - 1978)



mt.	Rp			φ°	Dr	Cu Kg/cmq	Nspt
	RI	Rp/RI	Rp				
0,2							
0,4			37	/	/	1,85	/
0,6			69	/	/	3,45	/
0,8			58	/	/	2,9	/
1			46	/	/	2,3	/
1,2			38	/	/	1,9	/
1,4			32	/	/	1,6	/
1,6			35	/	/	1,75	/
1,8			389	/	/	19,45	/
2			500				
2,2							
2,4							
2,6							
2,8							
3							
3,2							
3,4							
3,6							
3,8							
4							
4,2							
4,4							
4,6							
4,8							
5							
5,2							
5,4							
5,6							
5,8							
6							
6,2							
6,4							
6,6							
6,8							
7							
7,2							
7,4							
7,6							
7,8							
8							
8,2							
8,4							
8,6							
8,8							
9							
9,2							
9,4							
9,6							
9,8							
10							

Angolo d'attrito interno, densità relativa e coesione

Verifica alla liquefazione
 magnitudo di 6 g
 accelerazione massima al suolo 0,25 g
 (Seed et al. 1985)

coefficiente di sicurezza

n.l.
 n.l.
 n.l.
 n.l.
 n.l.
 n.l.
 n.l.

Cu media Kg/cmq 4,4 / Nspt media n. colpi

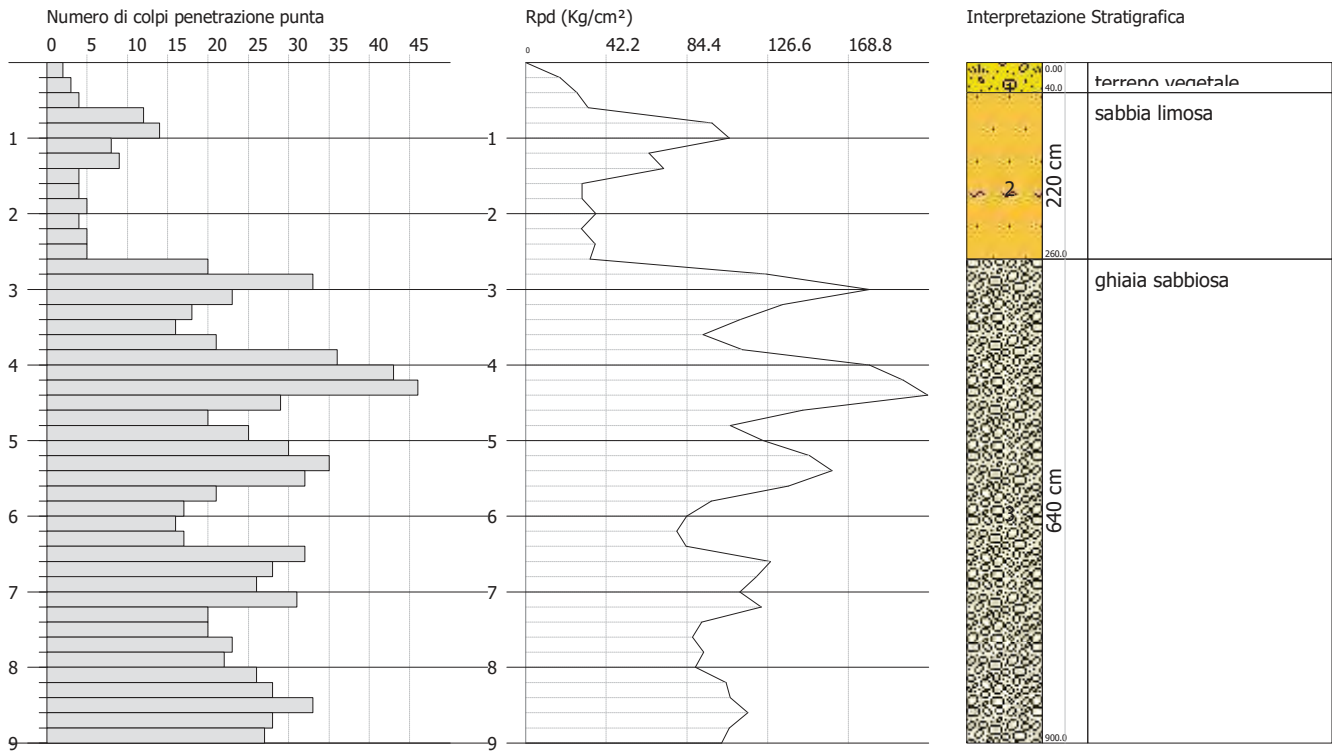
Caratteristiche strumento: penetrometro statico semovente, 200kN spinta
 Punta meccanica tipo Begemann - manicotto laterale superficie 150 cm²

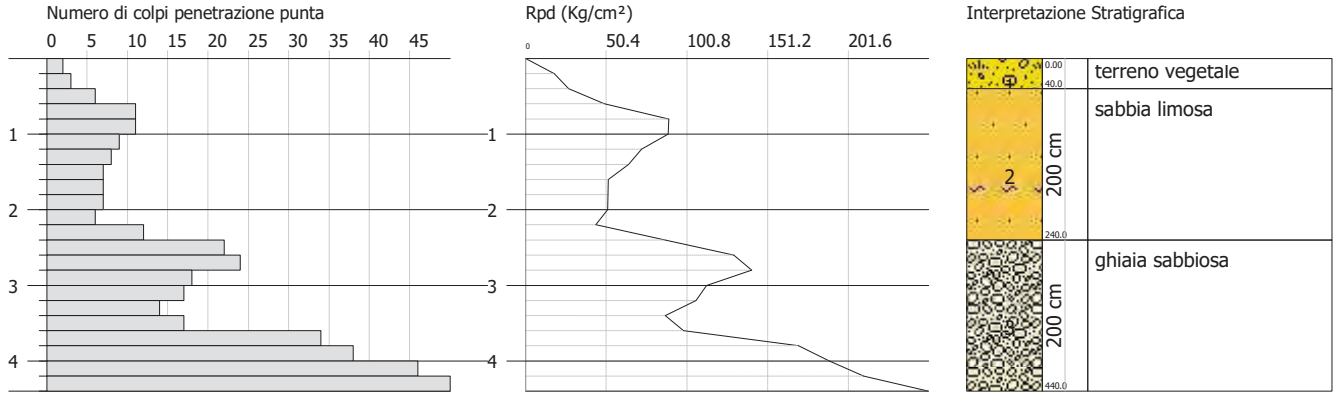
Legenda:

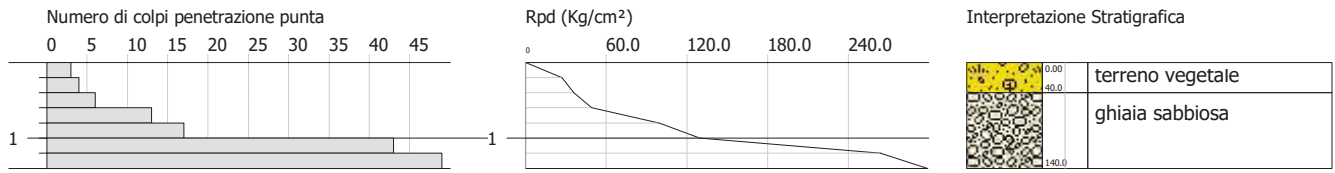
argilla
 sabbia limoso argilloso
 sabbia

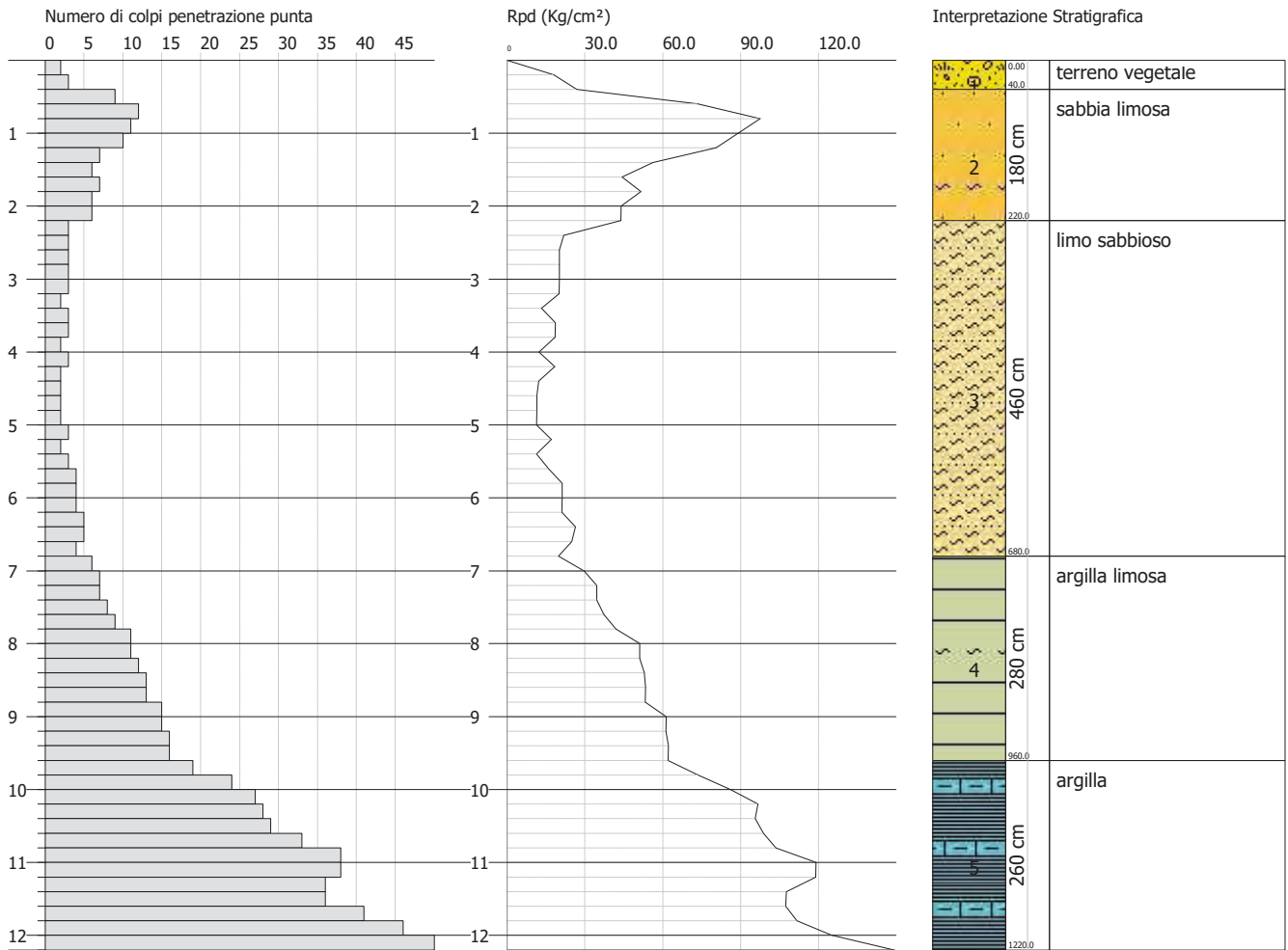
AO argilla organica e terreni misti; AMT argilla molto tenera;
 AT argilla tenera; AM argilla media; AC argilla compatta;
 AMC argilla molto compatta; ASL argilla sabbiosa limosa
 SL sabbia e limo; SLA sabbia limoso argilloso;
 SS sabbia sciolta; S sabbia; SD sabbia densa

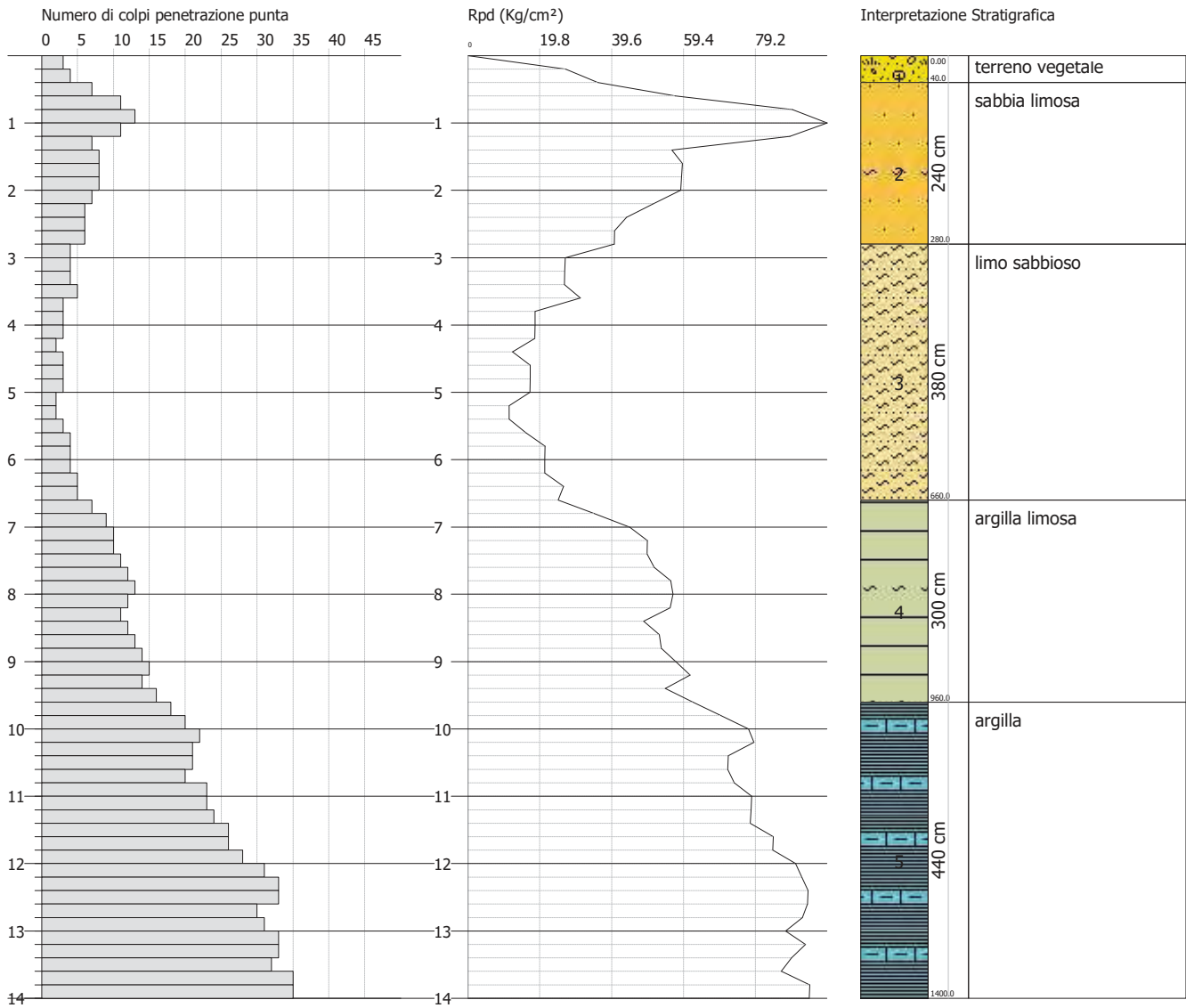
n.l. non liquefacibile











**LABORATORIO GEOTECNICO**del Dr. Geol. M. Mularoni
Via Casalecchio, 39 - 47924 RiminiAzienda certificata ISO 9001:2015
Cert. SGS n. IT12/0538

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti Art. 59 DPR 380/2001 D. n. 0000128 del 10/01/2014

COMMITTENTE	Dr. RIBERTO ROMAGNA	SONDAGGIO	6
CANTIERE		CAMPIONE	1
LOCALITA'	ROSCIANO (PU)	PROFONDITA' da m	5,00
RIF.	G23-085	a m	5,20
Data ricevimento campione	14.09.2023	Numero accettazione	355/23
Data esecuzione prova	15.09.2023	Procedura operativa	IST 06.06

ANALISI GRANULOMETRICA (ASTM D 422-63)

SETACCIATURA

peso terreno setacciato (g): 40

\varnothing / maglia (mm)	trattenuto (g)	passante (g)	passante (%)
4,75	0,00	40,00	100,00
2	0,00	40,00	100,00
0,85	0,20	39,80	99,50
0,425	0,40	39,60	99,00
0,25	0,60	39,40	98,50
0,18	1,10	38,90	97,25
0,15	1,90	38,10	95,25
0,106	2,80	37,20	93,00
0,075	3,60	36,40	91,00

Certificato n. **355/23.1**

Data certificato 19.09.2023

Lo Sperimentatore
Dr. Geol. Marino MularoniIl Direttore del Laboratorio
Dr. Geol. Marino Mularoni

**LABORATORIO GEOTECNICO**del Dr. Geol. M. Mularoni
Via Casalecchio, 39 - 47924 RiminiAzienda certificata ISO 9001:2015
Cert. SGS n. IT12/0538

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti Art. 59 DPR 380/2001 D. n. 0000128 del 10/01/2014

COMMITTENTE	Dr. RIBERTO ROMAGNA	SONDAGGIO	6
CANTIERE		CAMPIONE	1
LOCALITA'	ROSCIANO (PU)	PROFONDITA' da m	5,00
RIF.	G23-085	a m	5,20

Data ricevimento campione	14.09.2023	Numero accettazione	355/23
Data esecuzione prova	15.09.2023	Procedura operativa	IST 06.06

ANALISI GRANULOMETRICA PER SEDIMENTAZIONE (ASTM D 422-63)

<i>peso campione alla sedimentazione (g):</i>	40,00	<i>densimetro utilizzato:</i>	ASTM 151 H
<i>temperatura di prova (°C):</i>	25,0	<i>peso specifico:</i>	2,71

tempo (s)	∅ equivalente (mm)	lettura densimetrica*	passante (%)
0,25	0,087	26,10	91,86
0,5	0,062	25,10	88,01
0,75	0,051	24,40	85,32
1	0,044	24,00	83,78
2	0,032	22,40	77,62
4	0,023	21,00	72,24
8	0,016	18,90	64,16
15	0,012	16,90	56,46
30	0,009	15,00	49,16
60	0,006	13,00	41,46
120	0,004	11,50	35,69
180	0,004	10,00	29,92
330	0,003	8,60	24,53
480	0,002	8,10	22,61
1080	0,001	6,60	16,84
1080	0,001	6,60	16,84

*correzioni applicate:

$C_m = 0,5$
 $C_d = 5$
 $C_t = 2,3$

composizione granulometrica	
% ghiaia	0,00
% sabbia	12,36
% limo	67,13
% argilla	20,51

Certificato n. **355/23.1**Lo Sperimentatore
Dr. Geol. Marino MularoniIl Direttore del Laboratorio
Dr. Geol. Marino Mularoni

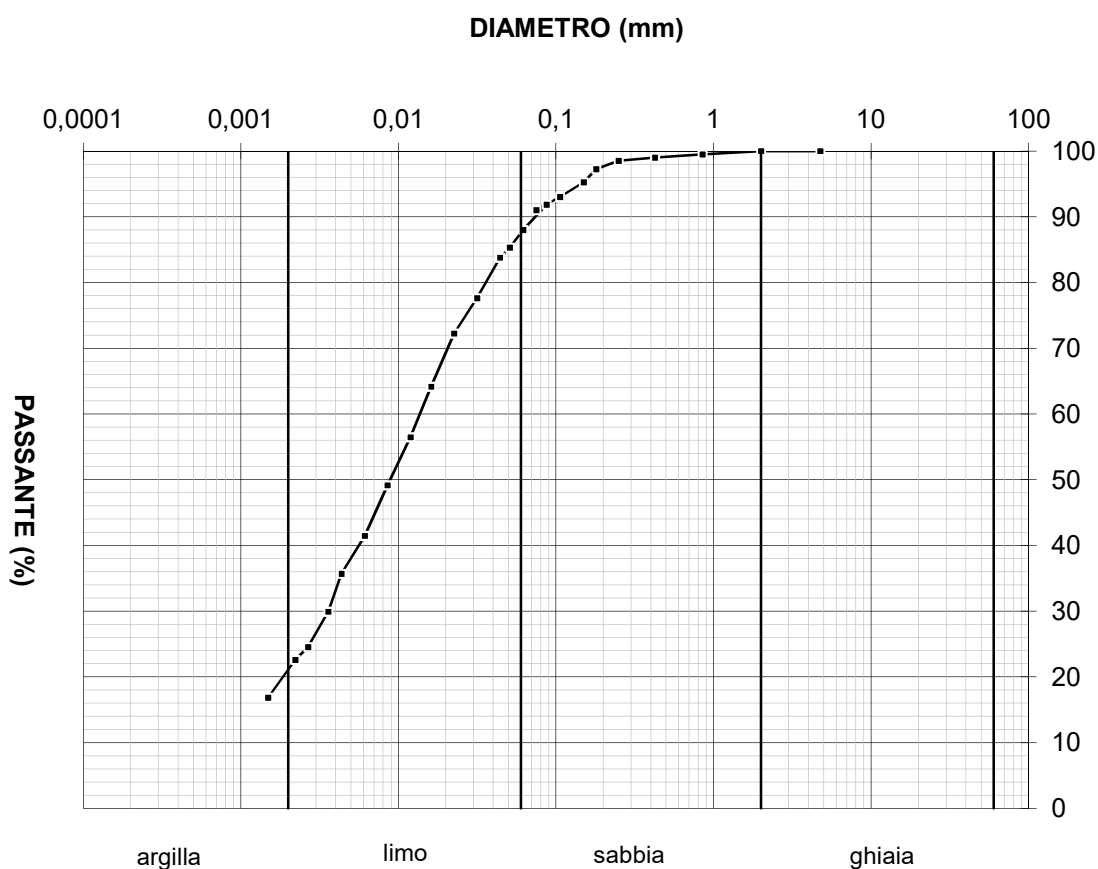
Data certificato 19.09.2023

**LABORATORIO GEOTECNICO**del Dr. Geol. M. Mularoni
Via Casalecchio, 39 - 47924 RiminiAzienda certificata ISO 9001:2015
Cert. SGS n. IT12/0538

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti Art. 59 DPR 380/2001 D. n. 0000128 del 10/01/2014

COMMITTENTE	Dr. RIBERTO ROMAGNA	SONDAGGIO	6
CANTIERE		CAMPIONE	1
LOCALITA'	ROSCIANO (PU)	PROFONDITA' da m	5,00
RIF.	G23-085	a m	5,20

Data ricevimento campione	14.09.2023	Numero accettazione	355/23
Data esecuzione prova	15.09.2023	Procedura operativa	IST 06.06

ANALISI GRANULOMETRICA PER SEDIMENTAZIONE (ASTM D 422-63)

Descrizione AGI	LIMO ARGILLOSO SABBIOSO	d10 (mm)	0,0000	d15 (mm)	0,0000
		d60 (mm)	0,0140	d85 (mm)	0,0500

Classificazione UNI-CNR 10006

Coefficiente di uniformità
(d60/d10) **U =**Certificato n. **355/23.1**Lo Sperimentatore
Dr. Geol. Marino MularoniIl Direttore del Laboratorio
Dr. Geol. Marino MularoniData certificato **19.09.2023**

**LABORATORIO GEOTECNICO**

del Dr. Geol. M. Mularoni
Via Casalecchio, 39 - 47924 Rimini

Azienda certificata ISO 9001:2015
Cert. SGS n. IT12/0538

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti Art. 59 DPR 380/2001 D. n. 0000128 del 10/01/2014

COMMITTENTE	Dr. RIBERTO ROMAGNA	SONDAGGIO	6
CANTIERE		CAMPIONE	2
LOCALITA'	ROSCIANO (PU)	PROFONDITA' da m	13,60
RIF.	G23-085	a m	13,70
Data ricevimento campione	14.09.2023	Numero accettazione	356/23
Data esecuzione prova	15.09.2023	Procedura operativa	IST 06.06

ANALISI GRANULOMETRICA (ASTM D 422-63)

SETACCIATURA

peso terreno setacciato (g): 40

\varnothing / maglia (mm)	trattenuto (g)	passante (g)	passante (%)
4,75	0,00	40,00	100,00
2	0,00	40,00	100,00
0,85	0,20	39,80	99,50
0,425	0,40	39,60	99,00
0,25	0,70	39,30	98,25
0,18	1,50	38,50	96,25
0,15	2,20	37,80	94,50
0,106	3,40	36,60	91,50
0,075	4,20	35,80	89,50

Certificato n. **356/23.1**

Data certificato 19.09.2023

Lo Sperimentatore
Dr. Geol. Marino Mularoni



Il Direttore del Laboratorio
Dr. Geol. Marino Mularoni

**LABORATORIO GEOTECNICO**del Dr. Geol. M. Mularoni
Via Casalecchio, 39 - 47924 RiminiAzienda certificata ISO 9001:2015
Cert. SGS n. IT12/0538

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti Art. 59 DPR 380/2001 D. n. 0000128 del 10/01/2014

COMMITTENTE	Dr. RIBERTO ROMAGNA	SONDAGGIO	6
CANTIERE		CAMPIONE	2
LOCALITA'	ROSCIANO (PU)	PROFONDITA' da m	13,60
RIF.	G23-085	a m	13,70

Data ricevimento campione	14.09.2023	Numero accettazione	356/23
Data esecuzione prova	15.09.2023	Procedura operativa	IST 06.06

ANALISI GRANULOMETRICA PER SEDIMENTAZIONE (ASTM D 422-63)

peso campione alla sedimentazione (g):	40,00	densimetro utilizzato:	ASTM 151 H
temperatura di prova (°C):	25,0	peso specifico:	2,71

tempo (s)	∅ equivalente (mm)	lettura densimetrica*	passante (%)
0,25	0,087	26,00	90,36
0,5	0,062	25,00	86,56
0,75	0,051	23,80	82,00
1	0,044	23,10	79,34
2	0,032	20,50	69,46
4	0,023	18,00	59,96
8	0,017	15,10	48,94
15	0,012	13,20	41,72
30	0,009	11,20	34,12
60	0,006	10,10	29,94
120	0,004	9,10	26,14
180	0,004	8,10	22,34
330	0,003	7,30	19,30
480	0,002	7,00	18,15
1080	0,001	6,30	15,49
1080	0,001	6,30	15,49

*correzioni applicate:

$C_m = 0,5$
$C_d = 5$
$C_t = 2,3$

composizione granulometrica	
% ghiaia	0,00
% sabbia	13,81
% limo	69,56
% argilla	16,63

Certificato n. **356/23.1**Lo Sperimentatore
Dr. Geol. Marino MularoniIl Direttore del Laboratorio
Dr. Geol. Marino Mularoni

Data certificato 19.09.2023



LABORATORIO GEOTECNICO

del Dr. Geol. M. Mularoni
Via Casalecchio, 39 - 47924 Rimini

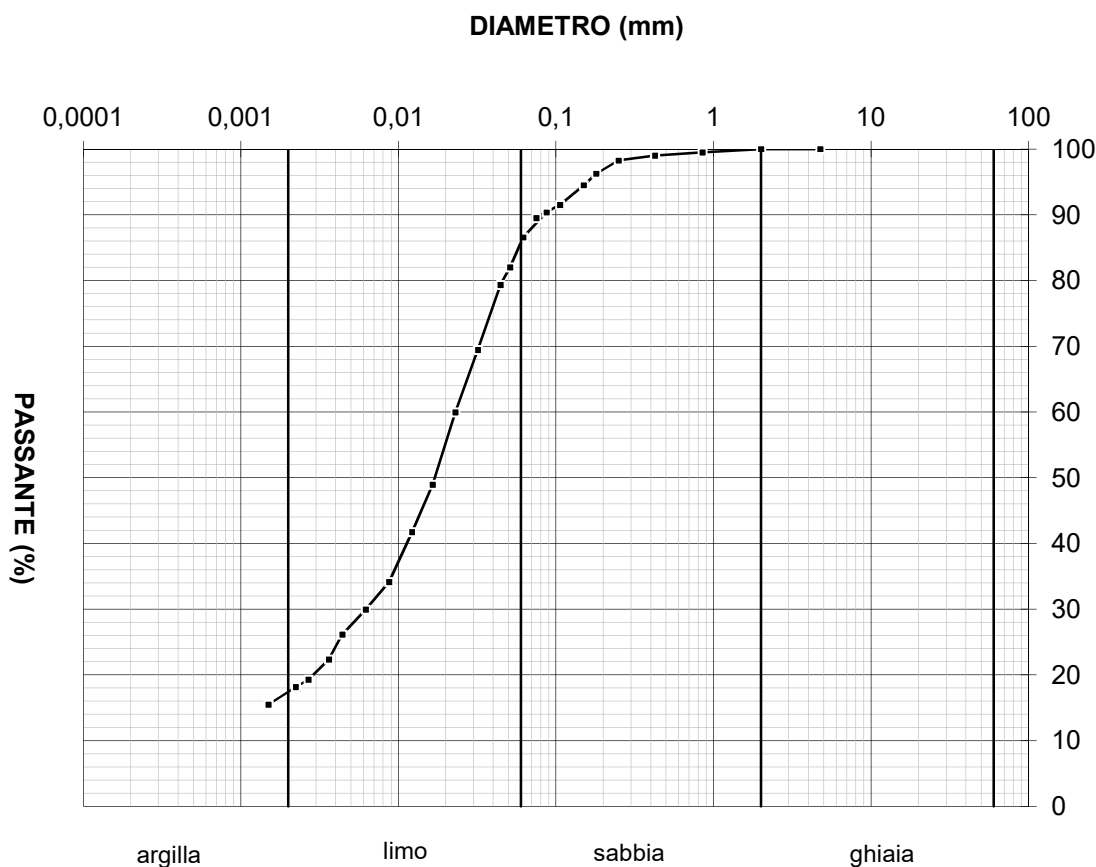
Azienda certificata ISO 9001:2015
Cert. SGS n. IT12/0538

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti Art. 59 DPR 380/2001 D. n. 0000128 del 10/01/2014

COMMITTENTE	Dr. RIBERTO ROMAGNA	SONDAGGIO	6
CANTIERE		CAMPIONE	2
LOCALITA'	ROSCIANO (PU)	PROFONDITA' da m	13,60
RIF.	G23-085	a m	13,70

Data ricevimento campione	14.09.2023	Numero accettazione	356/23
Data esecuzione prova	15.09.2023	Procedura operativa	IST 06.06

ANALISI GRANULOMETRICA PER SEDIMENTAZIONE (ASTM D 422-63)



Descrizione AGI	LIMO ARGILLOSO SABBIOSO	d10 (mm)	0,0000	d15 (mm)	0,0000
		d60 (mm)	0,0210	d85 (mm)	0,0570

Classificazione UNI-CNR 10006

Coefficiente di uniformità
(d60/d10) **U =**



Certificato n. **356/23.1**

Lo Sperimentatore
Dr. Geol. Marino Mularoni

Il Direttore del Laboratorio
Dr. Geol. Marino Mularoni

Data certificato **19.09.2023**

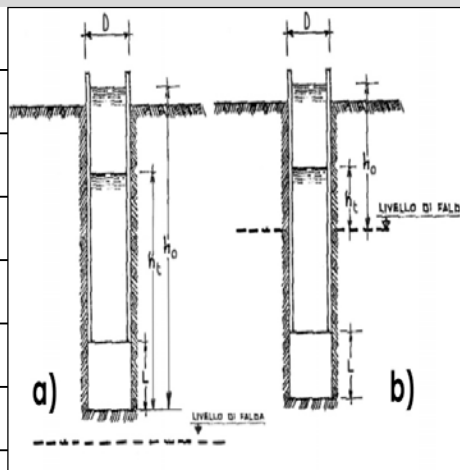
PROVE DI PERMEABILITA' LEFRANC A CARICO VARIABILE

DATI GENERALI

Committente: Dott. Geol. Roberto Romagna	Prova n. LF1	16/09/21
Cantiere: Fano (PU) - Via Valeria Moriconi	Sondaggio: S2	

DATI CARATTERISTICI DELLA PROVA

Tratto provato:	da m 2.40	a m 2.90
Sporgenza rivestimento (p.r.):	0.80 m da p.c.	
Livello di falda:	12.00 m da p.r.	
Altezza iniziale h_0:	caso a	3.70 m da p.r.
Lunghezza del tratto filtrante (L) :	0.50 m	
Diametro del foro (D):	0.127 m	
Area del foro (A):	0.013 m ²	



DETERMINAZIONE DEL COEFFICIENTE DI FORMA (F)

$$F = L \quad \text{per} \quad L \gg D$$

$$F = 2\pi D + L \quad \text{per} \quad L \leq D$$

CALCOLO DELLA PERMEABILITA' (AGI 1977)

Il valore del coefficiente di permeabilità (K) è stato calcolato mediante la seguente espressione:

$$K = \frac{A}{F \cdot (t_2 - t_1)} \cdot \ln \frac{h_0}{h_t}$$

dove:

K = coefficiente di permeabilità (m/sec)

A = area di base del foro di sondaggio (m²)

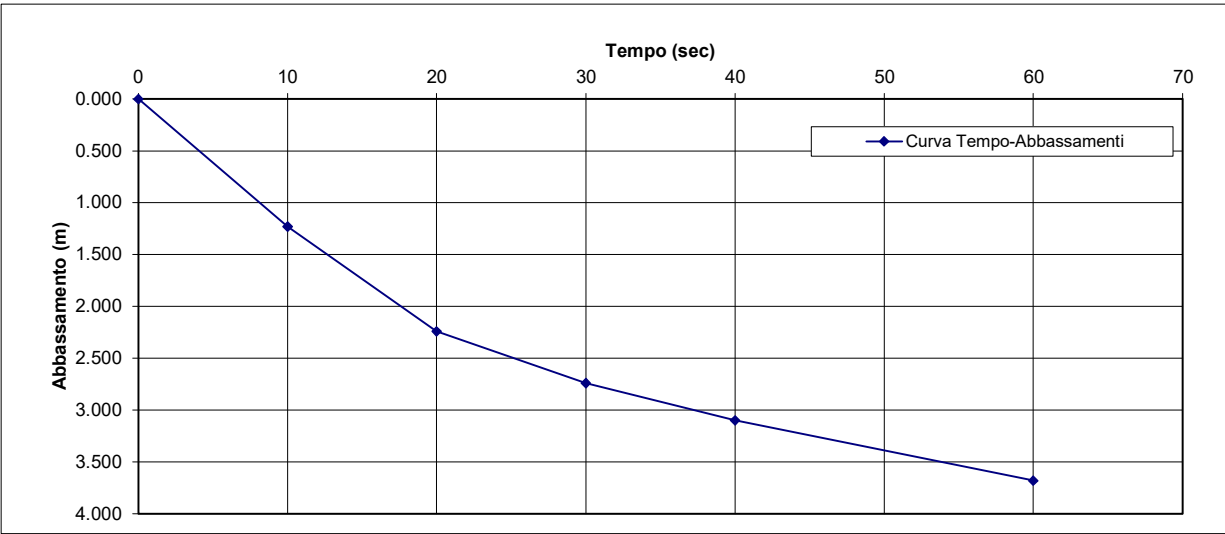
h_0 e h_t = altezza dei livelli d'acqua nel foro rispetto al livello della falda indisturbata o al fondo del foro stesso agli istanti t_1 e t_2 (m)

t_1 e t_2 = tempi ai quali si misurano h_0 e h_t (sec)

F = coefficiente di forma dipendente dall'area del foro di sondaggio e della lunghezza del tratto di foro scoperto (m)

Tempi di misura (sec)	Abbassamento (m)	h_t	h_0/h_t	Intervallo di tempo t_2-t_1 (sec)	Permeabilità K m/sec
0	0.000	3.700	1.00		
10	1.230	2.470	1.50	10	1.02E-03
20	2.240	1.460	2.53	10	2.36E-03
30	2.740	0.960	3.85	10	3.42E-03
40	3.100	0.600	6.17	10	4.61E-03
60	3.680	0.020	185.00	20	6.61E-03

$K_m = 3.60E-03 \text{ m/sec}$



Prova di permeabilità Lefranc _ discesa

Prova n. 1

Sondaggio SD3

Profondità rivestimento: 2.70 mt da piano campagna

tempo sec	livello acqua da p.c. +00 mm p.c. mm	livello acqua da bocca foro mm	intervallo tempo sec.	infiltrazione mm.	capacità infiltrazione mm./min.
0	0	0			
30	-16	16	30	16	32.0000
60	-22	22	30	6	12.0000
120	-26	26	60	4	4.0000
300	-38	38	180	12	4.0000
600	-60	60	300	22	4.4000

4.4.1. Prova a carico variabile

Si esegue in terreni aventi una permeabilità inferiore ai 10^{-5} cm/s. Può essere eseguita abbassando o sollevando il livello statico della falda nel foro e misurando poi la velocità di risalita o di discesa. I tempi e gli spostamenti vengono rappresentati su un diagramma semilogaritmico (fig. 59).

Il valore della permeabilità è dato da:

$$k = \frac{A}{C(t_2 - t_1)} \cdot \frac{\ln h_1}{h_2}$$

dove:

k = coefficiente di permeabilità in m/s

A = area di base del foro di sondaggio in m^2

h_1 e h_2 = altezza dei livelli rispetto all'altezza della falda, o al fondo del foro negli istanti t_1 e t_2 (fig. 60)

C = coefficiente dipendente dal diametro del sondaggio e dalla lunghezza del tratto indagato;

per $L \gg D$

$$C = L$$

per $L \leq D$

$$C = 2\pi D + L$$

Come stabiliscono le norme AGI, un controllo

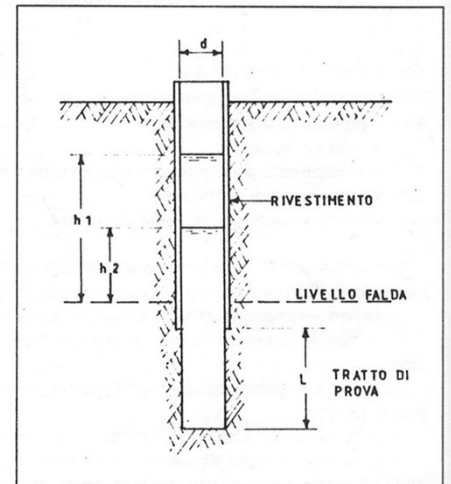
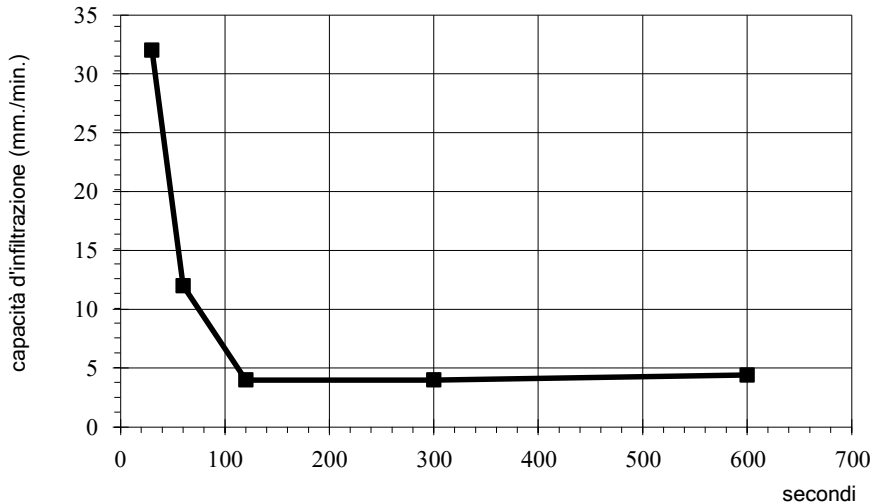


Figura 60. Prova di assorbimento a carico variabile.

Grafico infiltrazione



K=

2.45E-07
m/sec

D = diametro del foro

0.127 m

Raggio

0.0635 m

Area

0.012668 m²

C=L

0.5

L = tratto di prova

0.5 m

h1 = altezza del livello dell'acqua a t1: 60 s

3.178 m

h2 = altezza del livello dell'acqua a t2: 600 s

3.14 m

Livello Falda

3.5 m

Prova di permeabilità Lefranc _ discesa

Prova n. 2

Sondaggio SD3

Profondità 4.50 mt

Il foro non si satura con portata acqua 80 litri / minuto

Prova di permeabilità Lefranc _ discesa

Prova n. 1

Sondaggio S 4

Profondità rivestimento: 2.0 mt da piano campagna

tempo	livello acqua da p.c. +500 mm p.c.	livello acqua da bocca foro	intervallo tempo	infiltrazione	capacità infiltrazione
sec	mm	mm	sec.	mm.	mm./min.
0	500	0			
30	120	380	30	380	760.0000
60	100	400	30	20	40.0000
120	70	430	60	30	30.0000
180	50	450	60	20	20.0000
240	30	470	60	20	20.0000
300	10	490	60	20	20.0000
360	-10	510	60	20	20.0000
420	-30	530	60	20	20.0000
480	-50	550	60	20	20.0000
540	-70	570	60	20	20.0000
600	-90	590	60	20	20.0000
900	-190	690	300	100	20.0000
5700	-1170	1670	4800	980	12.2500

4.4.1. Prova a carico variabile

Si esegue in terreni aventi una permeabilità inferiore ai 10^{-5} cm/s. Può essere eseguita abbassando o sollevando il livello statico della falda nel foro e misurando poi la velocità di risalita o di discesa. I tempi e gli spostamenti vengono rappresentati su un diagramma semilogaritmico (fig. 59).

Il valore della permeabilità è dato da:

$$k = \frac{A}{C(t_2 - t_1)} \cdot \frac{\ln h_1}{h_2}$$

dove:

k = coefficiente di permeabilità in m/s

A = area di base del foro di sondaggio in m^2

h_1 e h_2 = altezza dei livelli rispetto all'altezza della falda, o al fondo del foro negli istanti t_1 e t_2 (fig. 60)

C = coefficiente dipendente dal diametro del sondaggio e dalla lunghezza del tratto indagato;

per $L \gg D$

$$C = L$$

per $L \leq D$

$$C = 2\pi D + L$$

Come stabiliscono le norme AGI, un controllo

Grafico infiltrazione

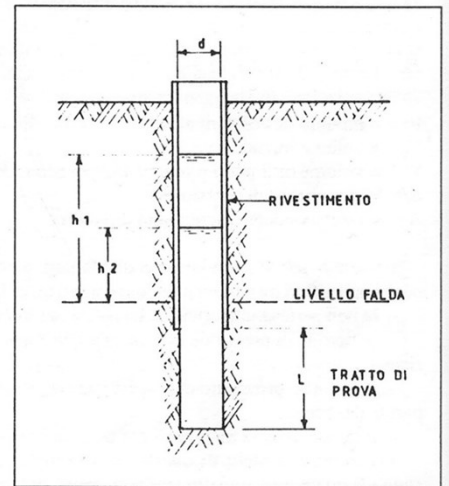
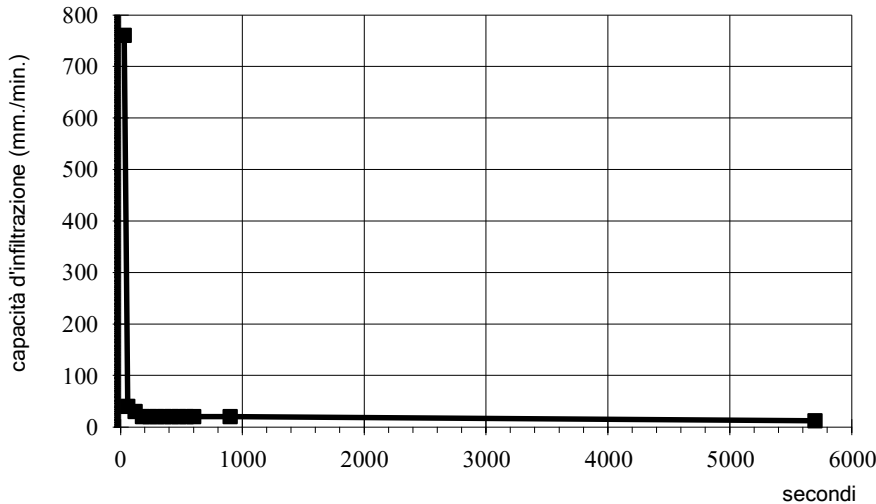


Figura 60. Prova di assorbimento a carico variabile.

K=

1.80E-06
m/sec

D = diametro del foro

0.127 m

Raggio

0.0635 m

Area

0.012668 m^2

C=L

0.5

L = tratto di prova

0.5 m

h_1 = altezza del livello dell'acqua a t_1 : 180 s

2.05 m

h_2 = altezza del livello dell'acqua a t_2 : 5700 s

0.83 m

Livello Falda

2.5 m

Prova di permeabilità Lefranc _

discesa Prova n. 2

Sondaggio S4

Profondità 4.50 mt

Il foro non si satura con portata acqua 80 litri / minuto

Prova di permeabilità Lefranc _ discesa

Prova n. 1

Sondaggio SD5

Profondità 3.00 mt

Il foro non si satura con portata acqua 80 litri / minuto

Prova di permeabilità Lefranc _ discesa

Prova n. 1

Sondaggio S 7

Profondità rivestimento: 5.70 mt da piano campagna

tempo	livello acqua da p.c. +300 mm p.c.	livello acqua da bocca foro	intervallo tempo	infiltrazione	capacità infiltrazione
sec	mm	mm	sec.	mm.	mm./min.
0	300	0			
30	245	55	30	55	110,0000
60	210	90	30	35	70,0000
120	130	170	60	80	80,0000
180	70	230	60	60	60,0000
300	-30	330	120	100	50,0000
600	-220	520	300	190	38,0000
900	-400	700	300	180	36,0000

4.4.1. Prova a carico variabile

Si esegue in terreni aventi una permeabilità inferiore ai 10^{-5} cm/s. Può essere eseguita abbassando o sollevando il livello statico della falda nel foro e misurando poi la velocità di risalita o di discesa. I tempi e gli spostamenti vengono rappresentati su un diagramma semilogaritmico (fig. 59).

Il valore della permeabilità è dato da:

$$k = \frac{A}{C(t_2 - t_1)} \cdot \frac{\ln h_1}{h_2}$$

dove:

k = coefficiente di permeabilità in m/s

A = area di base del foro di sondaggio in m^2

h_1 e h_2 = altezza dei livelli rispetto all'altezza della falda, o al fondo del foro negli istanti t_1 e t_2 (fig. 60)

C = coefficiente dipendente dal diametro del sondaggio e dalla lunghezza del tratto indagato;

per $L \gg D$

$$C = L$$

per $L \leq D$

$$C = 2\pi D + L$$

Come stabiliscono le norme AGI, un controllo

Grafico infiltrazione

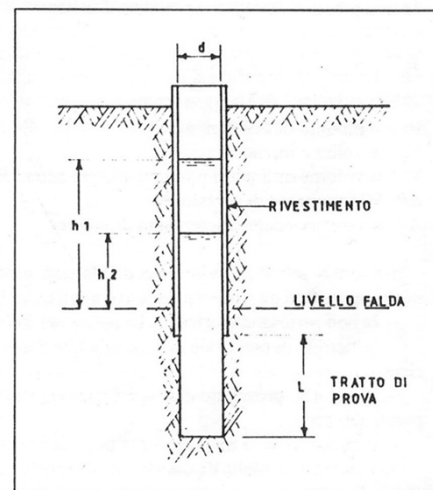
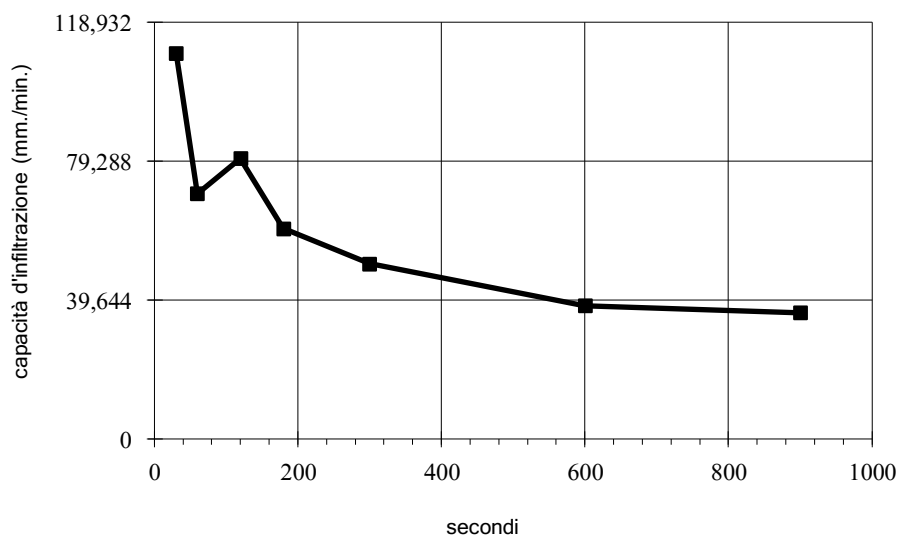


Figura 60. Prova di assorbimento a carico variabile.

K=

1,38E-05

m/sec

D = diametro del foro	0,127 m
Raggio	0,0635 m
Area	0,012668 m ²
C=L	0,5
L = tratto di prova	0,5 m
h1 = altezza del livello dell'acqua a t1: 30 s	6,445 m
h2 = altezza del livello dell'acqua a t2: 600 s	5,98 m
Livello Falda	6,2 m

Prova di permeabilità Lefranc _ discesa

Prova n. 2

Sondaggio S 7

Profondità rivestimento: 9.00 mt da piano campagna

tempo	livello acqua da p.c. +300 mm p.c.	livello acqua da bocca foro	intervallo tempo	infiltrazione	capacità infiltrazione
sec	mm	mm	sec.	mm.	mm./min.
0	300	0			
30	290	10	30	10	20,0000
60	285	15	30	5	10,0000
120	275	25	60	10	10,0000
180	270	30	60	5	5,0000
300	255	45	120	15	7,5000
600	230	70	300	25	5,0000

4.4.1. Prova a carico variabile

Si esegue in terreni aventi una permeabilità inferiore ai 10^{-5} cm/s. Può essere eseguita abbassando o sollevando il livello statico della falda nel foro e misurando poi la velocità di risalita o di discesa. I tempi e gli spostamenti vengono rappresentati su un diagramma semilogaritmico (fig. 59).

Il valore della permeabilità è dato da:

$$k = \frac{A}{C(t_2 - t_1)} \cdot \frac{\ln h_1}{h_2}$$

dove:

k = coefficiente di permeabilità in m/s

A = area di base del foro di sondaggio in m^2

h_1 e h_2 = altezza dei livelli rispetto all'altezza della falda, o al fondo del foro negli istanti t_1 e t_2 (fig. 60)

C = coefficiente dipendente dal diametro del sondaggio e dalla lunghezza del tratto indagato;

per $L \gg D$ $C = L$

per $L \leq D$ $C = 2\pi D + L$

Come stabiliscono le norme AGI, un controllo

Grafico infiltrazione

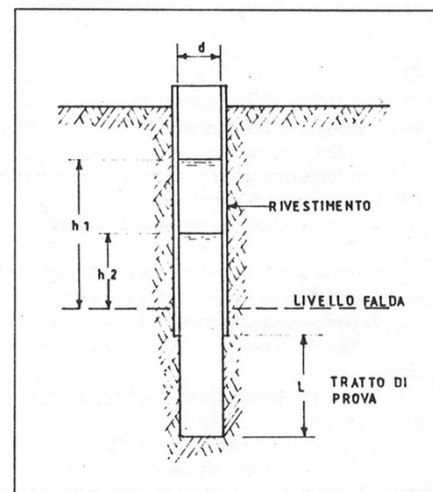
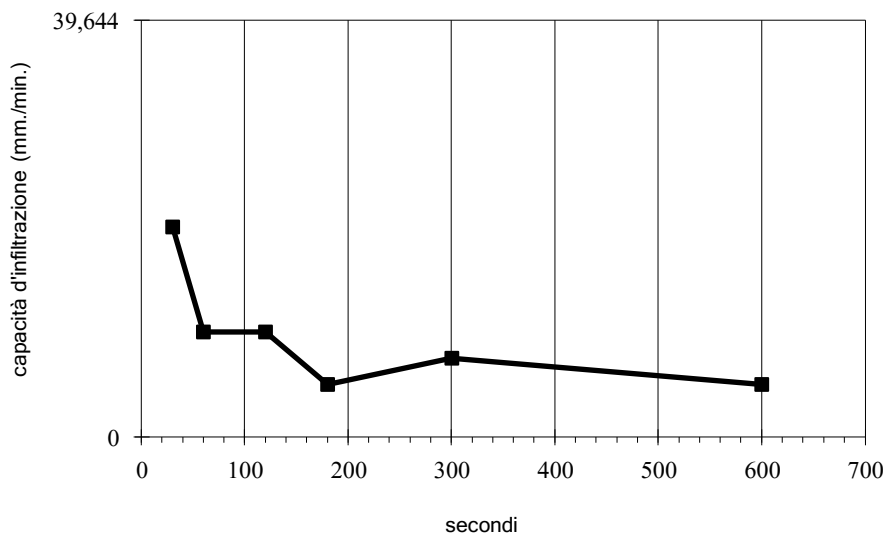


Figura 60. Prova di assorbimento a carico variabile.

K=

4,13E-07
m/sec

D = diametro del foro	0,127 m
Raggio	0,0635 m
Area	0,012668 m ²
C=L	0,5
L = tratto di prova	0,5 m
h1 = altezza del livello dell'acqua a t1: 30 s	6,49 m
h2 = altezza del livello dell'acqua a t2: 600 s	6,43 m
Livello Falda	6,2 m



**RAPPORTO TECNICO RELATIVO ALL'ESECUZIONE DI INDAGINE
GEOFISICA MASW ESEGUITA PRESSO LA LOCALITA' FORCOLO
NEL COMUNE DI FANO (PU)**

Oggetto: Indagine geofisica.

Committente: Immobiliare Zeus s.r.l.

Commessa: 856-21

Falconara M.ma, lì 21 Settembre 2021

Il Responsabile GECO srl

Dott. Marco Gaggiotti



328-2040857

INDICE

1.	PREMESSA	3
2.	INDAGINE E STRUMENTAZIONE UTILIZZATA	3
2.1.	<i>Strumentazione utilizzata</i>	3
2.2.	<i>Indagine MASW: metodologia ed acquisizione</i>	3
3.	ANALISI ED ELABORAZIONE DEI SEGNALI ACQUISITI	4
4.	CONCLUSIONI	6

Planimetria ubicazione indagine



Coordinate UTM WGS 84 indagini geofisiche		
MASW (inizio)	Lat. 43.825078°	Long. 12.994713°
MASW (fine)	Lat. 43.825371°	Long. 12.994372°

1. PREMESSA

Su incarico dell'azienda Immobiliare Zeus s.r.l. e per conto del Dott. Geol. Giovanni Montanari, è stata eseguita in data 20 Settembre 2021, un'indagine geofisica mediante l'analisi spettrale delle onde di superficie (Rayleigh) con tecnica MASW, presso località Forcolo nel Comune di Fano (PU).

L'utilizzo di tale metodologia ha permesso di ricavare le velocità delle onde di taglio S, le quali sono state utilizzate per il calcolo del valore del parametro V_{seq} , necessario per la definizione della categoria di suolo di fondazione (Aggiornamento Nuove NTC -D.M. 17 gennaio 2018).

2. INDAGINE E STRUMENTAZIONE UTILIZZATA

2.1. *Strumentazione utilizzata*

L'attrezzatura e la strumentazione utilizzata è costituita da:

- un sistema di energizzazione per le onde P: la sorgente è costituita da una mazza del peso di 8 Kg battente verticalmente su piastra circolare in acciaio del diametro di 25 cm posta direttamente sul p.c. per la generazione di onde superficiali e di volume;
- un sistema di ricezione: costituito da 24 geofoni verticali con frequenza di 4.5 Hz;
- sistema di acquisizione dati: Sismografo Ambrogeo (modello ECHO 2010) con memoria dinamica a 32 bit, dotato di hard disk, in grado di memorizzare i dati acquisiti in formato SEG2 e SEG Y, n° 2 cavi sismici telemetrici di 60 m ciascuno;
- un sistema di trigger: consiste in un circuito elettrico che viene chiuso nell'istante in cui la mazza colpisce la base di battuta (piastra metallica), in questo modo è possibile individuare e visualizzare l'esatto istante in cui la sorgente viene attivata e fissare l'inizio della registrazione.

2.2. *Indagine MASW: metodologia ed acquisizione*

L'indagine MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) è una tecnica di indagine non invasiva che permette di individuare il profilo di velocità delle onde di taglio V_s , sulla base della misura delle onde superficiali eseguita in corrispondenza di diversi sensori (geofoni nel caso specifico) posti sulla superficie del suolo.

L'acquisizione è di tipo "attivo" **ZVF** (componente verticale delle onde di Rayleigh) e consiste nella registrazione simultanea di più ricevitori (geofoni verticali in questo caso), di una vibrazione prodotta da una sorgente sismica impulsiva, posta ad una data distanza dal primo ricevitore.

Il risultato finale del processo di elaborazione è il profilo verticale delle velocità delle onde S.

L'elaborazione è stata eseguita tramite il software *winMASW® Academy 2018*.

L'acquisizione è stata eseguita posizionando i 24 geofoni da 4.5 Hz, secondo la seguente configurazione spaziale e temporale: i) lunghezza stendimento ricevitori: 46 m; ii) n. geofoni:

24; iii) distanza intergeofonica: 2m; iv) n. punti di energizzazione: 6; v) offset sorgenti: 3m, 5m e 8m; vi) durata acquisizione: 2048ms; vii) intervallo di campionamento: 0.956 ms.

M.A.S.W.

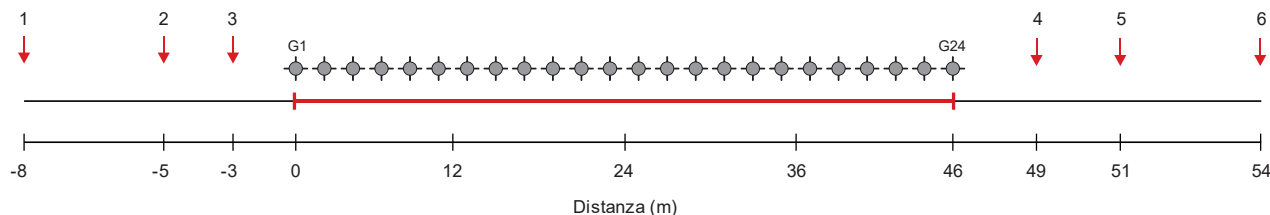


Fig.1: Geometria di acquisizione ed ubicazione punti di energizzazione.

3. ANALISI ED ELABORAZIONE DEI SEGNALI ACQUISITI

La stima dell'andamento in profondità delle velocità Vs, mediante acquisizione sismica multicanale, è ottenuta tramite l'analisi del segnale nel dominio frequenza/velocità di fase. Viene impiegato lo spettro di velocità in quanto è il dominio che permette di comprendere le proprietà dispersive del mezzo attraversato, determinando con precisione la velocità di ciascuna componente del segnale registrato.

Dopo aver scelto i sismogrammi più idonei, quelli con il miglior rapporto *segnale/rumore*, si esegue una trasformata dal dominio *spazio/tempo* al dominio *frequenza/velocità* (Fig.2).

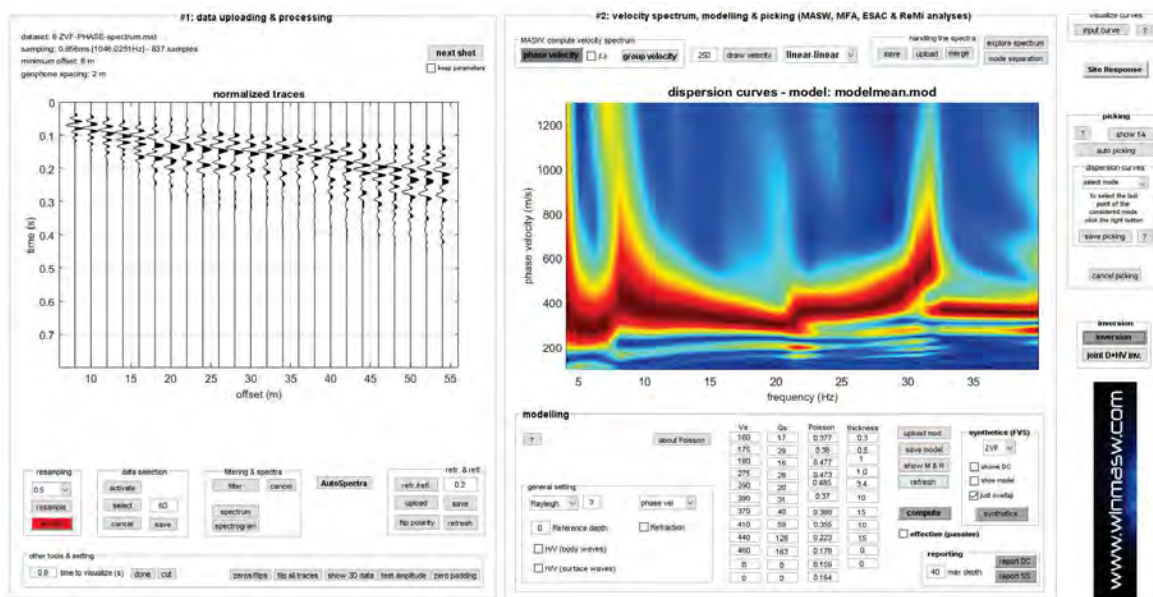


Fig.2: Sismogramma acquisito (sx) e relativo spettro di dispersione (dx) della componente verticale delle onde di Rayleigh.

Dall'analisi delle curve di dispersione delle onde di Rayleigh, è stato ricostruito il modello di distribuzione verticale delle Vs, ricavando il profilo del sottosuolo che ha determinato il dato di campagna (sismogramma). Gli spettri di velocità di fase sono stati interpretati identificando le curve modali e studiando l'andamento dei vari modi in funzione del modello atteso (Fig.3).

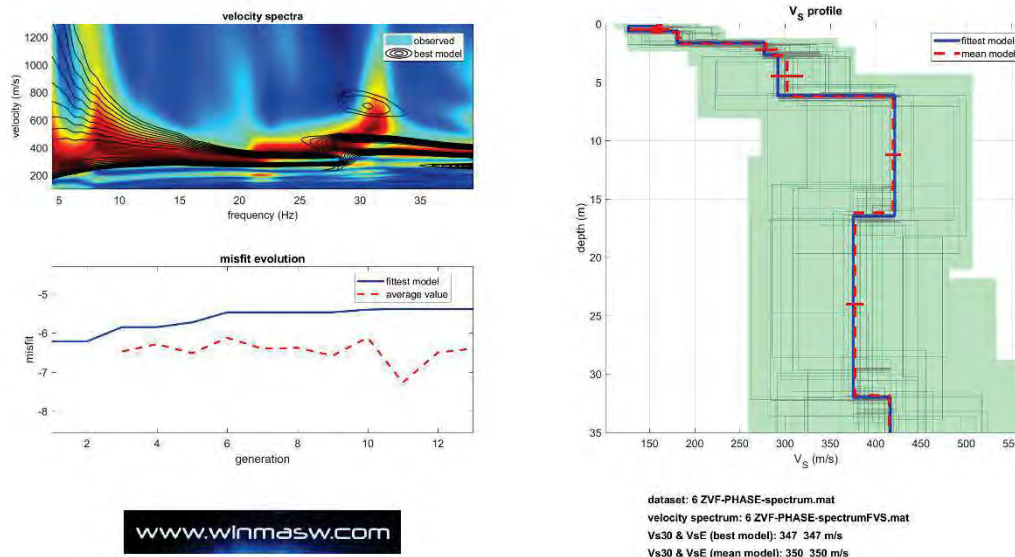


Fig.3: Analisi curve dispersione Rayleigh (FVS) figura riassuntiva: a sx lo spettro osservato; a dx il profilo Vs; in basso a sx grafico "misfit".

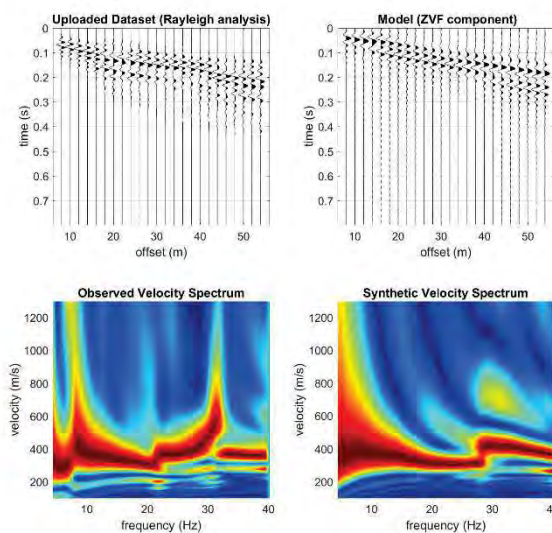


Fig.4 – Sismogrammi originali e sintetici: a sx il sismogramma originale e relativo spettro di velocità; a dx il sismogramma sintetico e sotto lo spettro di velocità, mediante elaborazione FVS.

L'inversione viene effettuata grazie all'utilizzo di una solida tecnica di ottimizzazione (algoritmi genetici) il risultato è una soluzione più affidabile e una stima dell'attendibilità del modello ricavato (in termini di deviazioni standard). Alla fine dell'operazione di inversione congiunta si otterranno una serie di modelli, due dei quali presentati come soluzione: il "modello migliore" (in termini di minor misfit, cioè discrepanza tra curva osservata e calcolata) ed il "modello medio" calcolato secondo un'operazione statistica nota come MPPD (Marginal Posterior Probability Density, vedi l'articolo "Rayleigh Wave Dispersion Curve Inversion via Genetic Algorithms and Posterior Probability Density Evaluation" – Dal Moro et al., 2006).

4. CONCLUSIONI

Nella seguente tabella vengono riportati i valori delle velocità medie e gli spessori di ciascun sismostrato, in modo da definire un modello geofisico medio, ottenuto mediante analisi delle onde di superficie con metodologia MASW.

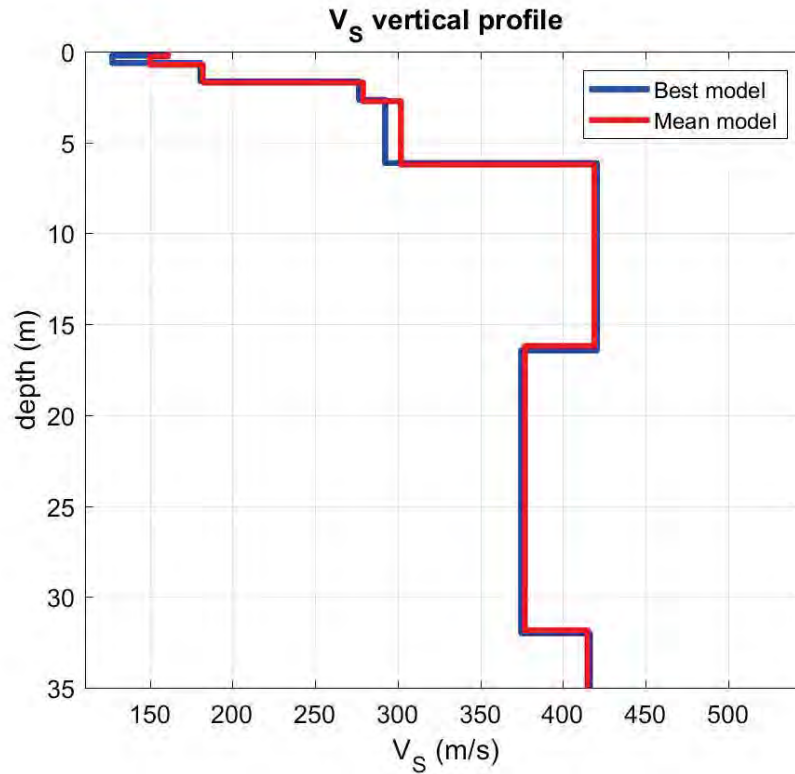


Fig.5: Andamento delle Vs fino alla profondità di 35m

Sismostrato	Vs (m/s)	Spessore (m)	Profondità da p.c. (m)
1	160	0.3	0.3
2	150	0.5	0.8
3	185	1.0	1.8
4	280	1.0	2.8
5	305	3.5	6.3
6	420	10.0	16.3
7	375	13.7	30.0

Tab.1: Modello sismostratigrafico individuato in termini di Vs (**Mean Model**).

Tale indagine, ha permesso di calcolare la velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio, V_{seq} (in m/s) definita dall'espressione:

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

con:

h_i = spessore dell' i -esimo strato;

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

N = numero di strati

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

Nel caso in oggetto non avendo riscontrato il substrato sismico >800 m/sec nei primi 30 m dal p.c. il valore del V_{seq} è assimilabile al valore V_{s30} .

• **Calcolo da piano campagna**

$V_{Seq} = 348$ m/s

Falconara M.ma, lì 21 Settembre 2021

GECO srl

Il Responsabile
Dott. Geol. Marco Gaggiotti

GECO s.r.l.
Via Osoppo, 38 - Tel/Fax 071 9158126
60015 FALCONARA MARITTIMA (AN)
C.F. e P.IVA 02541250432



FANO_VIA_FORCOLO, FANO_VIA_FORCOLO HVSR1

Inizio registrazione: 08/09/2023 14:49:00 Fine registrazione: 08/09/2023 15:09:00

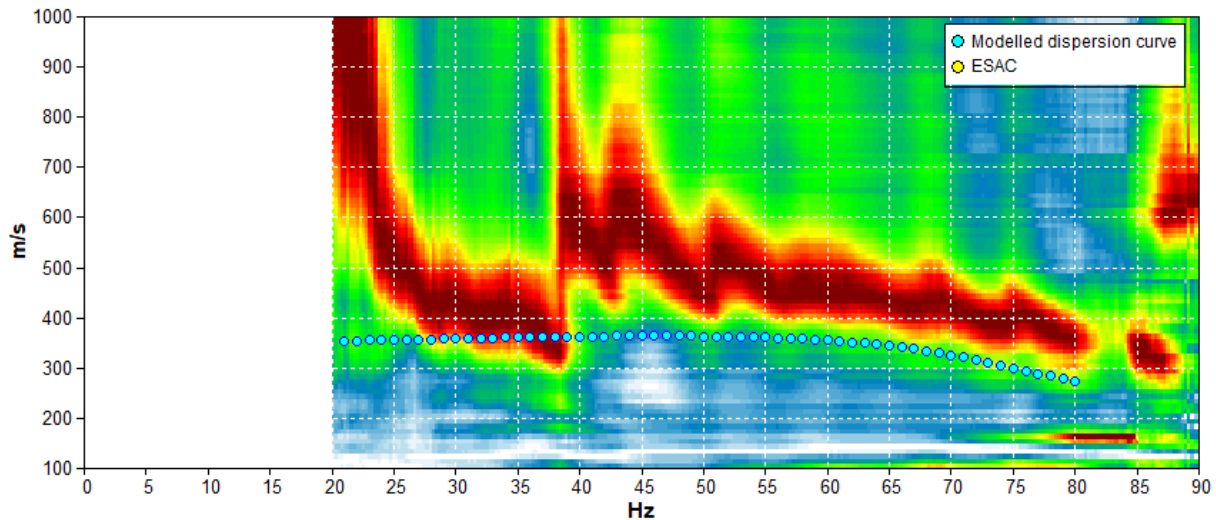
Durata registrazione: 0h20'00". Analizzato 95% tracciato (selezione manuale)

Freq. campionamento: 128 Hz

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN

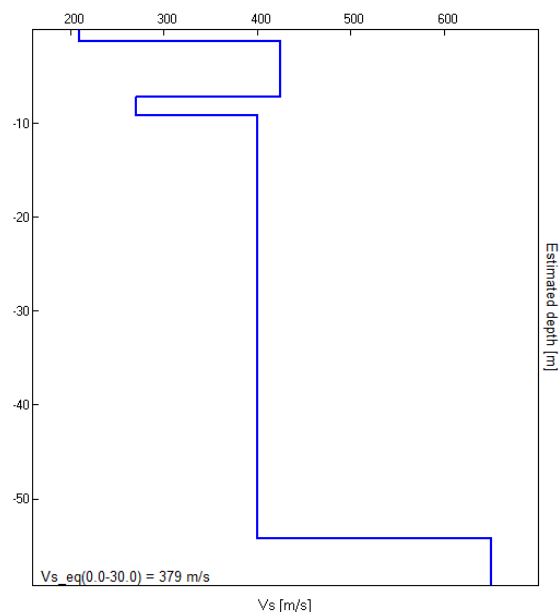
Array geometry (x): 0.0 2.0 4.0 6.0 8.0 10.0 12.0 14.0 16.0 18.0 20.0 22.0 m.

MODELLED RAYLEIGH WAVE PHASE VELOCITY DISPERSION CURVE



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
1.20	1.20	210	0.42
7.20	6.00	425	0.46
9.20	2.00	270	0.42
54.20	45.00	400	0.42
inf.	inf.	650	0.42

$$V_{s_eq}(0.0-30.0) = 379 \text{ m/s}$$



FANO_VIA_FORCOLO, FANO_VIA_FORCOLO HVSR1

Strumento: TRZ-0147/01-11

Formato dati: 16 bit

Fondo scala [mV]: 51

Inizio registrazione: 08/09/2023 14:49:00 Fine registrazione: 08/09/2023 15:09:00

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN

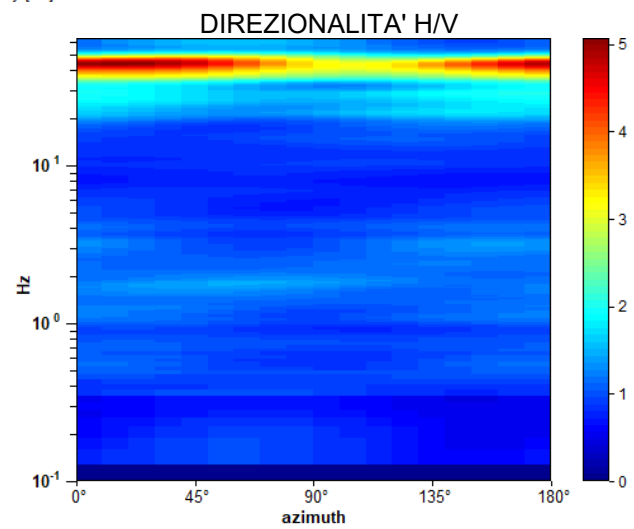
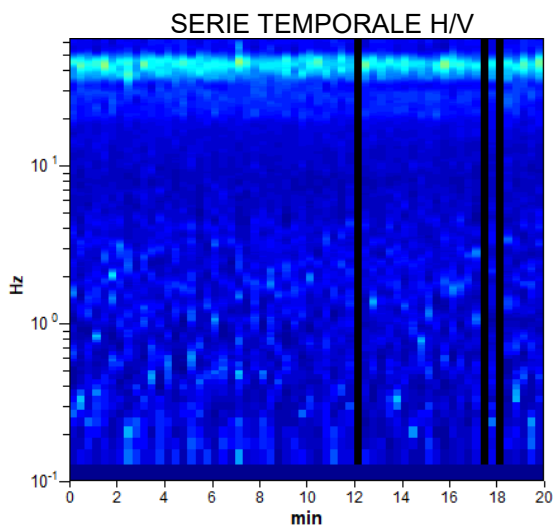
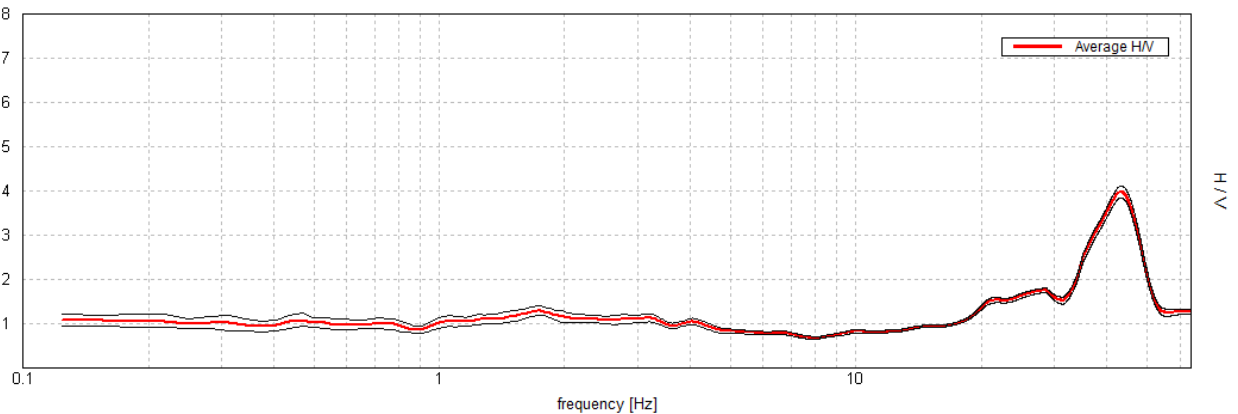
Durata registrazione: 0h20'00". Analizzato 95% tracciato (selezione manuale)

Freq. campionamento: 128 Hz Lunghezza finestre: 20 s Tipo di lisciamento: Triangular window

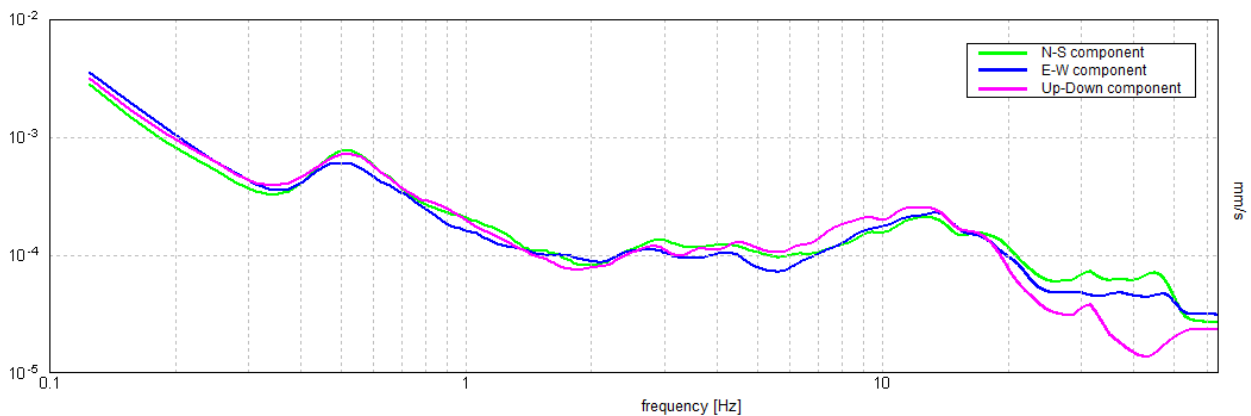
Lisciamento: 10%

RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE

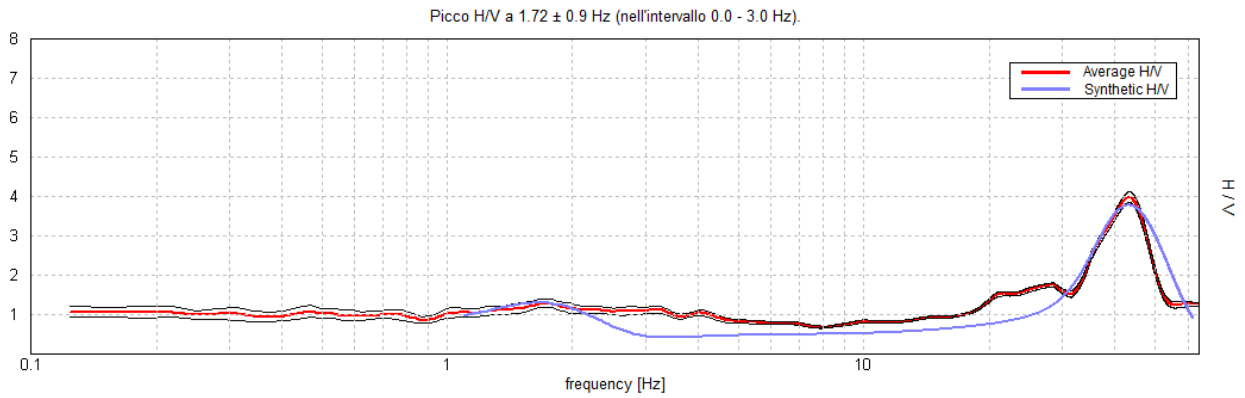
Picco H/V a 1.72 ± 0.9 Hz (nell'intervallo 0.0 - 3.0 Hz).



SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI

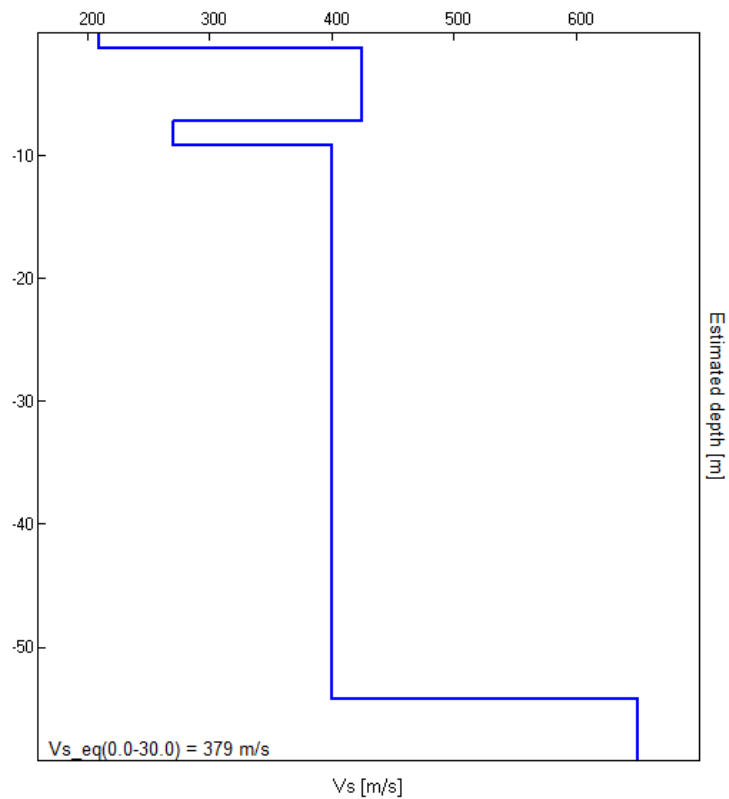


H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
1.20	1.20	210	0.42
7.20	6.00	425	0.46
9.20	2.00	270	0.42
54.20	45.00	400	0.42
inf.	inf.	650	0.42

$Vs_{eq}(0.0-30.0) = 379$ m/s



[Secondo le linee guida SESAME, 2005. Si raccomanda di leggere attentamente il manuale di *Grilla* prima di interpretare la tabella seguente].

Picco H/V a 1.72 ± 0.9 Hz (nell'intervallo 0.0 - 3.0 Hz).

Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	$1.72 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$1959.4 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Superato 0 volte su 83	OK	

Criteri per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$			NO
Esiste f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$			NO
$A_0 > 2$	$1.30 > 2$		NO
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.52545 < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.90312 < 0.17188$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.1083 < 1.78$	OK	

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

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

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

[Secondo le linee guida SESAME, 2005. Si raccomanda di leggere attentamente il manuale di *Grilla* prima di interpretare la tabella seguente].

Picco H/V a 43.44 ± 0.56 Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).

Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	$43.44 > 0.33$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$52125.0 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Superato 0 volte su 1354	OK	

Criteri per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	33.75 Hz	OK	
Esiste f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	50.5 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$3.99 > 2$	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.01297 < 0.05$	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.56345 < 2.17188$	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.2065 < 1.58$	OK	

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

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

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

FANO_VIA_FORCOLO, HVSR1

Strumento: TRZ-0147/01-11

Formato dati: 16 bit

Fondo scala [mV]: 51

Inizio registrazione: 08/09/2023 14:49:00 Fine registrazione: 08/09/2023 15:09:00

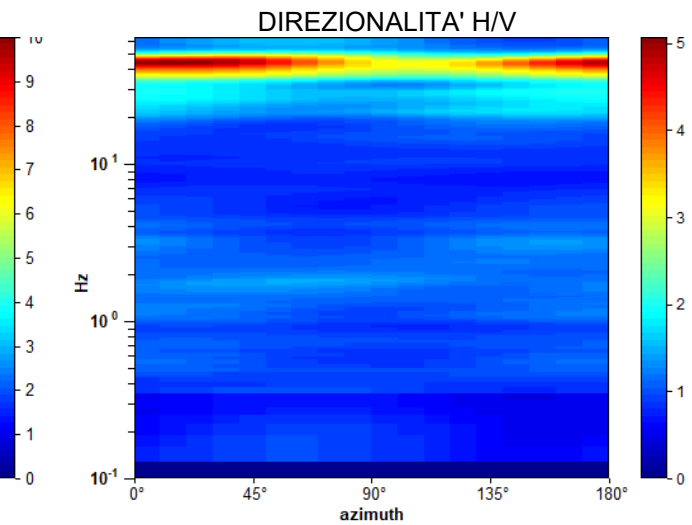
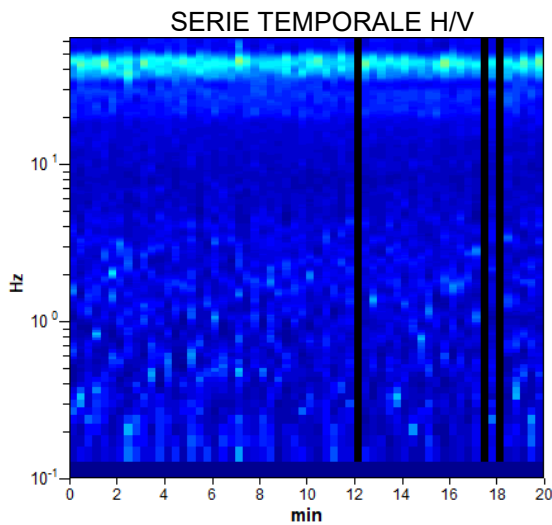
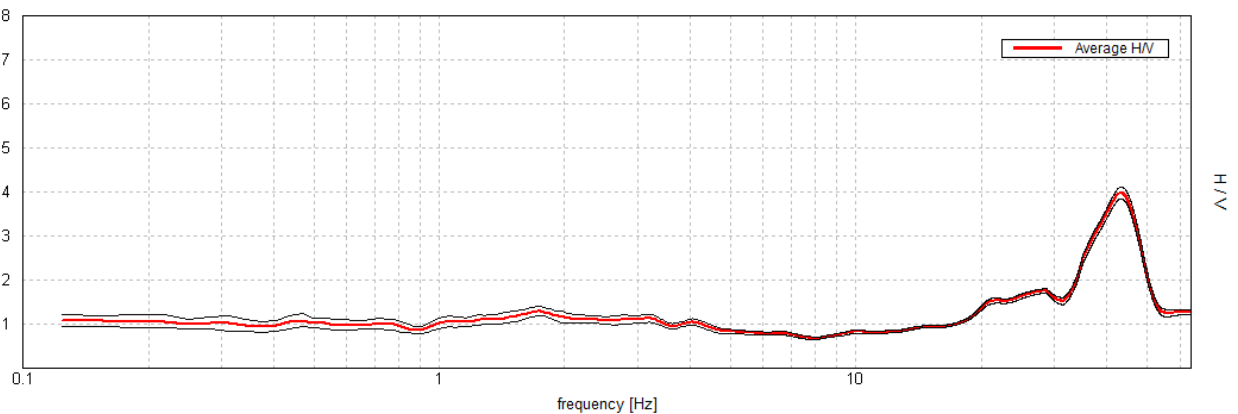
Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN

Dato GPS non disponibile

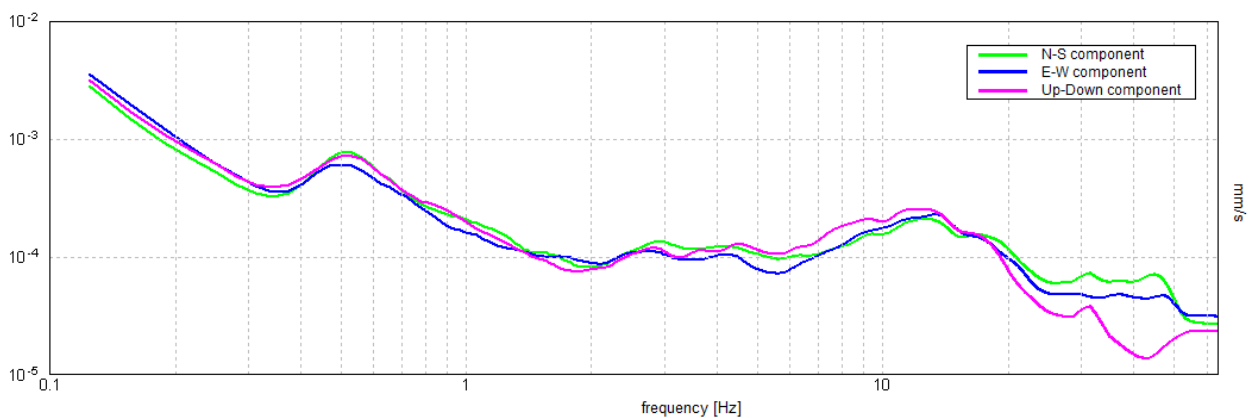
Durata registrazione: 0h20'00". Analizzato 95% tracciato (sel. manuale) Freq. campionamento: 128 Hz
Lunghezza finestre: 20 s Tipo di lisciamento: Triangular window Lisciamento: 10%

RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE

Picco H/V a 1.72 ± 0.9 Hz (nell'intervallo 0.0 - 3.0 Hz).



SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



[Secondo le linee guida SESAME, 2005. Si raccomanda di leggere attentamente il manuale di *Grilla* prima di interpretare la tabella seguente].

Picco H/V a 43.44 ± 0.56 Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).

Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	$43.44 > 0.33$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$52125.0 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5$ Hz $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5$ Hz	Superato 0 volte su 1354	OK	

Criteri per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	33.75 Hz	OK	
Esiste f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	50.5 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$3.99 > 2$	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.01297 < 0.05$	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.56345 < 2.17188$	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.2065 < 1.58$	OK	

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

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

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

[Secondo le linee guida SESAME, 2005. Si raccomanda di leggere attentamente il manuale di *Grilla* prima di interpretare la tabella seguente].

Picco H/V a 1.72 ± 0.9 Hz (nell'intervallo 0.0 - 3.0 Hz).

Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	$1.72 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$1959.4 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Superato 0 volte su 83	OK	

Criteri per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$			NO
Esiste f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$			NO
$A_0 > 2$	$1.30 > 2$		NO
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.52545 < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.90312 < 0.17188$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.1083 < 1.78$	OK	

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

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

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

FANO_VIA_FORCOLO, HVSR 2

Strumento: TRZ-0147/01-11

Formato dati: 16 bit

Fondo scala [mV]: 51

Inizio registrazione: 19/09/2023 14:46:34 Fine registrazione: 19/09/2023 15:06:34

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN

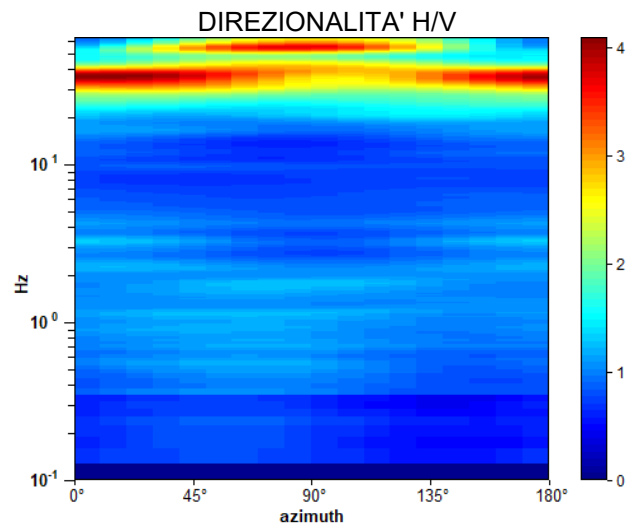
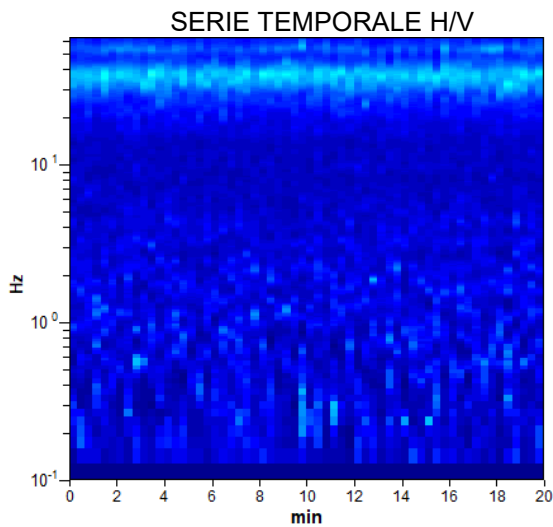
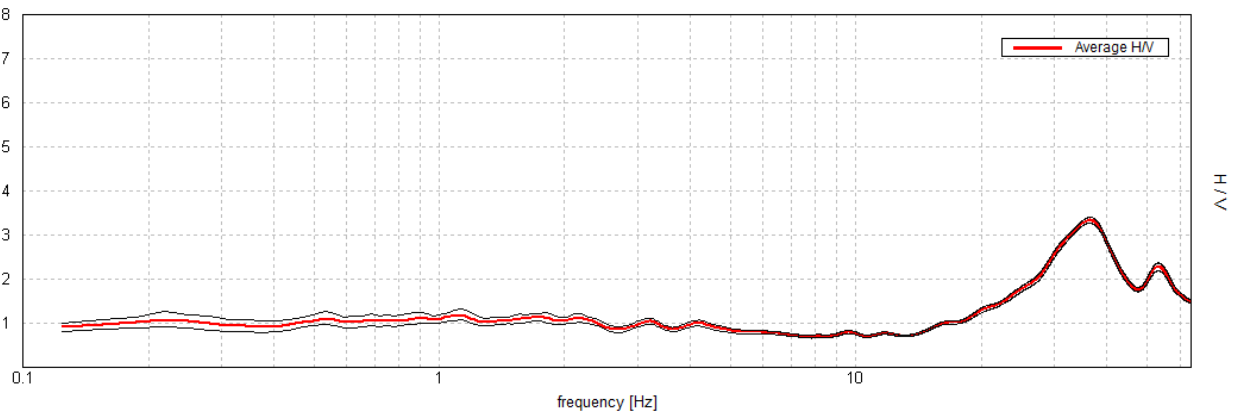
Dato GPS non disponibile

Durata registrazione: 0h20'00". Analisi effettuata sull'intera traccia. Freq. campionamento: 128 Hz

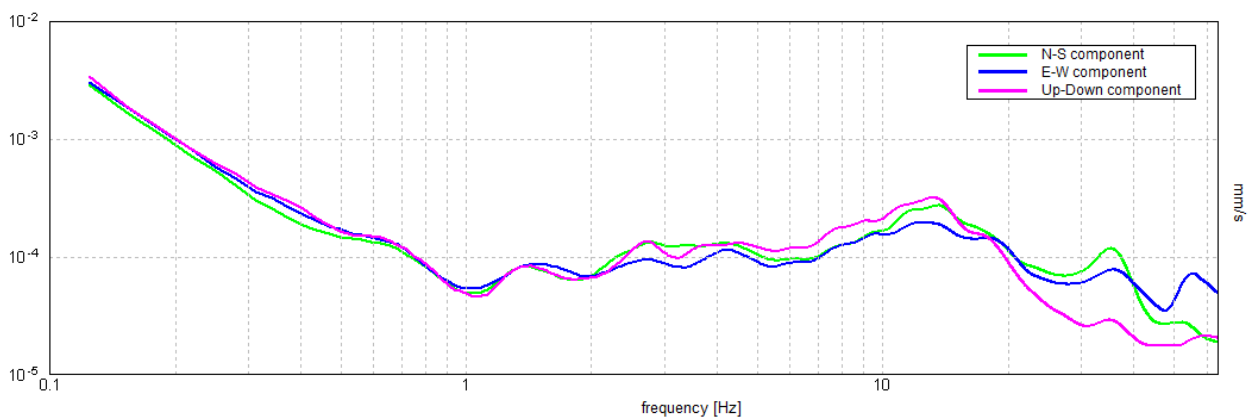
Lunghezza finestre: 20 s Tipo di lisciamento: Triangular window Lisciamento: 10%

RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE

Picco H/V a 36.5 ± 0.22 Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).



SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



[Secondo le linee guida SESAME, 2005. Si raccomanda di leggere attentamente il manuale di *Grilla* prima di interpretare la tabella seguente].

Picco H/V a 36.5 ± 0.22 Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).

Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	$36.50 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$43800.0 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Superato 0 volte su 1465	OK	

Criteri per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	24.031 Hz	OK	
Esiste f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	59.938 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$3.34 > 2$	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.00609 < 0.05$	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.22237 < 1.825$	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.0688 < 1.58$	OK	

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

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

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

FANO_VIA_FORCOLO, HVSR3

Strumento: TRZ-0147/01-11

Formato dati: 16 bit

Fondo scala [mV]: 51

Inizio registrazione: 25/09/2023 11:46:47

Fine registrazione: 25/09/2023 12:06:47

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN

Dato GPS non disponibile

Durata registrazione: 0h20'00". Analisi effettuata sull'intera traccia.

Freq. campionamento: 128 Hz

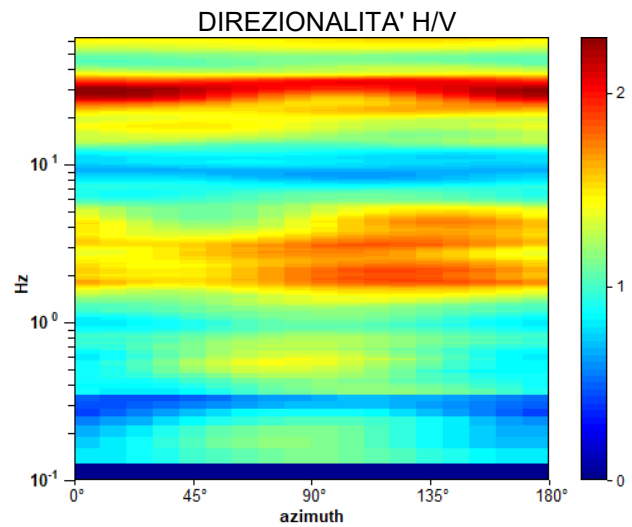
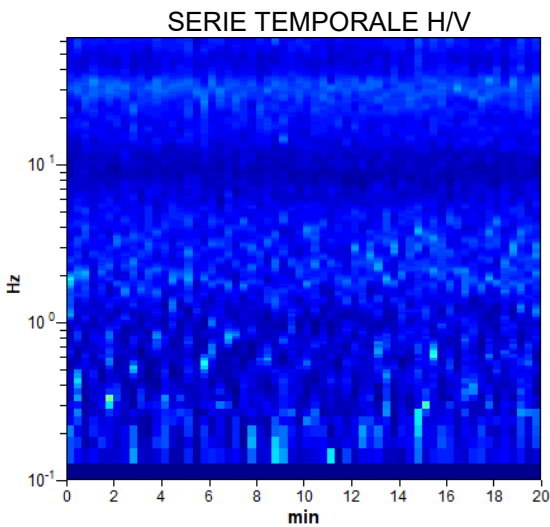
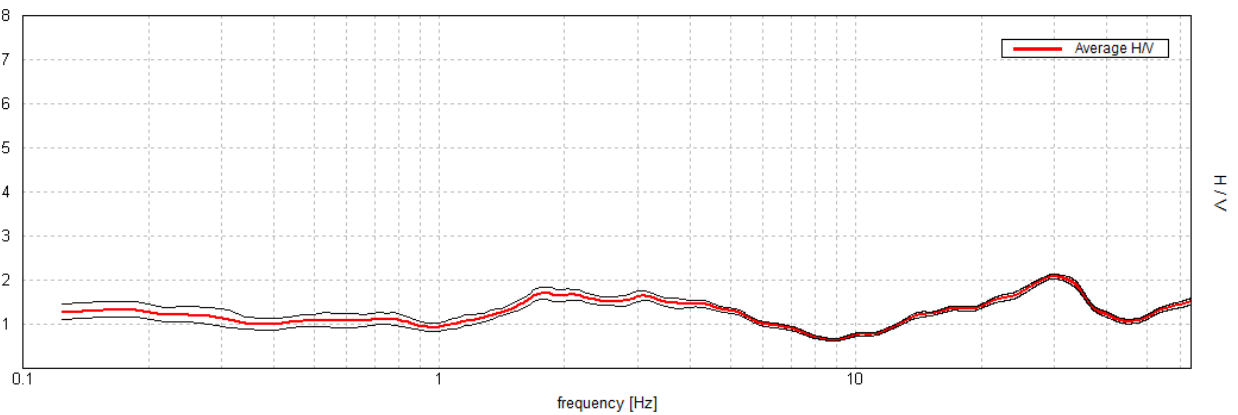
Lunghezza finestre: 20 s

Tipo di lisciamento: Triangular window

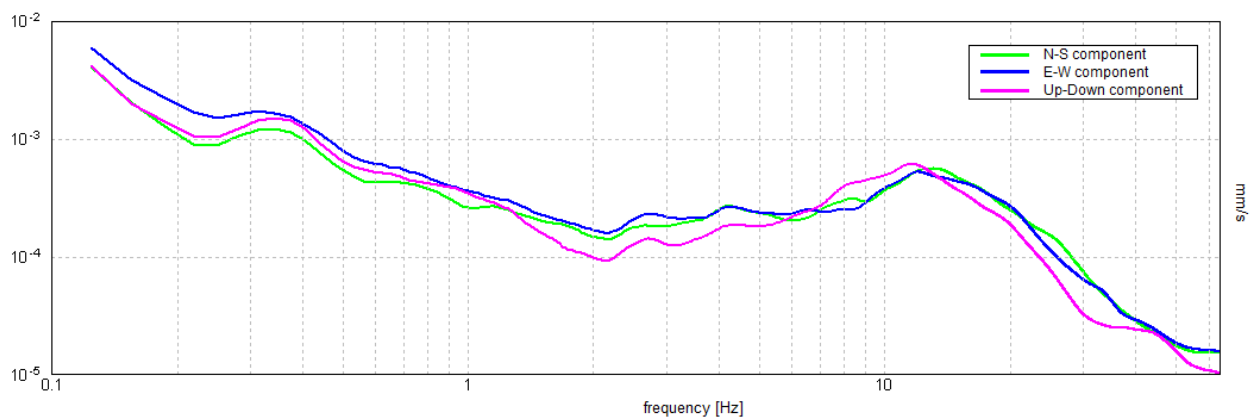
Lisciamento: 10%

RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE

Picco H/V a 29.91 ± 8.09 Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).



SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



[Secondo le linee guida SESAME, 2005. Si raccomanda di leggere attentamente il manuale di *Grilla* prima di interpretare la tabella seguente].

Picco H/V a 29.91 ± 8.09 Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).

Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	$29.91 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$35887.5 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Superato 0 volte su 1437	OK	

Criteri per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	12.906 Hz	OK	
Esiste f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$			NO
$A_0 > 2$	$2.09 > 2$	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.27065 < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$8.09407 < 1.49531$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.0508 < 1.58$	OK	

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

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

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

FANO_VIA_FORCOLO, HVSR4

Strumento: TRZ-0147/01-11

Formato dati: 16 bit

Fondo scala [mV]: 51

Inizio registrazione: 25/09/2023 12:16:29 Fine registrazione: 25/09/2023 12:36:29

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN

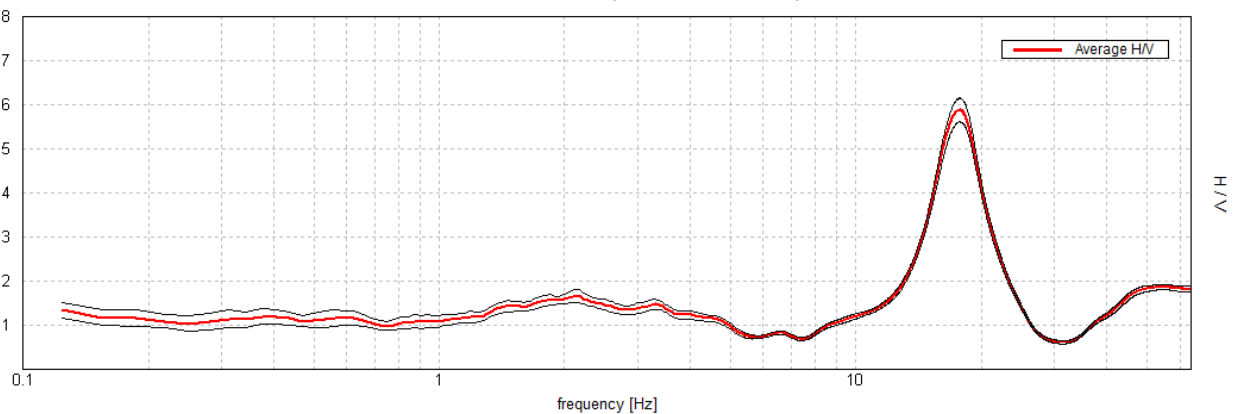
Dato GPS non disponibile

Durata registrazione: 0h20'00". Analisi effettuata sull'intera traccia. Freq. campionamento: 128 Hz

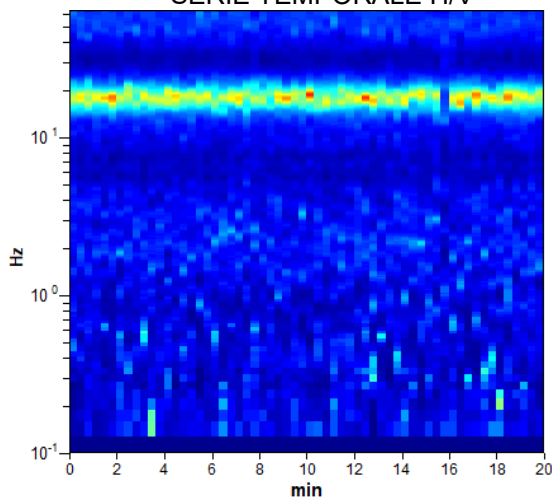
Lunghezza finestre: 20 s Tipo di lisciamento: Triangular window Lisciamento: 10%

RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE

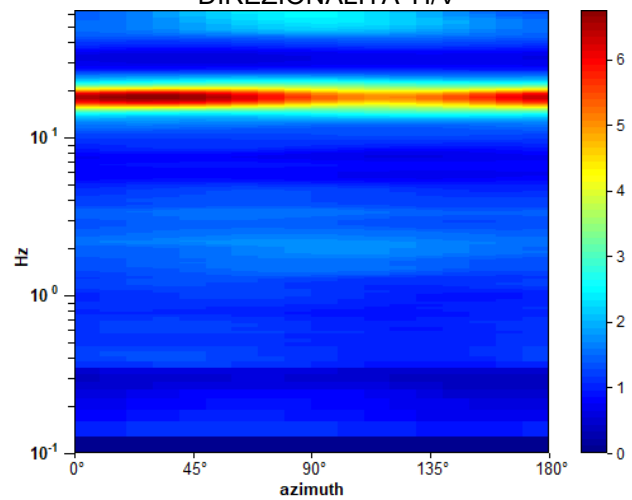
Picco H/V a 17.75 ± 0.13 Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).



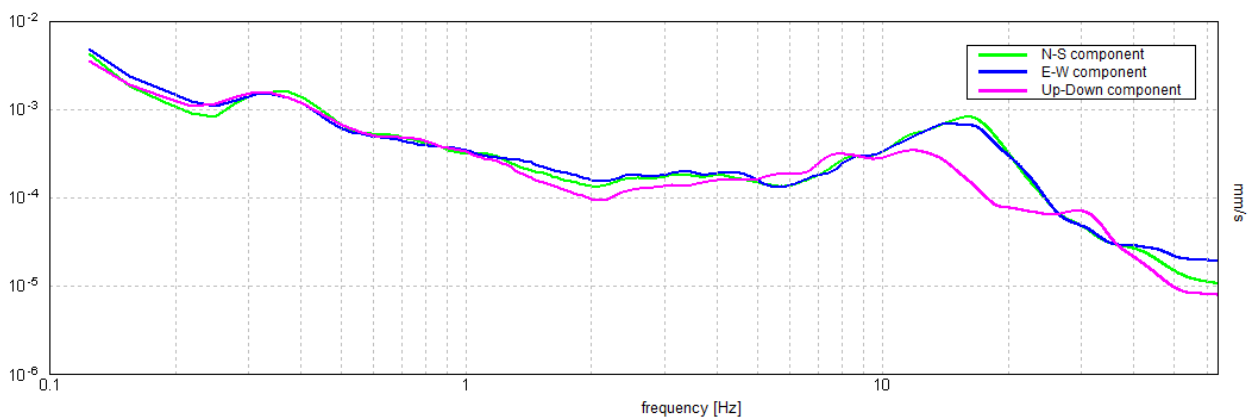
SERIE TEMPORALE H/V



DIREZIONALITA' H/V



SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



[Secondo le linee guida SESAME, 2005. Si raccomanda di leggere attentamente il manuale di *Grilla* prima di interpretare la tabella seguente].

Picco H/V a 17.75 ± 0.13 Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).

Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	$17.75 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$21300.0 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Superato 0 volte su 853	OK	

Criteri per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	14.375 Hz	OK	
Esiste f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	21.531 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$5.88 > 2$	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.0076 < 0.05$	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.13489 < 0.8875$	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.2673 < 1.58$	OK	

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

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

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

FANO_VIA_FORCOLO, HVSR5

Strumento: TRZ-0147/01-11

Formato dati: 16 bit

Fondo scala [mV]: 51

Inizio registrazione: 25/09/2023 12:55:39 Fine registrazione: 25/09/2023 13:05:39

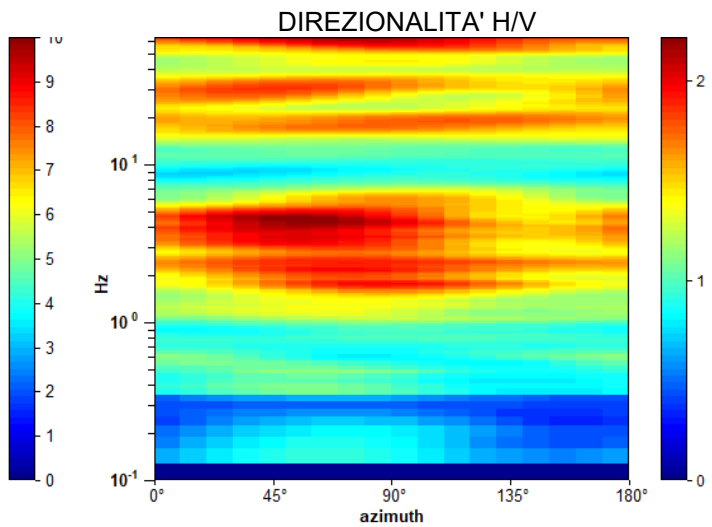
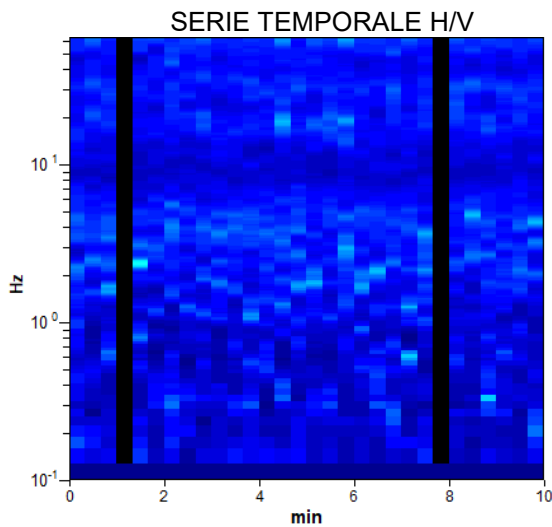
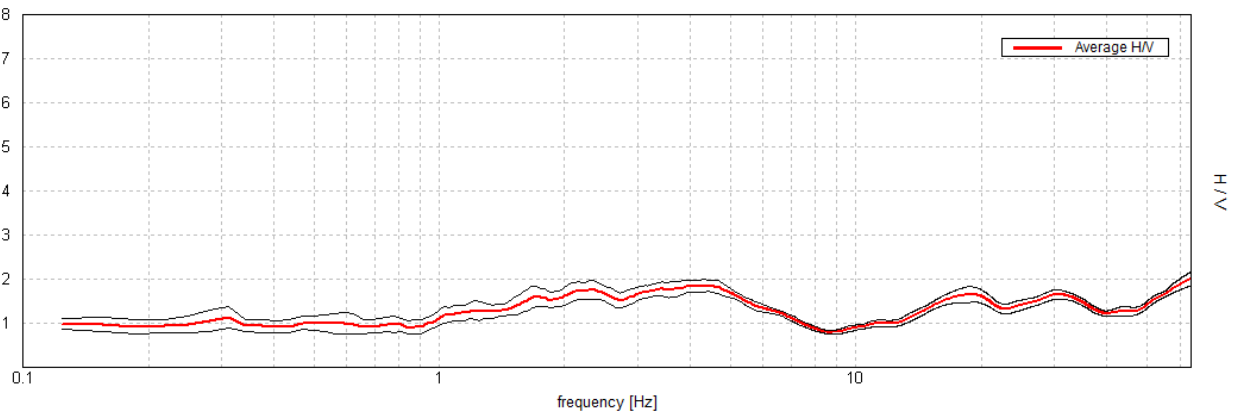
Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN

Dato GPS non disponibile

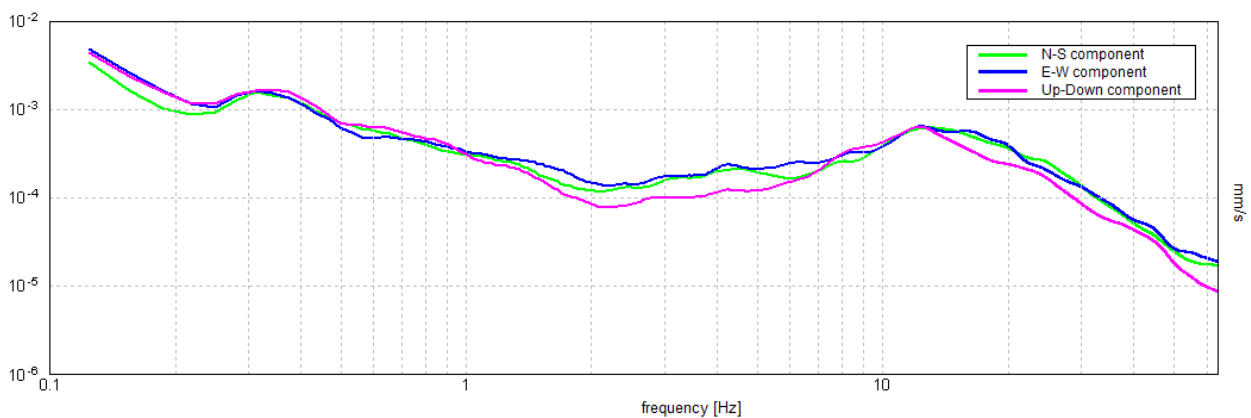
Durata registrazione: 0h10'00". Analizzato 93% tracciato (sel. manuale) Freq. campionamento: 128 Hz
Lunghezza finestre: 20 s Tipo di lisciamento: Triangular window Lisciamento: 10%

RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE

Picco H/V a 63.97 ± 40.18 Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).



SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



[Secondo le linee guida SESAME, 2005. Si raccomanda di leggere attentamente il manuale di *Grilla* prima di interpretare la tabella seguente].

Picco H/V a 63.97 ± 40.18 Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).

Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	$63.97 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$35822.5 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Superato 0 volte su 1025	OK	

Criteri per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$			NO
Esiste f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$			NO
$A_0 > 2$	$2.02 > 2$	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.62819 < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$40.1843 < 3.19844$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.1656 < 1.58$	OK	

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

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

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