REV.	DESCRIZIONE DELLA REVISIONE	DATA
REV 1	REVISIONE A SEGUITO DI ADOZIONE PIANO STRUTTURALE INTERCOMUNALE	SETT. 2026

COMMITTENTE:

Piano attuativo Poggio al Vento

RELAZIONE GEOLOGICA

LOCALITÀ	COMUNE	PROVINCIA
MASSA DEI SABBIONI	CAVRIGLIA	AREZZO



STUDIO DI GEOLOGIA
GIORGI FILIPPO
Sede: Strada d'Istieto n. 6 – 53100 SIENA –
Tel: +39 3357309668
e-mail: filippo.giorgi@studiogf.eu
www.studiogf.eu
C.F.: GRGFPP70S30I726P – P.IVA: 01327030522

Archivio n. **2025026**

DATA
SETTEMBRE 2026

IL TECNICO
Dott. Geol. Filippo
Giorgi

INDICE

1 INTRODUZIONE 2
2 CARATTERISTICHE GEOLOGICHE 3
3 LITOTECNICA 6
4 CARATTERISTICHE MORFOLOGICHE E GEOMORFOLOGICHE 6
5 CARATTERISTICHE IDROLOGICHE E IDROGEOLOGICHE E DI VULNERABILITA' DEGLI ACQUIFERI 6
6 CARTE DELLE PERICOLOSITÀ. 7
7 INDAGINI ESEGUITE E CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DI MASSIMA DEL TERRENO DI SEDIME 11
8 FATTIBILITÀ 1922

1 INTRODUZIONE

La presente relazione di fattibilità geologica viene redatta a supporto al Piano Attuativo Poggio al Vento – nel Comune di Cavriglia (AR) – fig.1 - proposto dall'impresa Marcale srl, con sede in San Giovanni Valdarno, via Vittorio Veneto, 1 CAP 52027, P. Iva 02315780516 con legale rappresentante e amministratore unico il Sig. Marco Mazzucco, proprietaria dei terreni in esame, catastalmente individuati al Foglio 27, Particelle 896 – 123 - 124 sub1 e 2

1.1 Descrizione sommaria del complesso e degli interventi contenuti nel Piano Attuativo

Il complesso cosiddetto Poggio al Vento, che inizialmente era stato realizzato dalla Società Mineraria del Valdarno ad esclusivo uso del personale dirigenziale della stessa società, è passato poi successivamente all'ENEL; ente gestore della zona mineraria e della centrale elettrica stessa, che fino ai primi anni novanta vi ha collocato gli uffici amministrativi e tecnici. Nell'area sono presenti due corpi di fabbrica il blocco principale e un piccolo annesso con destinazione garage e deposito.

Tutto il complesso dagli anni novanta ad oggi è rimasto inutilizzato, cosa che ha causato oltre alle problematiche relative all'incuria un ripetuto e costante deturpamento delle aree esterne nonché degli stessi locali ed arredi interni.

La proprietà Marcale s.r.l, dopo esserne entrata in possesso, ha provveduto ad avviare il recupero dell'intera area, con interventi di bonifica, recupero e riqualificazione attraverso opere di manutenzione straordinaria mirati a bloccare il degrado degli elementi che presentavano maggiori problematiche, (come la copertura dell'annesso) oltre che al rifacimento delle facciate del blocco principale e alla ripassatura della copertura dei due fabbricati in modo da risanarne il manto che nel corso degli anni ha subito vari danneggiamenti.

L'area esterna interamente recintata, ripulita e delimitata, è costituita principalmente da piazzali ad uso parcheggio e giardino. L'accesso all'area avviene per mezzo di due cancelli, uno posto su via Poggio al Vento e uno posto nella parte a monte che consentono entrambi la completa mobilità pedonale e carrabile dell'intero complesso.

L'obiettivo è quello di recuperare e riconvertire l'intero complesso, che a suo tempo ha ospitato uffici, cucina, mensa ed altri locali ed ha avuto fino ad oggi una vocazione direzionale, in struttura turistico ricettiva caratterizzata da appartamenti di varie dimensioni con una esclusività e riservatezza, che garantiranno un piacevole soggiorno, aree esterne piacevolmente attrezzate ed una piscina a servizio di tutti i fruitori, parcheggi interni ed accessibilità consentita esclusivamente a coloro che si riservano un soggiorno.

L'intervento proposto prevede la realizzazione di spazi comuni ed appartamenti indipendenti ai piani rialzati, il mantenimento del piano seminterrato come piano di servizio e quindi con cucina, locale polifunzionale, spogliatoi e servizi per il personale, locali magazzino e di servizio oltre ai locali tecnici che serviranno per ospitare impianti e nuove tecnologie. Il corpo di fabbrica esterno sarà utilizzato come rimessa per lo stoccaggio degli arredi esterni e di servizio per la nuova piscina e per le aree verdi.

"Sarà individuata un'area esterna per proporre una struttura prefabbricata (terrazza) così come descritto nella relazione tecnica dell'Arch. Giuseppino Pulicanò, da cui sono state riprese le informazioni soprariportate".

Questa relazione si riferisce agli interventi "piscina" e "terrazza"; difatti l'indagine si è concentrata nelle aree in cui il Piano prevede la realizzazione delle strutture in parola (fig.2), ed è stata effettuata secondo quanto previsto dal DPGR 5/R/2020 "Regolamento di attuazione dell'articolo 104 della legge regionale 10 novembre 2014, n. 65 (Norme per il governo del territorio) contenente disposizioni in materia di indagini geologiche, idrauliche e sismiche".

Si è pertanto provveduto alla verifica delle cartografie geologiche allagate agli strumenti di pianificazione e urbanistici del Comuni di Cavriglia, compreso il nuovo Piano Strutturale Intercomunale dei Comuni di Cavriglia e San Giovanni Valdarno, adottato dal Comune di Cavriglia con deliberazione del CC n. 42 del 15/12/2025 e parzialmente riadotta con DCC n. 19 del 30/07/2026; nel corso del presente studio saranno eseguite tutte le considerazioni e le verifiche geologico-tecniche inerenti le zone interessate dagli interventi edilizi, per verificare la classe di fattibilità in funzione della destinazione d'uso prevista.

Sono stati, inoltre, raccolti i risultati di osservazioni geologiche e delle indagini geofisiche effettuate nelle zone di intervento per stabilire l'effettivo stato di consistenza dei terreni e per un'indicazione di massima della tipologia idonea per le opere di fondazione da adottare e quanto altro necessario alla sicurezza del sito.

L'area di intervento risulta non sottoposta a vincolo idrogeologico ai sensi del R.D.L. n.3267 del 30/12/1923 (fig. 3).

2 CARATTERISTICHE GEOLOGICHE

Allo scopo di evidenziare le caratteristiche geologiche è stato eseguito un rilevamento di dettaglio che ha interessato i siti in studio ed un'ampia zona circostante (fig. 4).

CARATTERI GENERALI: il bacino del Valdarno Superiore costituisce una depressione allungata in direzione nord-ovest sud-est, posta tra le dorsali del Chianti e del Pratomagno ed attraversata dal tratto intermedio dell'Arno.
Il substrato del margine sud occidentale è costituito da sedimenti appartenenti alla Successione Toscana non Metamorfica, in particolare quelli delle arenarie oligoceniche del Macigno dei Monti del Chianti, mentre quello del margine nord orientale dalle arenarie mioceniche dell'Unità Cervarola-Falterona.
Il bacino è riempito da depositi fluvio-lacustri spessi circa 550 m, originati in tre fasi deposizionali principali, separate da discordanze, hiatus e superfici di erosione.
Durante il Pliocene medio si formarono due piccoli bacini in prossimità della dorsale del Chianti nelle zone di Castelnuovo dei Sabbioni e di Palazzolo, in corrispondenza dei quali si sono originati i sedimenti appartenenti alla prima fase fluvio-lacustre denominata Successione di Castelnuovo dei Sabbioni.
Su questa successione poggiano, in leggera discordanza, i terreni basali appartenenti alla Successione di Montevarchi.
Il passaggio alla seconda fase è legato all'ampliamento della depressione valdarnese in seguito allo sviluppo di un'intensa attività tettonica che ha determinato la formazione di un lago molto esteso ma poco profondo.
La Successione di Montevarchi, originatasi nel Pliocene superiore-Pleistocene inferiore, è costituita da sedimenti lacustro-palustri nella parte centrale del bacino che nelle zone marginali passano a depositi di delta conoide.

I sedimenti del secondo ciclo, con assetto sub-orizzontale, giacciono ai margini del bacino in discordanza su quelli del primo.
Le abbondanti faune a mammiferi ed i pollini rinvenuti indicano un clima fresco ed umido con episodi leggermente più aridi.
Tra la seconda e la terza fase si è avuto un periodo di stasi tettonica nei bordi del bacino e quindi un notevole calo negli apporti sedimentari con lo sviluppo di un'intensa pedogenizzazione al tetto dei sedimenti
del secondo ciclo che avevano completamente colmato la depressione valdarnese.
La terza fase inizia nel Pleistocene medio con la ripresa della sedimentazione nelle conoidi poste sui fianchi del bacino e la deposizione di sedimenti fluviali da parte dell'Arno che precedentemente confluiva nella Val di Chiana. I depositi di questa fase sono rappresentati dalla Successione di Monticello-Ciuffenna, costituita da depositi fluviali del paleo Arno e sedimenti di conoide alluvionale sui versanti del Pratomagno e del Chianti.
I sedimenti della terza fase giacciono verso i margini del bacino su quelli della seconda, con una leggera lacuna evidenziata da un paleosuolo, mentre nella parte centrale sono concordanti, ma separati da una superficie erosiva.
I depositi fluvio-lacustri presentano forme di erosione strettamente legate alla litologia che hanno prodotto paesaggi molto caratteristici: pareti subverticali, che arretrano progressivamente per crolli successivi,
nei terreni incoerenti (ciottolami e sabbie) denominate "balze"; basse colline con deboli pendii e forme dolci nei terreni coesivi (limi e argille), dove il soliflusso e le frane di colamento rappresentano i principali agenti morfogenetici.
La successiva fase erosiva, attivata dalla cattura delle acque del Valdarno Superiore da parte della Sieve, ha determinato una profonda incisione dei depositi fluvio-lacustri da parte dell'Arno e dei suoi affluenti; infatti il fondovalle è attualmente circa 150 m più basso della superficie di colmamento fluvio-lacustre.
Nel Pleistocene superiore l'Arno iniziò ad erodere i depositi precedentemente formatisi a seguito dell'incisione della soglia di Incisa, formando estesi terrazzi soprattutto lungo i suoi affluenti principali.
In particolare, l'area in studio è caratterizzata dall'affioramento di depositi quaternari che sovrastano le formazioni del Dominio Toscano. In particolare, a partire dalla formazione cronologicamente più recente abbiamo:

DEPOSITI PLEISTOCENICI, OLOCENICI E COPERTURE

Depositi eluvio-colluviali (b2a)

Si tratta per lo più di materiale eterogeneo ed eterometrico derivante dall'alterazione dei terreni affioranti ed accumulato in posto o dopo breve trasporto per ruscellamento.

SISTEMA DEL VALDARNO SUPERIORE

Sabbie di La Loccaia (Loc) – Sub-sintema di Monticello-Ciuffenna

Questa successione è caratterizzata da depositi alluvionali del Pleistocene medio, comprendente i depositi fluviali di Monticello, che occupano la zona assiale del bacino, e

i coevi depositi di conoide alluvionale del Ciuffenna, ben sviluppati lungo i margini orientali del bacino, mentre risultano meno estesi sul margine occidentale.
In particolare, le Sabbie di La Loccaia (LOC) sono costituite da sabbie e ghiaie con clasti prevalentemente a composizione arenacea con intercalazioni di limi sabbiosi di colore bruno rossastro, spesso con indizi di pedogenizzazione.

DOMINIO TOSCANO – FALDA TOSCANA (TRIASSICO SUP. - OLIGOCENE)

La Successione Toscana non Metamorfica ("Falda Toscana" Auctt.) è composta da unità di origine sedimentaria formatesi a partire dal Trias nel bacino della Tetide costituite essenzialmente da rocce carbonatico - silicee.
Nell'area rilevata risultano affiorare solamente i terreni più recenti di questa Successione ovvero il Macigno dei Monti del Chianti

Macigno dei Monti del Chianti (MAC e MACb)

Questa formazione costituisce il substrato su cui si sono deposti parte dei sedimenti palustro – fluvio - lacustri del Valdarno Superiore. Litologicamente si tratta di un'arenaria quarzoso – feldspatico - micacea, di origine torbiditica, caratterizzata da una grana da minuta a media, anche se non mancano strati con, alla base, grossi clasti di regola arrotondati. Gli strati arenacei si presentano di colore grigio acciaio al taglio fresco e di colore giallo e giallo ocra all'alterazione. Quando gli strati arenacei sono molto alterati subiscono la tipica esfoliazione a cipolla. La stratificazione è sempre netta, e i grossi banchi arenacei raggiungono (anche se ciò non è una regola) i 10 - 15 metri di spessore. Gli strati arenacei sono più o meno regolarmente alternati a quelli argilloso siltosi, i quali sono, in genere, meno abbondanti e meno spessi rispetto ai precedenti. Occasionalmente sono presenti anche strati torbiditici a composizione calcareo - marnosa, di colore bianco avana all'alterazione e grigio al taglio fresco, di spessore variabile tra i 10 cm e i 2 metri, e strati argillosi aventi spessore tra i 5 cm ed 1 metro, a frattura da scagliosa ad aciculare, con colorazione nera.
L'età della base è datata Oligocene medio, il tetto Oligocene superiore – Aquitaniano.
Per ciò che concerne la porzione individuata come MAC2 nella carta geologica presente sul sito web della Regione Toscana si legge in legenda la dicitura Arenarie torbiditiche fini e siltiti grigio scure (Arenarie zonate). In realtà (fonte: relazione geologica elaborato 15 INDAGINI GEOLOGICO – TECNICO DI SUPPORTO AL PIANO STRUTTURALE E AL REGOLAMENTO URBANISTICO) almeno per quanto riguarda l'area del territorio comunale di Cavriglia la litologia è assai diversa e ciò va sottolineato in quanto presenta delle implicazioni di notevole importanza dal punto di vista tecnico. La gran parte degli affioramenti è caratterizzata da argilliti intensamente fratturate in scagliette appiattite, con frequenti spalmature di ossidi di manganese inglobante pezzame litoide calcareo, arenaceo, selcifero, di dimensione estremamente varia. Non mancano grosse porzioni di pacchi di strati, ancora in serie, immersi nelle argilliti.

I terreni interessati dagli interventi proposti nel Piano Attuativo ricadono nell'area di affioramento della Macigno oligocenico, nella facies a maggior componente argillitica (MACb)

3 LITOTECNICA

In base alle indagini effettuate, al rilevamento di campagna e ai dati di supporto alla pianificazione urbanistica comunale, è stato possibile inserire i vari litotipi incontrati in un'unica unità litotecnica ad omogeneo comportamento fisico-meccanico. Gli interventi edilizi interesseranno infatti arenarie torbiditiche fini e siltiti, che in presenza di versanti particolarmente acclivi o falda acquifera, possono vedere un peggioramento delle caratteristiche geotecniche.

4 CARATTERISTICHE MORFOLOGICHE E GEOMORFOLOGICHE

Dal punto di vista morfologico, il sito in esame si trova ubicato in zona collinare in cui i rilievi sono costituiti prevalentemente dall'affioramento delle due diverse litofacies prima descritte della formazione del Macigno, la cui alternanza ha determinato l'attuale conformazione morfologica dei rilievi in cui sono evidenti fenomeni di erosione selettiva dovuti al diverso comportamento dei sedimenti affioranti in seguito a processi di alterazione.

La aree di fondovalle sono occupate dai depositi fluviali pleistocenici e coperture eluvio-colluviali.

Il presente studio ha verificato la carta geomorfologica della pianificazione strutturale comunale vigente e intercomunale adottata, di cui si riportano gli estratti in fig. 5, per analizzare, trattandosi di un'area in rilievo, le forme ed i processi geomorfologici legati, in particolare, alla dinamica di versante, valutando l'eventuale presenza di fenomeni e movimenti e il relativo stato di attività.

Entrami gli strumenti di pianificazione mostrano come, a livello areale sia evidente che i processi di modellazione dei versanti, sono quasi esclusivamente legati alla natura litologica dei terreni, che ne determina una differente risposta alla dinamica morfologica. In corrispondenza dei depositi granulari si sono formate scarpate acclivi, in erosione attiva, spesso mediante frane di crollo, talvolta mediante colate, e versanti contraddistinti da ruscellamento ed erosione superficiale, mentre in corrispondenza dei terreni coesivi limoso-argillosi si hanno pendenze dolci e forme tondeggianti, contraddistinte da estesi fenomeni di soliflusso.

Per la zona di realizzazione, posta a una quota di circa 310 m s.l.m., sulla spianata sommitale di un rilievo con pendenze medie nell'ordine del 20-25%, che aumentano fortemente verso l'incisione di fondo valle in cui scorre il Fosso del Pianale, che raccoglie tutti le acque raccolte dai fossetti naturali e di regimazione del versante su cui incide l'intervento, non si rilevano fenomeni di instabilità.

il sito di intervento risulta quindi esterno a particolari processi erosivi anomali e si esclude che attualmente vi siano movimenti gravitativi attivi sul versante.

5 CARATTERISTICHE IDROLOGICHE E IDROGEOLOGICHE E DI VULNERABILITA' DEGLI ACQUIFERI

Dal punto di vista idrologico il sito in studio, caratterizzato da morfologia collinare e posta in area urbanizzata, è interessato dalla rete fognaria dell'abitato, oltre che dalla presenza

di piccoli fossetti e solchi temporanei di normale regimazione agraria, che se sottoposti a idonea manutenzione, permettono di raccogliere e convogliare le acque di scorrimento superficiale verso gli impluvi di fondovalle, fino al Fosso di Pianale.

Anche in questo caso, abbiamo verificato entrambi gli strumenti di pianificazione che nell'area di realizzazione degli interventi edilizi confermano la presenza di terreni a permeabilità secondaria per fratturazione molto bassa (fig.6), variabile in funzione della percentuale di frazione argillitica del sedimento, con falda di potenzialità scarsa o comunque posta a profondità tali da non interferire negativamente o subire problemi di vulnerabilità dagli interventi previsti. Nel corso della campagna geognostica non è stata incontrata falda acquifera almeno fino alla massima profondità di indagine raggiunta dalle penetrometrie DPSH (2.60 metri). Si ritiene quindi che non si pongano limiti legati alla vulnerabilità e sensibilità degli acquiferi.

Tutti gli interventi proposti risultano anche esterni ai perimetri delle zone di rispetto per captazioni ad uso idropotabile e consumo umano.

6 CARTE DELLE PERICOLOSITÀ.

Considerato che il sito in esame non è interessato in alcun modo da problematiche di tipo idraulico e neppure di dinamica costiera e/o da problematiche idrogeologiche, per la definizione della pericolosità dei siti, pur considerando anche la pericolosità idraulica, sono state effettuate valutazioni prevalentemente di carattere geologico e sismico.

6.1 PERICOLOSITA' GEOLOGICA

Si è provveduto a verificare le carte di pericolosità geologica allegate agli strumenti di pianificazione del Comune di Cavriglia (fig.7). Si premette che la classificazione della pericolosità geologica prende a riferimento per la definizione della fattibilità sia le tavole allegate ai PS comunale, redatte ai sensi dell'allora vigente DPGR 53/R/2011, che le classi di pericolosità geologica del PSI adottato, redatte in conformità al DPGR 5/R/2020 vigente. In base a quanto premesso, e in seguito alle verifiche effettuate nel presente studio, si inseriscono gli interventi edilizi previsti dal piano attuativo nelle seguenti classi di pericolosità geologica:

Pericolosità geologica media (G.2): aree in cui sono presenti fenomeni franosi inattivi o stabilizzati (naturalmente o artificialmente); aree con elementi geomorfologici, litologici e giaciturali dalla cui valutazione risulta una bassa propensione al dissesto.

Tutti gli interventi edilizi previsti nel sito ricadono quindi in pericolosità G.2.

6.1.1 CARTE DI ADEGUAMENTO AL PAI FIUME ARNO – FRANE, DISSESTI E SUBSIDENZE

Il sito in studio risulta esterni a zone perimetrate a pericolosità per frana elevata PFE o molto elevata PFME, sia nell'attualmente vigente PAI dissesti, sia nella carta di adeguamento al PAI degli ex bacini regionali del PS, che nella carta della pericolosità geologica del PSI (figg. 7, 8 e 9). Si tratta quindi di zone che corrispondono alle aree collinari e alto collinari nelle quali, al di là delle criticità presenti, è necessaria una azione di presidio territoriale tesa da

un lato a prevenire il manifestarsi di dissesti locali, dall'altra a non indurre "carichi incontrollati" nelle aree di valle. In generale in queste aree il reticolo delle acque superficiali non assume rilevanza in quanto tale, ma rappresenta uno degli elementi del sistema ambientale. In tali zone si attuano in genere interventi di carattere locale tesi sostanzialmente a favorire la dinamica naturale acqua-suolo anche ai fini del controllo dell'erosione superficiale e del trasporto solido, dell'equilibrio nel convogliamento delle acque superficiali.
Gli interventi previsti dal PA non influiranno negativamente sugli equilibri di cui sopra e risultano, pertanto, compatibili con la disciplina di PAI.

6.2 PERICOLOSITA' IDRAULICA

PIANO DI GESTIONE DEL RISCHIO ALLUVIONI

Nell'area in esame è stato vigente fino al marzo 2016 il Piano di Assetto Idrogeologico di Bacino (P.A.I.) che è stato sostituito per l'analisi del rischio e la pericolosità idraulica dal Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni (PGRA), ai sensi della Direttiva 2007/60/CE relativa alla valutazione e alla gestione del rischio di alluvioni, recepita nell'ordinamento italiano con il Decreto Legislativo 23 febbraio 2010 n. 49.
Dagli estratti cartografici riportati in figura 10, si evidenzia come gli interventi edilizi previsti risultino esterni a zone classificate a pericolosità e rischio alluvioni.

6.3 PERICOLOSITA' SISMICA

Il territorio comunale di Cavriglia, ai sensi della Deliberazione G.R.T. n° 421 del 26 maggio 2014, è stata inserita in **Zona 3 di sismicità** - **Zona con pericolosità sismica bassa che può essere soggetta a scuotimenti modesti**.
In particolare le norme tecniche indicano, in base al parametro a_g = accelerazione orizzontale e all'accelerazione orizzontale massima convenzionale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico a_g/g, quattro zone a loro volta suddivise in 4 sottozone, con intervalli caratterizzati da differenze di accelerazione pari a 0.025g (tranne la zona 4):

zona	Accelerazione con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni (a_g)	Accelerazione orizzontale massima Convenzionale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico (a_g/g)
1	$0.25<a_g<0.35$	0.35g
2	$0.15<a_g<0.25$	0.25g
3	$0.05<a_g<0.15$	0.15g
4	ag<0.05	0.05g

Quindi, per la zona in esame, ag/g = 0,15g.

Per l'area di intervento è presente la classificazione della pericolosità sismica definita sulla base di studi di Microzonazione Sismica facenti parte delle indagini a supporto degli strumenti di pianificazione e urbanistici comunali, di sui si riproduce l'estratto in fig.11.

La carta tematica è stata redatta sulla base delle informazioni esistenti e finalizzate alla conoscenza del territorio sotto il profilo geologico e geomorfologico di cui rispettivamente alla Carta geologica e alla Carta geomorfologica. La redazione della Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS), quindi, è fatta secondo le specifiche tecniche definite negli "Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica" (I&C - MS), redatti dalla Presidenza del Consiglio dei Ministri e dal Dipartimento della Protezione Civile, nonché sulla base delle specifiche tecniche di cui all'O.D.P.C.M. 3907/2010.
Gli studi di Microzonazione Sismica hanno l'obiettivo di individuare ad una scala comunale le zona in cui le condizioni locali possono modificare le caratteristiche del moto sismico atteso o possono produrre deformazioni permanenti rilevanti per le costruzioni, per le infrastrutture e per l'ambiente.
L'elaborazione eseguita dai redattori del RU ha portato alla stesura di una legenda nella quale sono riportati i tre grandi gruppi che caratterizzano il territorio:
1) **le zone stabili**: zone nelle quali non si ipotizzano effetti locali di alcuna natura (litotipi assimilabili al substrato rigido in affioramento con morfologia pianeggiante o poco inclinata) e pertanto gli scuotimenti attesi sono equivalenti a quelli forniti dagli studi di pericolosità di base;
2) **le zone stabili suscettibili di amplificazioni locali**: zone in cui il moto sismico viene modificato a causa delle caratteristiche litostratigrafiche e/o geomorfologiche del territorio;
3) **le zone suscettibili di instabilità**: zone suscettibili di attivazione dei fenomeni di deformazione permanente del territorio indotti o innescati dal sisma (instabilità di versante, liquefazioni, fagliazioni superficiali).

L'area in esame risulta inserita nelle zone stabili, essendo caratterizzata da alternanze litologiche non stratificate.

PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE:

Le indagini di supporto alla stesura del Piano Strutturale comunale hanno compreso la redazione della cartografia tematica in tema di pericolosità sismica locale, che deriva direttamente dall'analisi e dalla valutazione di quanto è emerso acquisendo ed elaborando i dati presenti nella Carta geologica, nella Carta geomorfologica, nella Carta geologico – tecnica che riporta i dati geotecnici, in quanto è sulla base di tali elementi che sono desunte le aree ove possono verificarsi effetti locali o di sito. L'elaborazione che sta a monte della Carta delle aree a pericolosità sismica è appunto uno studio di Microzonazione Sismica di livello 1, elaborato secondo i criteri definiti nelle specifiche tecniche di cui all'O.D.P.C.M. 3907/2010 e definiti negli Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica (I&C – MS) redatti dalla Presidenza del Consiglio dei Ministri e dal Dipartimento della Protezione Civile.
La cartografia delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS), di cui al precedente paragrafo, consente di identificare le aree per le quali non sono richiesti studi di approfondimento ed al momento di predisporre la sintesi delle info mazioni derivanti da detto studio vengono valutate le condizioni di pericolosità sismica.

Per l'area in studio in cui verranno realizzati gli interventi del Piano Attuativo, in base alla valutazione del contesto geologico, geomorfologico e ai risultati dell'indagine sismica

effettuata, i redattori del PS hanno riconosciuto la seguente classi di pericolosità sismica locale (fig.12):

Pericolosità sismica locale media (S.2): zone suscettibili di instabilità di versante inattiva e che pertanto potrebbero subire una riattivazione dovuta ad effetti dinamici quali possono verificarsi in occasione di eventi sismici:

- zone in frana inattive;
- versanti e relative scarpate stabili;
- Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali caratterizzate da contrasto di impedenza sismica atteso tra copertura e substrato rigido medio-basso
- Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali caratterizzate da morfologie di superficie (scarpate stabili, zone di cresta, vallecole sepolte) in cui non sono ipotizzabili effetti di rifrazione locale dell'onda sismica

Il nuovo PSI adottato ha valutato la pericolosità sismica tenendo conto dell'analisi e della valutazione integrata di quanto emerge dall'acquisizione delle conoscenze relative agli elementi di tipo geologico, geomorfologico e delle indagini geofisiche effettuate a supporto del piano, con riferimento al DPGR n. 5/R/2020 del 30 gennaio 2020, sulla base del quadro conoscitivo acquisito delle aree ove possono verificarsi effetti locali o di sito.
La valutazione preliminare degli effetti locali o di sito ai fini della riduzione del rischio sismico consente di rappresentare:
1. probabili fenomeni di amplificazione stratigrafica, topografica e per morfologie sepolte;
2. la presenza di faglie e/o strutture tettoniche;
3. i contatti tra litotipi a caratteristiche fisico-meccaniche significativamente differenti;
4. accentuazione della instabilità dei pendii;
5. terreni suscettibili a liquefazione e/o addensamento;
6. terreni soggetti a cedimenti diffusi e differenziali.

Tale valutazione è stata rappresentata nel PSI attraverso la realizzazione degli studi di Microzonazione Sismica (MS) di livello 2 all'interno del territorio urbanizzato secondo i criteri definiti nelle specifiche tecniche di cui all'o.d.p.c.m. 3907/2010.

Il PSI ha confermato per l'area di intervento la **classe di pericolosità sismica locale media (S2)** in cui sono inserite:
_ zone stabili suscettibili di amplificazioni locali con fattore di amplificazione Fa 01-05 ≤ 1.4 (da MS2);
_ zone stabili suscettibili di amplificazioni locali, non rientranti tra quelli previsti nelle classi di pericolosità sismica S.3.

7. INDAGINI ESEGUITE E CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DI MASSIMA DEL TERRENO DI SEDIME

Nel corso del presente lavoro, in ottemperanza a quanto previsto dal DPGR 05/R/2020, si è provveduto all'esecuzione di un'apposita campagna geognostica e geofisica di dettaglio, dimensionata in base alle condizioni geologiche, geomorfologiche e idrogeologiche dell'area in studio, oltre che alle specifiche progettuali degli interventi edilizi previsti dal Piano Attuativo.
In base a quanto appena esposto, si è ritenuto opportuno, oltre all'analisi di dati di bibliografia e a un accurato esame delle formazioni in posto negli affioramenti e nelle

scarpate litologiche visibili e accessibili, effettuare delle prove penetrometriche super pesanti di tipo dinamico (si è optato per prove dinamiche per la presenza di depositi granulari e strati detritici soprattutto nei livelli superficiali, che avrebbero comportato difficoltà di ancoraggio del penetrometro nella modalità statica), di un profilo sismico di tipo MASW e un punto di misura HVSR, i cui risultati vengono riassunti nei seguenti paragrafi. Pur ritenendo piuttosto approfondito il presente piano di indagini, si rimanda alla fase di formazione dei titoli abilitativi dell'attività edilizia la realizzazione di eventuali ulteriori analisi geotecniche di approfondimento, che potrà comprendere ulteriori prove in situ, sondaggi geognostici, oltra a indagini di laboratorio, da concordare con il progettista geotecnico-strutturale.
Nel dettaglio, sono state eseguite le seguenti indagini, la cui ubicazione è mostrata in figura 13

- n.5 prove pentreometriche super pensati dinamiche DPSH, n.1 profilo sismico di tipo "MASW" e 1 misura HVSR;

Modalità esecutive delle prove DPSH super pesanti
E' stato impiegato un penetrometro statico-dinamico tipo GOUDA della Ditta PAGANI TG 63-120 KN montato su cingoli in gomma.
L'apparecchio dinamico ha le seguenti caratteristiche:

- peso massa battente	*63.50*	*Kg*
- altezza di caduta	*0.75*	*m*
- area di base punta conica	*20.43*	*cmq*
- angolo apertura punta conica	*60*	°
- avanzamento punta	*0.20*	*m*

Viene misurato il numero di colpi (N) necessari per infiggere nel terreno la punta di 20 in 20 centimetri; l'infissione avviene senza rivestimento laterale, essendo l'attrito delle aste trascurabile rispetto alla resistenza del terreno all'attraversamento della punta. Sulla base di relazioni empiriche, è possibile risalire dal numero di colpi N(20) ai parametri geotecnici del terreno investigato. In appendice al presente studio si allegano i report di ogni prova effettuata.

Interpretazione dei risultati

Le prove penetrometriche hanno evidenziato risultati coerenti tra loro, permettendo di distinguere tre livelli:

1) Unità A: un livello di spessore variabile da 0.80 a 1.80 metri di terreno superficiale eterogeneo e/o riporto con inclusi che talvolta determinano dei picchi di resistenza all'avanzamento della punta;
2) Unità B: un livello con caratteristiche geotecniche medie, evidenziato solo dalla DPSH 2 per uno spessore di circa 1.20 m, ascrivibile a un livello meno consistente e probabilmente a maggior componente argillitica della formazione torbitica in posto;
3) Unità C: rappresenta il substrato in posto caratterizzato da alternanza di argilliti e livelli litioidi arenacei del macigno oligocenico, con ottime proprietà geotecniche,

tali da costringere le prove a rifiuto.

Nessuna prova ha evidenziato la presenza di circolazione idrica fino alla massima profondità di indagine raggiunta.

In questa fase ci si limita a riportare di seguito i parametri geotecnici **medi** di massima prudenziali, ottenuti applicando un approccio critico a favore di sicurezza ai valori misurati per le unità geotecniche riconosciute nella campagna geognostica, rimandando alle relazioni esecutive la verifica della parametrizzazione da utilizzare per il dimensionamento e eventuali suggerimenti per la tipologia fondale.

UNITÀ A: TERRENO PEDOGENETICO E/O RIPORTO
- Peso di volume γ = 1,5-1,7 t/mc
- Peso di volume saturo γ_{sat} = 1,7-1,9 t/mc
- Angolo di attrito φ = 20°-21°
- Coesione non drenata cu = 0,1-0,15 kg/cmq

UNITÀ B: CAPPELLACCIO DI ALTERAZIONE E/O ARGILLITI
- Peso di volume γ = 1,9-2,1 t/mc
- Peso di volume saturo γ_{sat} = 2,0-2,2 t/mc
- Angolo di attrito φ = 27°-29°
- Coesione non drenata cu = 1,5-1,8 kg/cmq

UNITÀ C: ARENARIE
- Peso di volume γ = 2,1-2,2 t/mc
- Peso di volume saturo γ_{sat} = 2,2-2,3 t/mc
- Angolo di attrito φ = 33°-34°
- Coesione non drenata cu = 2,0-2,2 kg/cmq

Prima di procedere alla fase esecutiva del progetto, il progettista geotecnico e strutturale dovrà valutare se acquisire la presente indagine o integrarla con l'esecuzione di una campagna geognostica di maggior dettaglio, per poter ricostruire in maniera attendibile la stratigrafia del sottosuolo ed ottenere una parametrizzazione geotecnica del terreno omogenea in relazione agli interventi in via di realizzazione.
Allo stato attuale delle conoscenze, si ritiene per la corretta scelta e il dimensionamento delle opere fondali debba essere verificata l'idoneità e lo spessore areale dei depositi più alterati individuati, per valutare la tipologia fondale, in relazione ai carichi trasmessi in fondazione.

7.1 INDAGINE SISMICA –MASW E MISURE HVSR

In fase di redazione del presente PA si è provveduto ad eseguire una dettagliata indagine geofisica di supporto allo studio geologico di fattibilità. Si ritiene infatti fondamentale per la determinazione della **fattibilità sismica locale** degli interventi comprendere il reale spessore della copertura sismica, la profondità del substrato e la presenza di eventuali picchi di risonanza. Abbiamo pertanto effettuato una specifica indagine geofisica, costituita da:

- una prova MASW (Multi-channel Analysis of Surface Waves), in corrispondenza dell'allineamento sismico, per ricostruire la successione stratigrafica secondo il parametro della velocità sismica delle onde di taglio "S";
- una misura HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratios) per la determinazione della frequenza caratteristica di sito e valutare eventuali effetti di amplificazione sismica in caso di evento sismico.

Prova sismica MASW

La strumentazione utilizzata in data 05/03/2025 dallo Studio di Geologia Giorgi Filippo per realizzare la prova sismica è costituita da:

n°	**Strumentazione prova MASW**
1	Sismografo GEOMETRICS "GEODE" 24 ch - 24 bit
1	Computer portatile HP per registrazione dei dati di campagna
24	Geofoni verticali con frequenza pari a 4,5 Hz
1	Cavo di collegamento per geofoni
1	Trigger dispositivo "hammer switch"
1	Massa battente del peso di 6,5 kg

La prova MASW è stata acquisita con le seguenti caratteristiche:

- Numero geofoni: 24;
- Spaziatura dei geofoni: 2,5 metri;
- Frequenza geofoni: 4.5 Hz;
- Tempo di registrazione degli eventi: 2 s;
- Tempo di campionamento: 0.25 x 10^{-3} s;
- Offset minimo 2,5 – 4 metri




Operazioni di acquisizione prova MASW.

Prova microtremori HVSR

La misura HVSR è stata acquisita con le seguenti caratteristiche:

n°	Strumentazione Sismica per misure HVSR
1	Dispositivo di registrazione Dymas SOLGEO
1	Dispositivo si acquisizione sismometro triassiale VELOGET SEISMOMETER



Figura 2.3 : Operazioni di acquisizione datI HVSR.

ESECUZIONE DEI RILIEVI

Misura HVSR - Horizontal to Vertical Spectral Ratios

La tecnica HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratios) è basata sulla misura dei rapporti medi fra le ampiezze spettrali delle componenti orizzontali e verticale del rumore sismico ambientale. Le frequenze di risonanza corrispondono ai massimi della funzione che rappresenta rapporti spettrali medi in funzione della frequenza (funzione H/V). L'ampiezza di questi massimi è proporzionale (anche se non linearmente) all'entità del contrasto di impedenza sismica esistente alla base della copertura. L'idea di base è quella secondo cui il rapporto H/V consente, in media, di eliminare il ruolo delle variazioni di intensità delle sorgenti nel corso della registrazione mettendo in evidenza il ruolo della struttura. Sperimentalmente è stato evidenziato che la funzione e la posizione dei valori massimi registrati risultano stabili nel tempo e correlabili con le velocità del sottosuolo al di sotto del punto di misura. Se si hanno delle transizioni tra sedimenti soffici e basamento rigido, la funzione H/V mostra dei massimi in corrispondenza della frequenza di risonanza fr relativa a quel particolare assetto strutturale. Si rileva che tanto maggiore sarà il contrasto di impedenza sismica, tanto maggiore è l'entità del massimo registrato.

Inoltre, considerando un intervallo di tempo piuttosto lungo, le proprietà medie di un campo d'onde sismiche generato da una molteplicità di sorgenti differenti, distribuite casualmente attorno a un punto di misura, permette di avere un campo le cui proprietà sono indicative solo del mezzo

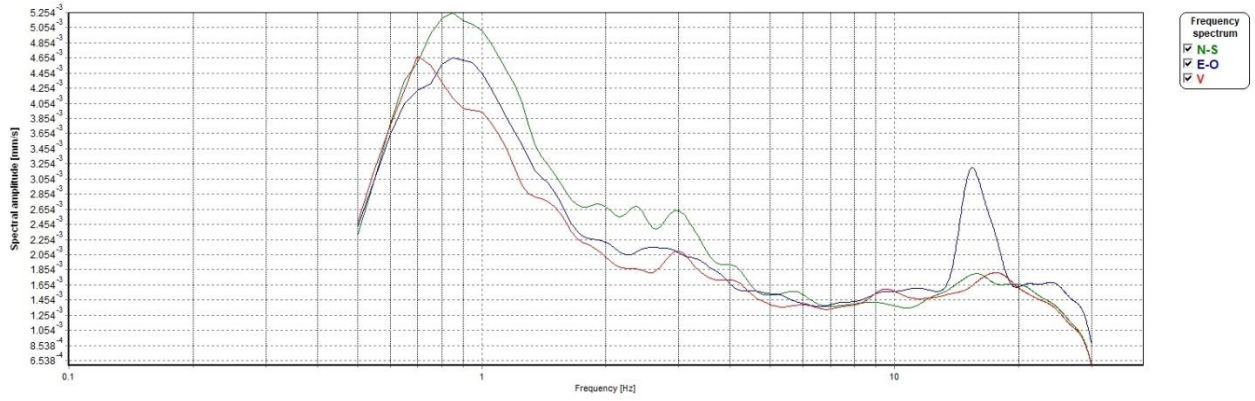
attraversato dalle onde. In particolare, si ha che in media, le componenti orizzontali e verticali del moto del suolo, tendano a essere sollecitate in modo equivalente, con un'ampiezza media pari al livello medio del rumore in quell'intervallo temporale. In questa ipotesi, i rapporti fra le ampiezze verticali e orizzontali del moto (H/V) saranno statisticamente indipendenti dalle caratteristiche delle sorgenti (dato che le ampiezze delle sollecitazioni sul piano orizzontale e verticale sono mediamente le stesse) e saranno condizionate dalle sole caratteristiche del mezzo interessato dal moto sismico. Queste ultime influenzeranno l'ampiezza relativa delle diverse fasi sismiche (onde P, S, Rayleigh e Love) e le direzioni di emergenza delle onde al punto di misura. Si può dimostrare che la frequenza di risonanza v_0 di una copertura sedimentaria di spessore H sovrapposta a un basamento rigido e in condizioni di stratificazione piana è data dal rapporto fra la velocità media delle onde S nel sedimento (Vs) e 4 volte lo spessore H (v_0 = Vs/4H). Utilizzando questa relazione è possibile risalire dalla frequenza di risonanza misurata allo spessore della copertura una volta nota la velocità delle onde di taglio o, viceversa a questa ultima se lo spessore H è noto. L'assenza di massimi della funzione H/V suggerisce l'assenza di fenomeni di amplificazione sismica dovuti a fenomeni di risonanza.

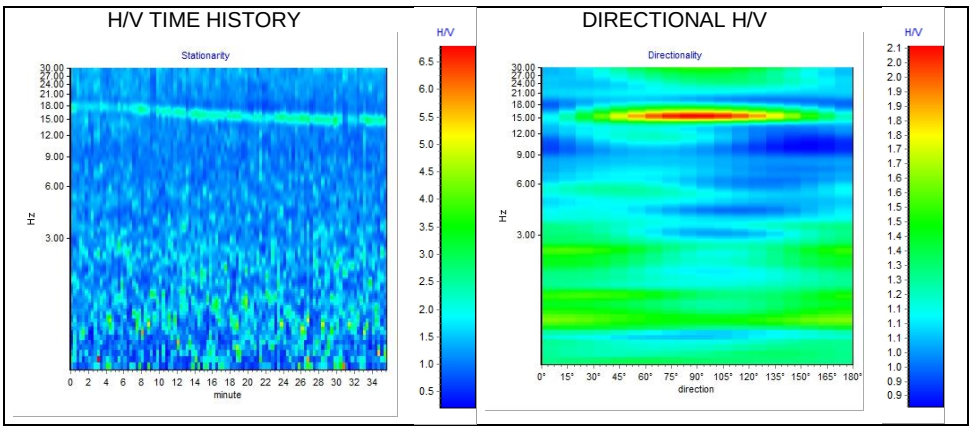
La misura è effettuata utilizzando un sistema di acquisizione tri-direzionale caratterizzato da sufficiente sensibilità. I risultati di ogni analisi presentati in questo lavoro sono stati ottenuti con il software NAKAS, che permette di determinare i rapporti medi fra le componenti spettrali del rumore misurate sul piano orizzontale e verticale. L'elaborazione che si esegue generalmente sul dato si può riassumere in:

- Ciascuna delle tracce è suddivisa in segmenti o finestre di 10 secondi.
- In ogni finestra e per ciascuna delle tracce viene eseguita:
    - un'analisi preliminare: eliminazione di trend lineari (detrend) e tapering delle estremità.
    - la trasformata di Fourier (FFT)
    - il lisciamento degli spettri con finestra triangolare ampia una frazione della frequenza centrale.
- Le ampiezze spettrali delle componenti orizzontali vengono mediate in modo geometrico, e vengono calcolati i rapporti HVSR (f), in ciascuna finestra temporale.
- Si calcolano i rapporti HVSR medi ed il relativo intervallo di confidenza al 95%. Alla frequenza di risonanza viene associata una stima dell'incertezza sperimentale.

Per verificare se le misure sono state effettuate in condizioni ottimali per i fini geognostici (campo d'onde diffuso), oltre alla stima della curva H/V, risulta quindi utile valutare l'eventuale presenza di fenomeni direzionali (eterogeneità del campo di rumore) e la stabilità nel tempo della funzione H/V durante la misura (stazionarietà). In presenza di un campo di rumore diffuso il valore della funzione H/V non deve cambiare nel tempo o al variare della direzione. Al contrario, la presenza di sorgenti

dominanti o il cattivo posizionamento dello strumento (basculamento) si manifesta come una variazione direzionale e/o temporale dei rapporti H/V. La stazionarietà nel tempo, invece, può essere valutata rappresentando in funzione del tempo le funzioni H/V ottenute nelle diverse finestre temporali considerate. Ai fini dell'affidabilità e della chiarezza del massimo della funzione H/V, infine è stata effettuata una analisi secondo i criteri determinati nell'ambito del progetto europeo SESAME per l'eliminazione di massimi spuri della funzione H/V, la cui presenza è frutto delle caratteristiche del campo d'onde sismiche e non della struttura locale del sottosuolo.





Esempio di risultati delle analisi di rumore sismico relative a na corretta misura H/V. In alto sono riportati i valori del rapporto spettrale H/V in funzione della frequenza dove sono indicati i valori delle frequenze corrispondenti ai massimi della funzione H/V. In basso a sinistra è riportato il grafico che ci permette di valutare la stabilità nel tempo della curva H/V. In basso a destra è riportato il grafico che serve a valutare la direzionalità del segnale registrato.

Sperimentalmente, l'analisi di qualità della misura può essere effettuata confrontando le ampiezze spettrali medie del rumore misurato lungo le due componenti orizzontali, oppure calcolare diversi valori della funzione H/V di volta in volta proiettando lungo direzioni differenti le ampiezze spettrali ottenute sul piano orizzontale (Figura 5.2). La stazionarietà nel tempo, invece, può essere valutata rappresentando in funzione del tempo le funzioni H/V ottenute nelle diverse finestre temporali considerate.

Ai fini dell'affidabilità e della chiarezza del massimo della funzione H/V, infine è stata effettuata una analisi secondo i criteri determinati nell'ambito del progetto europeo SESAME per l'eliminazione di massimi spuri della funzione H/V, la cui presenza è frutto delle caratteristiche del campo d'onde sismiche e non della struttura locale del sottosuolo. Infine, un buon indicatore della qualità del picco H/V può essere ottenuto dall'esame degli spettri singoli. Infatti, massimi fisicamente significativi sono generalmente associati a valori di ampiezza spettrale minima sulla componente verticale.

Onde superficiali MASW

Il metodo di indagine attivo MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) è basato sullo studio spettrale delle onde superficiali presenti in un sismogramma realizzato per mezzo di un'energizzazione sismica artificiale (Nazarian e Stokoe, 1984; Park et al.,1999).
Lo scopo della prova MASW è quello di ricostruire il profilo di rigidezza del sito tramite la misura della velocità di propagazione delle onde di superficie di Rayleigh, con un successivo processo d'inversione, attraverso il quale è fornita una stima indiretta della distribuzione delle onde Vs (velocità di propagazione delle onde di taglio).
La prova consiste nel produrre in un punto sulla superficie del terreno, in corrispondenza del sito da investigare, una sollecitazione dinamica verticale e nel registrare tramite uno stendimento lineare di sensori, le vibrazioni prodotte, sempre in corrispondenza della superficie, a distanze note e prefissate.

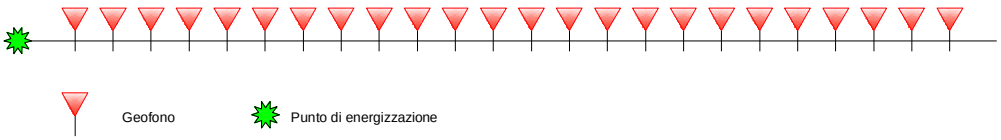


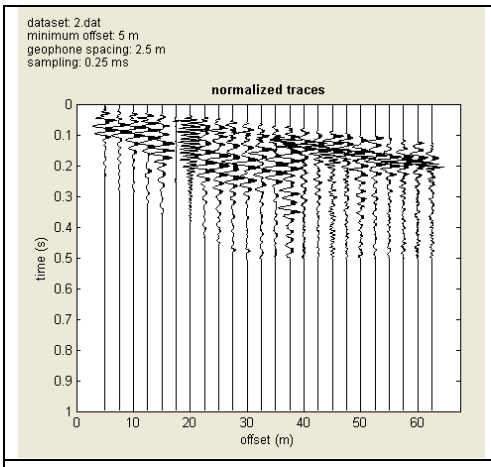
Figura 3.2: rappresentazione schematica di array per acquisizione di MASW.

In riferimento all'indagine geofisica la prova MASW è stata acquisita con le seguenti caratteristiche:

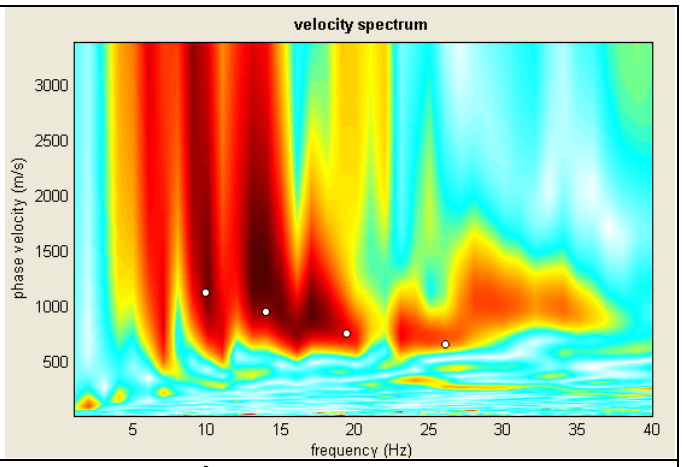
- Numero geofoni: 24;
- Spaziatura dei geofoni: 2,5 metri;
- Frequenza geofoni: 4.5 Hz;
- Tempo di registrazione degli eventi: 2 s;
- Tempo di campionamento: 0.25 x 10^{-3} s;
- offset minimo 2,5 – 5 – 7.5 metri

La metodologia "MASW" consente di eseguire un'analisi dei dati sismici in modo tale da poter ricavare il profilo verticale della velocità delle onde S; inoltre essa permette di definire il parametro Vs30, utile per la classificazione dei terreni nelle categorie di suolo, funzionale alla descrizione dell'azione sismica in sito. Il profilo verticale delle velocità sismiche delle onde S (Vs) è ottenuto

tramite l'inversione (considerando tanto il modo fondamentale che quelli superiori) delle curve di dispersione delle onde di Rayleigh. Una volta ottenuto il sismogramma, si procede a determinare lo spettro di velocità sul quale si identifica la curva di dispersione.



Sismogramma.

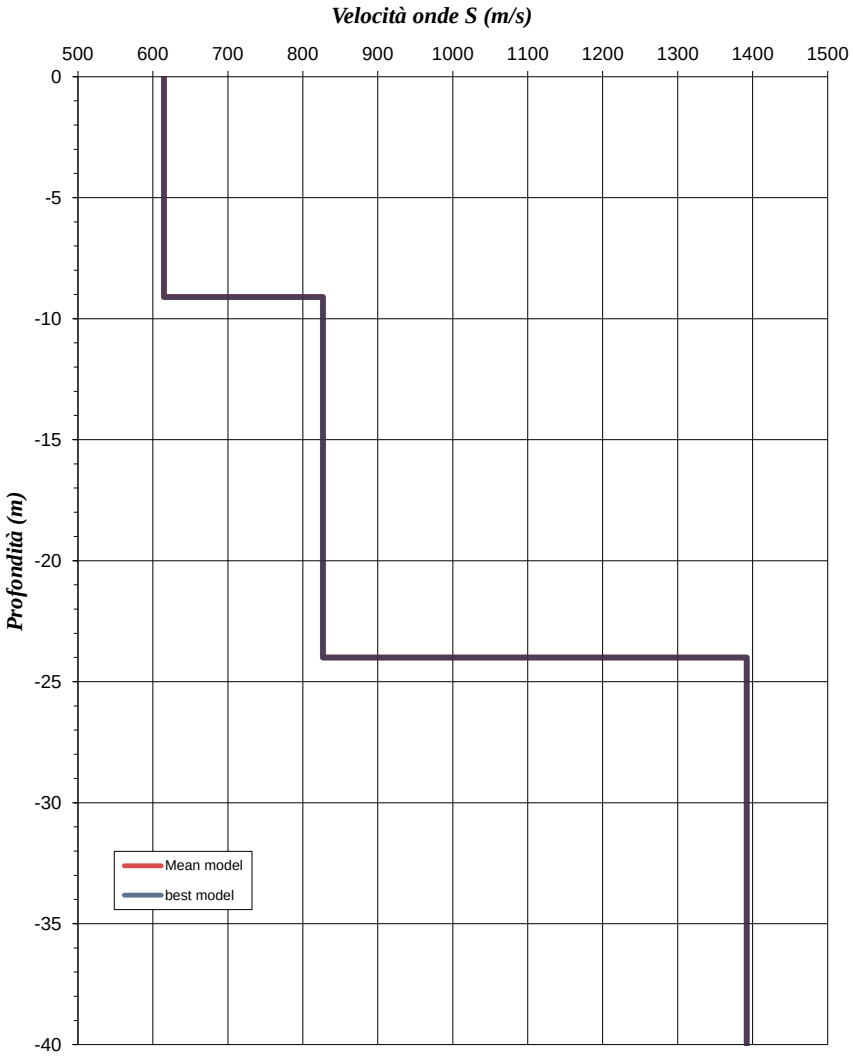


Spettro di velocità e picking.

Il profilo verticale di Vs si ottiene con l'inversione della curva di dispersione precedentemente "piccata" (cerchietti neri fig. 5.5). Tale inversione è eseguita tramite l'utilizzo di algoritmi genetici che consentono di ottenere soluzioni affidabili ed una stima dell'attendibilità del modello ricavato in termini di deviazione standard.

L'operazione di inversione è ottimizzata definendo uno spazio di ricerca i cui confini sono definiti da valori di Vs e spessori all'interno dei quali si cerca la soluzione. Tali assunzioni sono fatte sulla base delle conoscenze geologiche del sito e delle informazioni derivate dalla sismica a rifrazione.

Una volta fissati i limiti minimi e massimi dello spazio di ricerca, sono quindi impostati i parametri genetici che definiscono sia il numero di individui (ossia il numero di modelli che costituiscono la popolazione che si evolverà verso soluzioni sempre migliori) sia il numero di generazioni al passare delle quali sono esplorati modelli sempre migliori.



modello interpretativo

RISULTANZE OTTENUTE

Rilievo con metodologia MASW

L'interpretazione delle prove MASW, relativamente alle onde S, ha reso evidente le seguenti successioni:

PROVA MASW					
Best model			**Mean model**		
Profondità da P.C (m)		**Velocità Onde S (m/s)**	**Profondità da P.C (m)**		**Velocità Onde S (m/s)**
0	9.1	615	0	9.1	615
9.1	24	827	9.1	24	827
24	40	1392	24	40	1392
Vseq = 615 m/s			Vseq = 615 m/s		

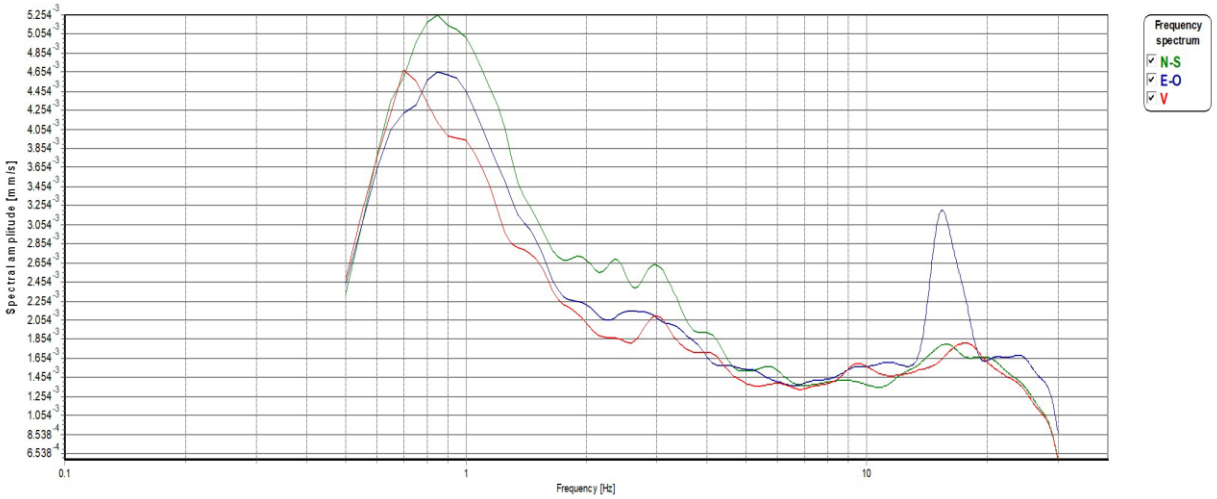
La prova MASW realizzata evidenzia che l'area in esame può essere collocata, secondo la normativa italiana, in classe **B.**

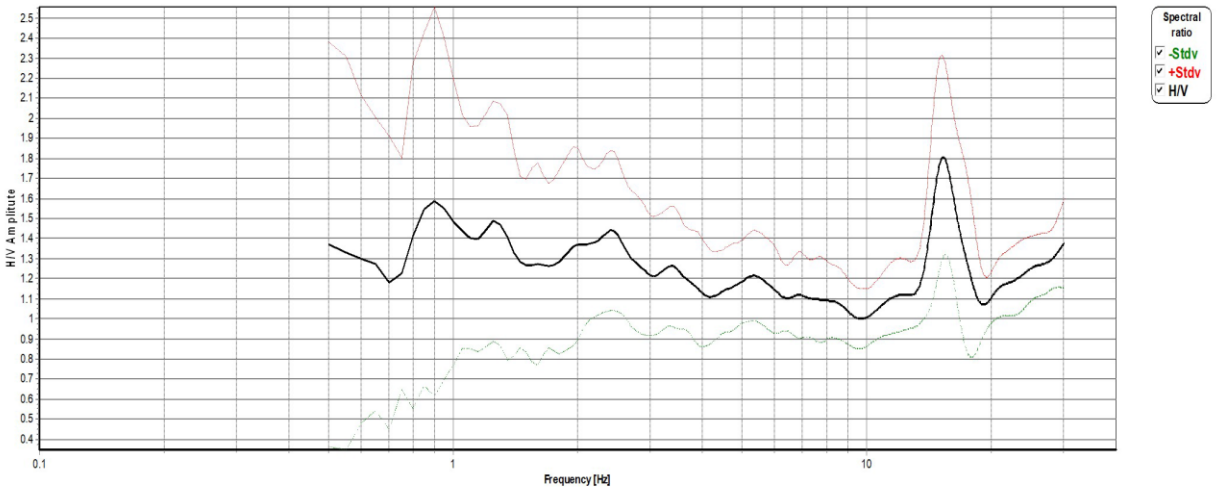
In definitiva, la prova realizzata evidenzia che l'area in esame può essere collocata, secondo la normativa italiana, in classe **B** – *Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.*

Misura HVSR - Horizontal to Vertical Spectral Ratios

La misura HVSR ha permesso di definire la curva H/V caratteristica di sito e di definire la frequenza di risonanza dei terreni.

Analysis parameters			
Sample frequency [Hz]:	**250.00**	Start recordings:	**05/03/2025 09:00:00**
Automatic spike removal:	**No**	Stop recordings:	**05/03/2025 09:54:00**
LTA [s]:	**5.0**	High pass frequency [Hz]:	**0.50**
STA [s]:	**0.5**	Low pass frequency [Hz]:	**30.00**
Ratio:	**1.9**	Nw number of windows:	**107**
Lw Windows [s]:	**20**	Recording length [s]:	**3240**
Overlap Windows s]:	**0.0**	Discarded windows:	**56**
Konno-Ohmachi parameter:	**40**		

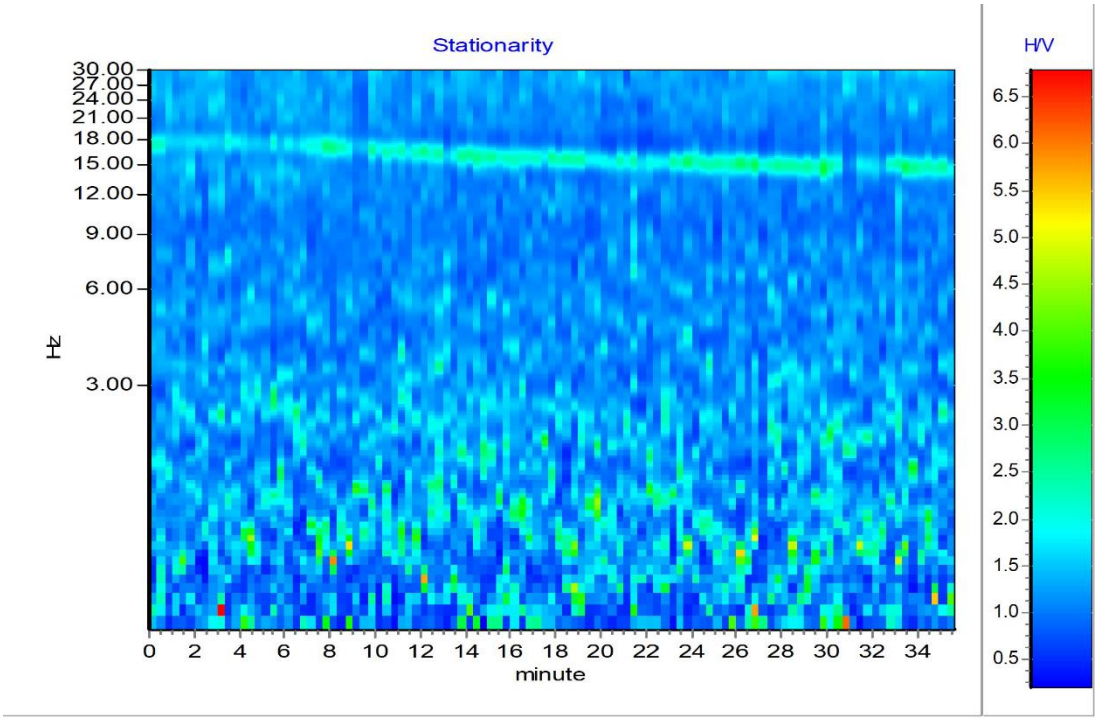


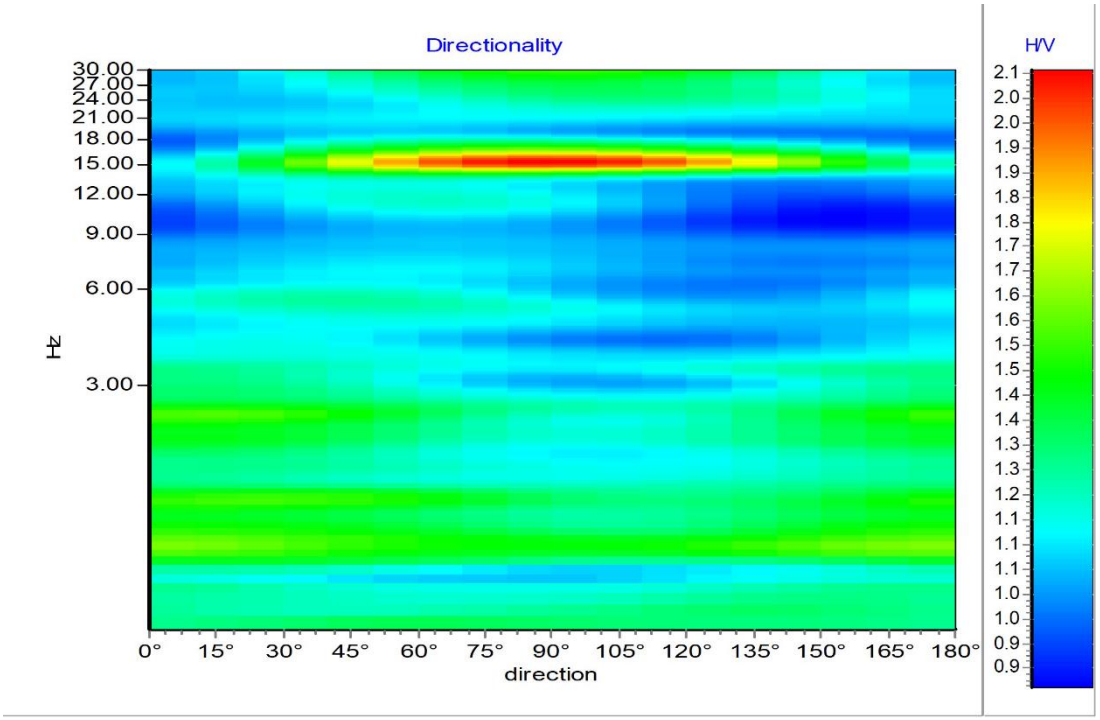


Criteria for a reliable H/V curve		
fø > 10/Lw	**0.9 >= 0.50**	**Yes**
Nc(fø) > 200	**2314.00 >= 200.00**	**Yes**
sA(f)<2 for 0.5fø<f<2fø	**exceeded 0 out of 33**	**Yes**
Criteria for a clear H/V peak		
Exists f in [fø/4,fø] where A(f) < Aø/2	**Not exist**	**No**
Exists f in [fø,4fø] where A(f) < Aø/2	**Not exist**	**No**
Aø > 2	**1.60 < 2.00**	**No**
Criteria for a stable H/V peak		
Fpeak[A(f)± sA(f)] = fø ± %	**1333.40% > 5.00%**	**No**
sf < e(fø)	**0.5428 > 0.1081**	**No**
sA(fø) < ?(fø)	**0.5528 < 1.7800**	**Yes**

Lw	window length
Nw	number of windows used in the analysis
f	current frequency
fø	H/V peak frequency
sf	standard deviation of H/V peak frequency
Nc = fø x Lw x Nw	number of significant cycles
AH/V(f)	H/V curve amplitude at frequency f
Aø	H/V peak amplitude at frequency fø
sA(f)	standard deviation of AH/V(f)
sA(fø)	standard deviation of AH/V(f) at fø frequency
e(fø)	threshold value for the stability condition sf < e(fø)
?(fø)	threshold value for the stability condition sA(fø) <
?(fø) Fpeak[A(f)± sA(f)] = fø ± %	maximum deviation from the fø peak, expressed as a
percentage	

Threshold values for sf and sA(fø)					
fø frequency range [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
e(fø) [Hz]	0.25fø	0.2fø	0.15fø	0.1fø	0.05fø
?(fø) for sA(fø)	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58





8. FATTIBILITA'

Secondo quanto indicato dalla normativa vigente, abbiamo ritenuto opportuno distinguere la fattibilità degli interventi in funzione delle situazioni di pericolosità riscontrate per i diversi fattori geologico/geomorfologici, idraulici e sismici (figg. 13, 14 e 15), sia ai fini di una più agevole e precisa definizione delle condizioni di attuazione delle previsioni, sia ai fini della corretta individuazione delle indagini geognostiche e sismiche di approfondimento da effettuare a livello edilizio e delle opere eventualmente da realizzare per la mitigazione del rischio. Per la definizione della fattibilità degli interventi edilizi previsti dal PA abbiamo verificato, per tutte e tre le problematiche geologiche, idrauliche e sismiche che possono portare a specifici condizionamenti e/o limitazioni secondo la categoria più alta delle quattro possibili, sia le cartografie del PS comunale che quelle del PSI adottato.
Il seguente schema riassuntivo mette in relazione le categorie di pericolosità individuate con la tipologia degli interventi prevista dal presente

PA Poggio al Vento	**Per. Geologica**				**Per. Idraulica**				**Per. Sismica**			
	G1	G2	G3	G4	I1	I2	I3	I4	S1	S2	S3	S4
Intervento piscina		*F2*			*F1*					*F2*		
Intervento terrazza		*F2*			*F1*					*F2*		

Le due categorie di fattibilità individuate sono:

- ✓ FATTIBILITÀ SENZA PARTICOLARI LIMITAZIONI (F1): si riferisce alle previsioni urbanistiche ed infrastrutturali per le quali non sono necessarie prescrizioni specifiche ai fini della valida formazione del titolo abilitativo all'attività edilizia.

- ✓ FATTIBILITÀ CON NORMALI VINCOLI (F2): si riferisce alle prescrizioni urbanistiche ed infrastrutturali per le quali è necessario indicare la tipologia di indagini e/o specifiche prescrizioni ai fini della valida formazione del titolo abilitativo all'attività edilizia.

Di seguito riassumiamo per ogni intervento previsto dal PA, in base alle condizioni di fattibilità individuate per ciascun fattore di pericolosità, le condizioni di attuazione del Piano:

Intervento Piscina:

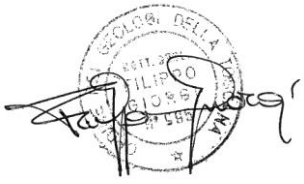
1) Fattibilità geologica F2 in relazione agli aspetti geologici/geomorfologici: la fase esecutiva dell'intervento deve essere supportata da normale indagine geognostica finalizzata a definire eventuali specifiche prescrizioni ai fini della valida formazione del titolo abilitativo all'attività edilizia. Tali studi dovranno essere conformi alla normativa vigente (DPGR 01/R/22 E NTC 2018) e finalizzati alla verifica delle caratteristiche litologiche e geotecniche del sedime di fondazione e dello spessore del terreno pedogenizzato superficiale e alterato.
2) Fattibilità idraulica F1 in relazione agli aspetti idraulici: non si riscontra la necessità di indicare specifiche condizioni di fattibilità dovute a limitazioni di carattere idraulico.
3) Fattibilità sismica F2 in relazione agli aspetti sismici: non si ritiene necessario indicare condizioni di fattibilità specifiche per la fase attuativa o per la valida formazione del titolo abilitativo all'attività edilizia.

Intervento terrazza:

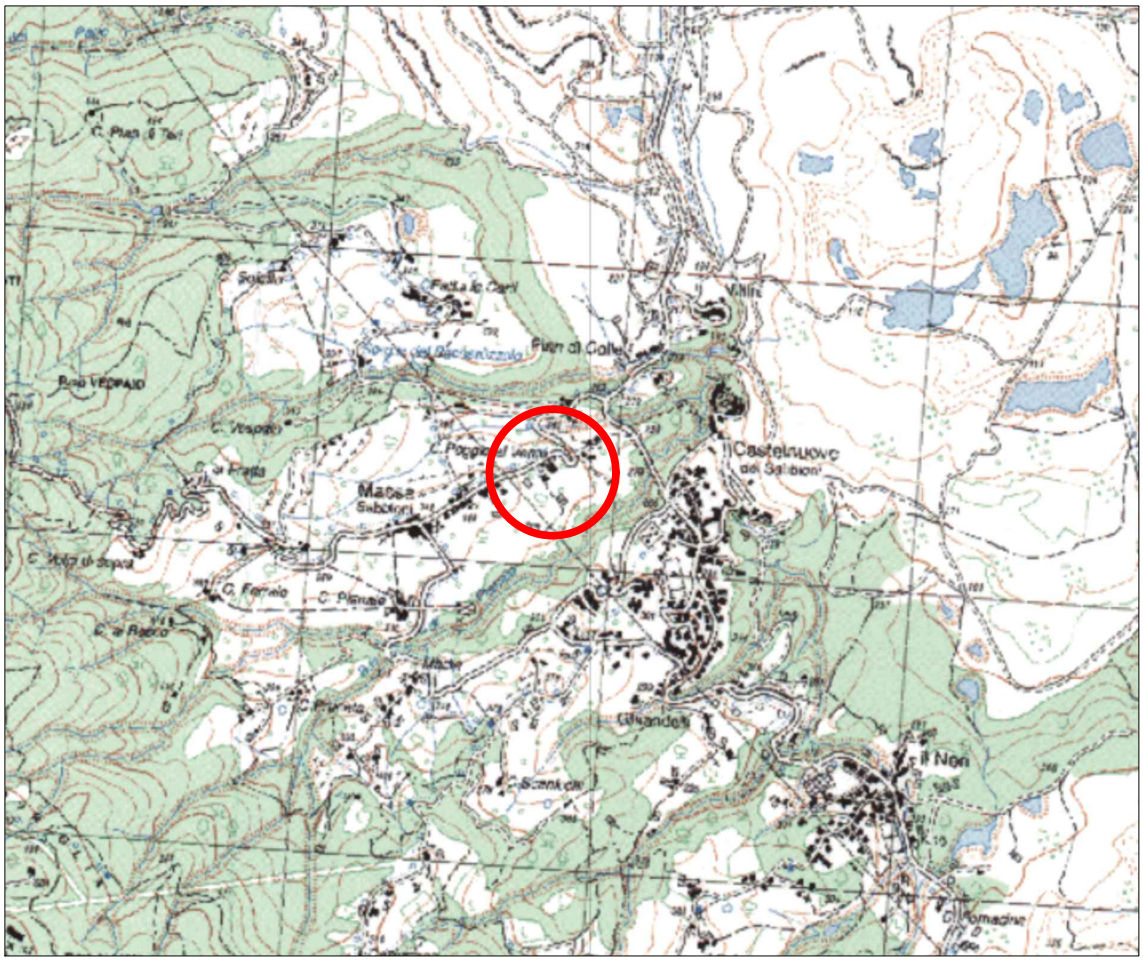
1) Fattibilità geologica F2 in relazione agli aspetti geologici/geomorfologici: la fase esecutiva dell'intervento deve essere supportata da normale indagine geognostica finalizzata a definire eventuali specifiche prescrizioni ai fini della valida formazione del titolo abilitativo all'attività edilizia. Tali studi dovranno essere conformi alla normativa vigente (DPGR 01/R/22 E NTC 2018) e finalizzati alla verifica delle caratteristiche litologiche e geotecniche del sedime di fondazione e dello spessore del terreno pedogenizzato superficiale e alterato.
2) Fattibilità idraulica F1 in relazione agli aspetti idraulici: non si riscontra la necessità di indicare specifiche condizioni di fattibilità dovute a limitazioni di carattere idraulico.
3) Fattibilità sismica F2 in relazione agli aspetti sismici: non si ritiene necessario indicare condizioni di fattibilità specifiche per la fase attuativa o per la valida formazione del titolo abilitativo all'attività edilizia.

Siena, settembre 2026

Dott. Geol. Filippo Giorgi



- Corografia IGM 25k -



Scala 1:25.000

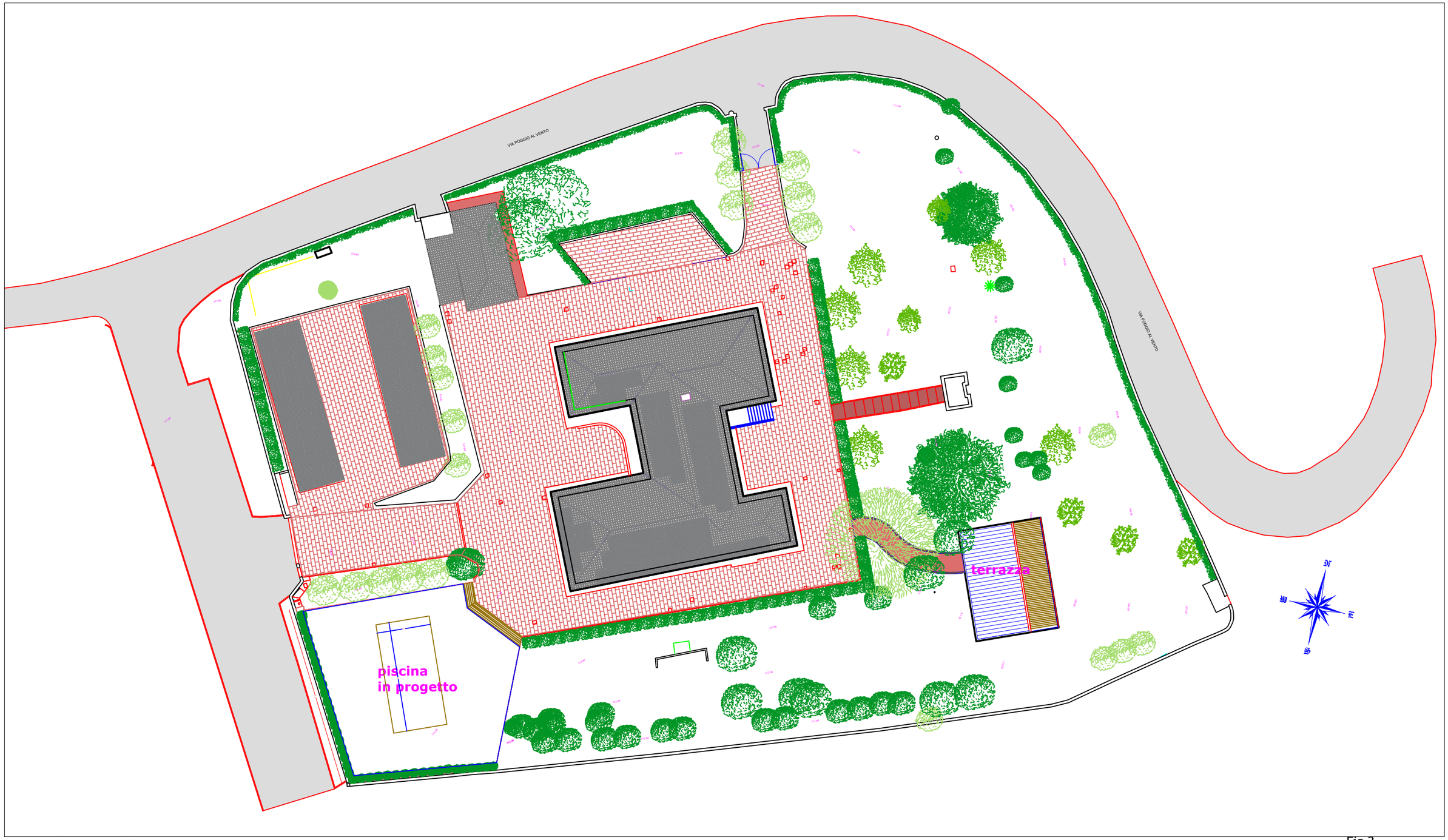
LEGENDA

area in studio

Fig.1

STUDIO DI GEOLOGIA GIORGI FILIPPO
Sede: Strada d'Istieto n. 6 – 53100 SIENA
Tel: +39 0577 378209 - Fax: +39 0577 378209
e-mail: filippo.giorgi@studiogf.eu
www.studiogf.eu
C.F.: GRGFPP70S30I726P – P.IVA: 01327030522

- Sintesi interventi edilizi-

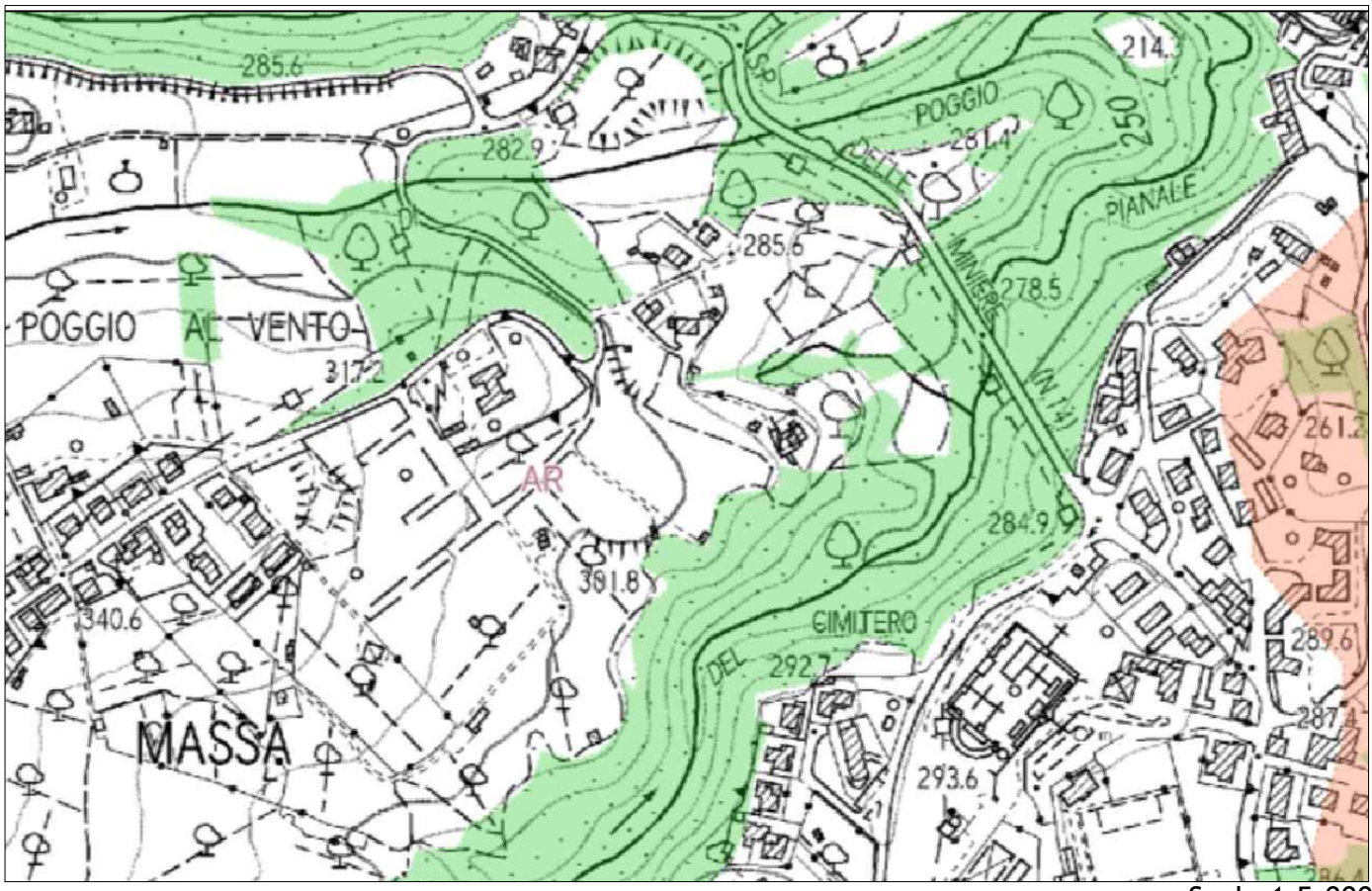


Scala 1:400

Fig.2

STUDIO DI GEOLOGIA GIORGI FILIPPO
Sede: Strada d'Istieto n. 6 – 53100 SIENA
Tel: +39 0577 378209 - Fax:+39 0577 378209
e-mail: filippo.giorgi@studiogf.eu
www.studiogf.eu
C.F.: GRGFPP70S30I726P – P.IVA: 01327030522

- vincolo idrogeologico -



Scala 1:5.000

LEGENDA

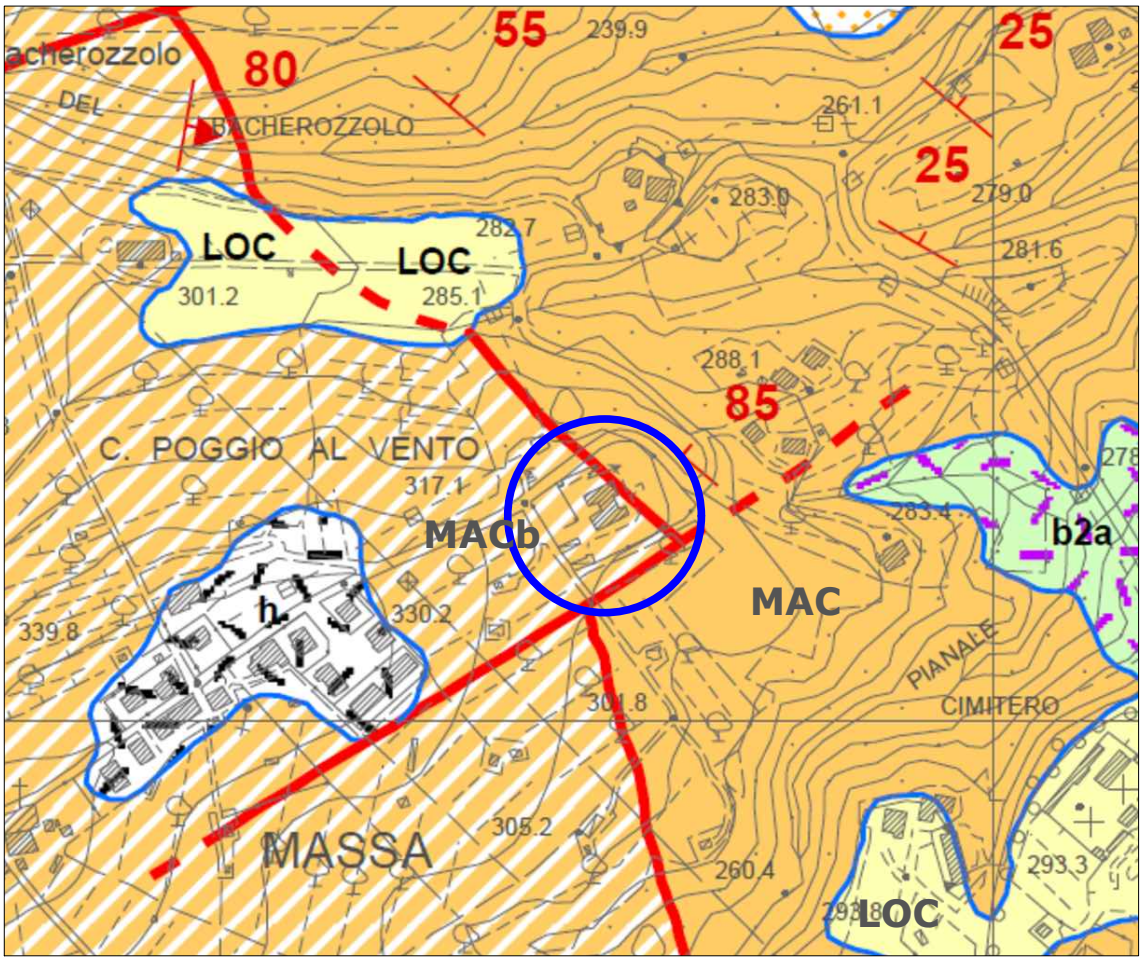
- Vincolo idrogeologico
  - Regio Decreto 3267/1923 (Fonte Amministrazioni Provinc
    - download
    - Regio Decreto 3267/1923 (Fonte Amministrazioni Provinciali)
      - R.D. n.3267/1923
  - Perimetrazione meramente ricognitiva delle aree boscate
    - Aree boscate (Fonte Uso del suolo 2016_RT)
      - Zone boscate; Zone con vegetazione arbustiva e/o erbacea; Strade in aree boscate

area in studio

Fig.3

STUDIO DI GEOLOGIA GIORGI FILIPPO
Sede: Strada d'Istieto n. 6 – 53100 SIENA
Tel: +39 0577 378209 - Fax: +39 0577 378209
e-mail: filippo.giorgi@studiogf.eu
www.studiogf.eu
C.F.: GRGFPP70S30I726P – P.IVA: 01327030522

- *Carta Geologica* -



Scala 1:5.000

Legenda

- Contatto con area non rilevabile
- Faglia certa
- Faglia incerta o sepolta
- Contatto stratigrafico inconforme
- Contatto stratigrafico certo
- Contatto stratigrafico incerto
- Stratificazione diritta
- Stratificazione rovesciata
- stratificazione contorta con valori medi di immersione ed inclinazione
- Stratificazione a polarità sconosciuta
- Stratificazione verticale
- Cava attiva
- Cava inattiva
- Miniera inattiva

DEPOSITI OLOCENICI

h2		Discariche di miniere
h		Deposito antropico
a3a		Detrito di falda Olocene
b	(GS)	Depositi alluvionali in evoluzione Olocene
b	(GSL)	Depositi alluvionali in evoluzione Olocene
b2a		Coltre eluvio colluviale Olocene

DEPOSITI DEL PLEISTOCENE-OLOCENE

bn	(GS)	Deposito alluvionale terrazzato Olocene-Pleistocene

DEPOSITI CONTINENTALI RUSCINIANI E VILLAFRANCHIANI

VILc	Argille e argille sabbiose lacustri e fluvio lacustri Ruscioniano - Villafranchiano

SINTEMA DEL VALDARNO SUPERIORE

LAT	SUB-SINTEMA DI MONTE MORELLO-CIUFFENNA Limi di Latereto e Pian di Tegna Pleistocene medio
LOC	SUB-SINTEMA DI MONTE MORELLO-CIUFFENNA Sabbie di La Loccaia Pleistocene medio
SLE	SUB-SINTEMA DI MONTE MORELLO-CIUFFENNA Sabbie di Levane Pleistocene medio
CCQ	SUB-SINTEMA DI MONTEVARCHI Ciottolami e sabbie di C. la Querce Pliocene superiore - Pleistocene inferiore
SBC	SUB-SINTEMA DI MONTEVARCHI Sabbie di Borro Cave Pliocene superiore - Pleistocene inferiore
LSO	SUB-SINTEMA DI MONTEVARCHI Limi e sabbie del T. Oreno Pliocene superiore - Pleistocene inferiore
ASC	SUB-SINTEMA DI MONTEVARCHI Argille del T. Ascione Pliocene superiore
TER	SUB-SINTEMA DI MONTEVARCHI Limi di Terranuova Pliocene superiore
SPA	SUB-SINTEMA DI MONTEVARCHI Sabbie di Palazzetto Pliocene superiore - Pleistocene inferiore
SPAa	SUB-SINTEMA DI MONTEVARCHI Sabbie di Palazzetto - Membro di Ricasoli Pliocene superiore - Pleistocene inferiore
SSD	SUB-SINTEMA DI CASTELNUOVO Sabbie di San Donato Pliocene medio
AME	SUB-SINTEMA DI CASTELNUOVO Argille di Meleto Pliocene medio
CSS	SUB-SINTEMA DI CASTELNUOVO Ciottolami e sabbie di Spedalino Pliocene medio

DOMINIO TOSCANO

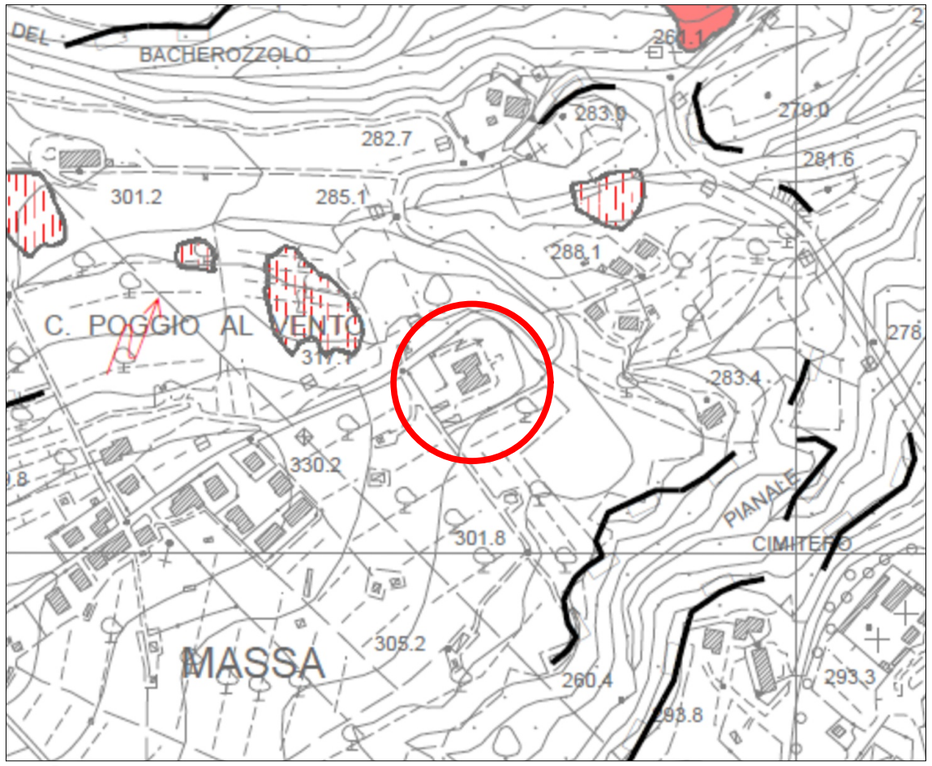
MAC	Macigno Oligocene superiore - Miocene inferiore
MACb	Macigno Arenarie torbiditiche fini e siltiti grigio scure (Arenarie zonate) Oligocene superiore - Miocene inferiore
STO5	Scaglia Toscana Membro delle Marne di Rovaggio Cretacico Inferiore ? - Paleogene
STO4	Scaglia Toscana Membro delle Argilliti e Calcareniti di Dudda Cretacico Inferiore ? - Paleogene
STO4a	Scaglia Toscana Membro delle Argilliti e Calcareniti di Dudda, Marne e marne argillose Cretaceo Inferiore ? - Paleogene
STO4b	Scaglia Toscana Membro delle Argilliti e Calcareniti di Dudda, Argilliti di Cintoia Cretacico Inferiore ? - Paleogene
STO3	Scaglia Toscana Membro delle Calcareniti di Montegrossi Cretacico Inferiore ? - Paleogene
STO2	Scaglia Toscana Membro delle Marne del Sugame Cretacico Inferiore ? - Paleogene
nr	Area non rilevabile/non cartografabile

area in studio

Fig.3

STUDIO DI GEOLOGIA GIORGI FILIPPO
Sede: Strada d'Istieto n. 6 – 53100 SIENA
Tel: +39 0577 378209 - Fax: +39 0577 378209
e-mail: filippo.giorgi@studiogf.eu
www.studiogf.eu
C.F.: GRGFPP70S30I726P – P.IVA: 01327030522

- INDAGINI GEOLOGICO - TECNICO DI SUPPORTO AL PIANO STRUTTURALE E AL REGOLAMENTO URBANISTICO -
estratto carta geomorfologica



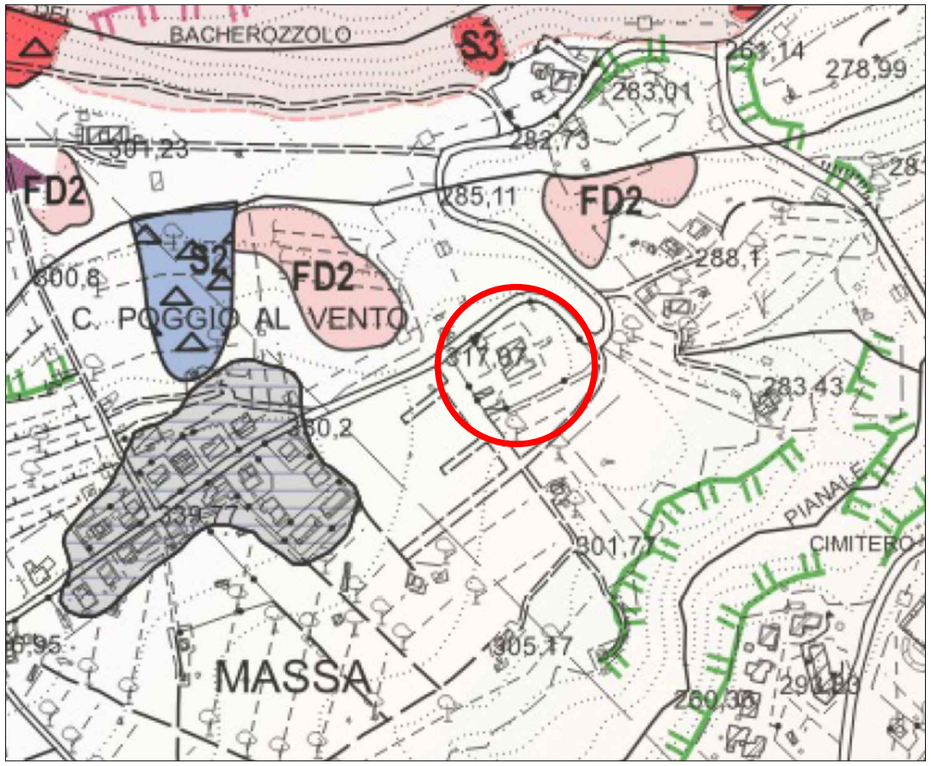
LEGENDA

Scala 1:5.000

- Erosione localizzata attiva
- Frana non cartografabile attiva
- Frana non cartografabile inattiva
- Corona di frana attiva
- Corona di frana inattiva
- Erosione di fondo
- Lineazioni
- Opera di difesa idraulica
- Scarpata attiva
- Scarpata inattiva
- Area in trasformazione
- Cava attiva
- Cava inattiva
- Diga in terra
- Erosione areale diffusa attiva
- Frana di scivolamento attiva
- Frana di scivolamento quiescente
- Franosità diffusa
- Soliflusso
- Riporto antropico

area in studio

- PIANO STRUTTURALE INTERCOMUNALE
INDAGINI GEOLOGICHE -
estratto carta geomorfologica



LEGENDA

Scala 1:5.000

PROCESSI E FORME DI ORIGINE GRAVITATIVA
- S3 - Frana di scivolamento attiva
- S2 - Frana di scivolamento inattiva potenzialmente instabile
- S1 - Frana di scivolamento inattiva stabilizzata
- S1A - Frana di scivolamento inattiva stabilizzata artificialmente
- C3 - Frana di crollo attiva
- C2 - Frana di crollo inattiva potenzialmente instabile
- R3 - Frana di colata rapida attiva
- FD3 - Franosità diffusa e franosità superficiale attiva
- FD2 - Area potenzialmente instabile per deformazioni superficiali
- Soliflusso ed erosione localizzati
- Frana puntuale non cartografabile
- Lineazioni
- Orlo di scarpata mofologica in erosione attiva
- Orlo di scarpata mofologica
- Orlo di scarpata e/o nicchia di distacco di frana in evoluzione
- Orlo di scarpata e/o nicchia di distacco di frana quiescente

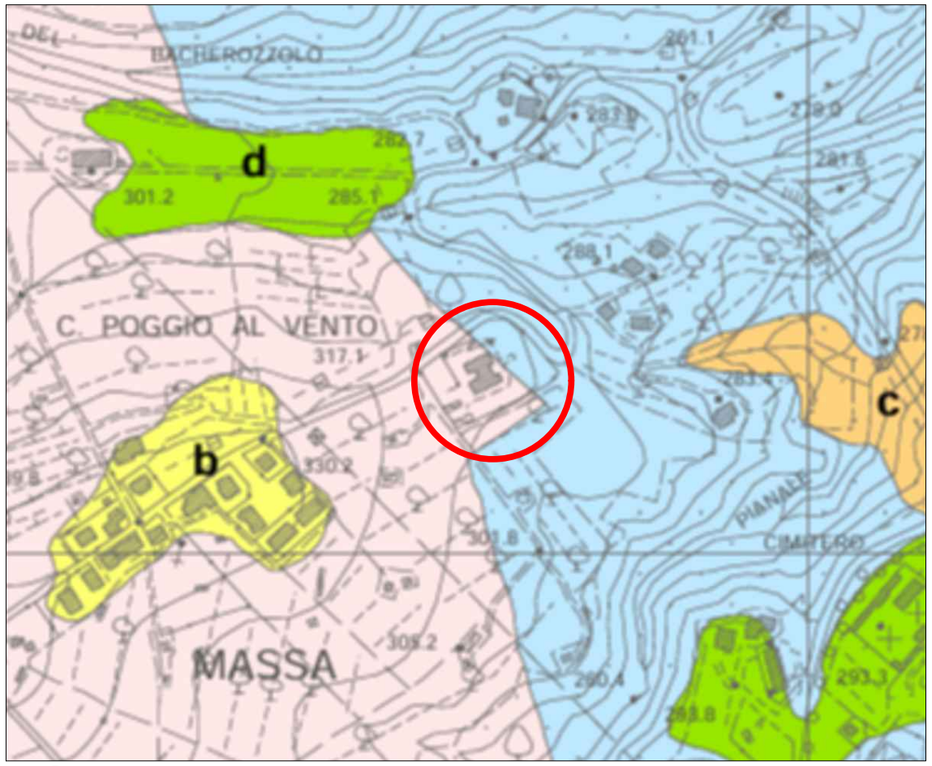
PROCESSI E FORME DI ORIGINE ANTROPICA
- Area in trasformazione
- Argine
- Canale artificiale
- Area di cava inattiva
- Diga
- Diga in terra
- Riporti e rilevati
- Deposito antropico
- Depositi antropici di scarto Discariche minerarie
- DA2 - Deposito antropico inattivo potenzialmente instabile
- Orlo di scarpata antropica
- Opera di difesa idraulica
- Cava inattiva
- Miniera inattiva

area in studio

Fig.5

STUDIO DI GEOLOGIA GIORGI FILIPPO
Sede: Strada d'Istieto n. 6 – 53100 SIENA
Tel: +39 0577 378209 - Fax: +39 0577 378209
e-mail: filippo.giorgi@studiogf.eu
www.studiogf.eu
C.F.: GRGFPP70S30I726P – P.IVA: 01327030522

- INDAGINI GEOLOGICO - TECNICO DI SUPPORTO AL PIANO STRUTTURALE E AL REGOLAMENTO URBANISTICO -
estratto carta idrogeologica

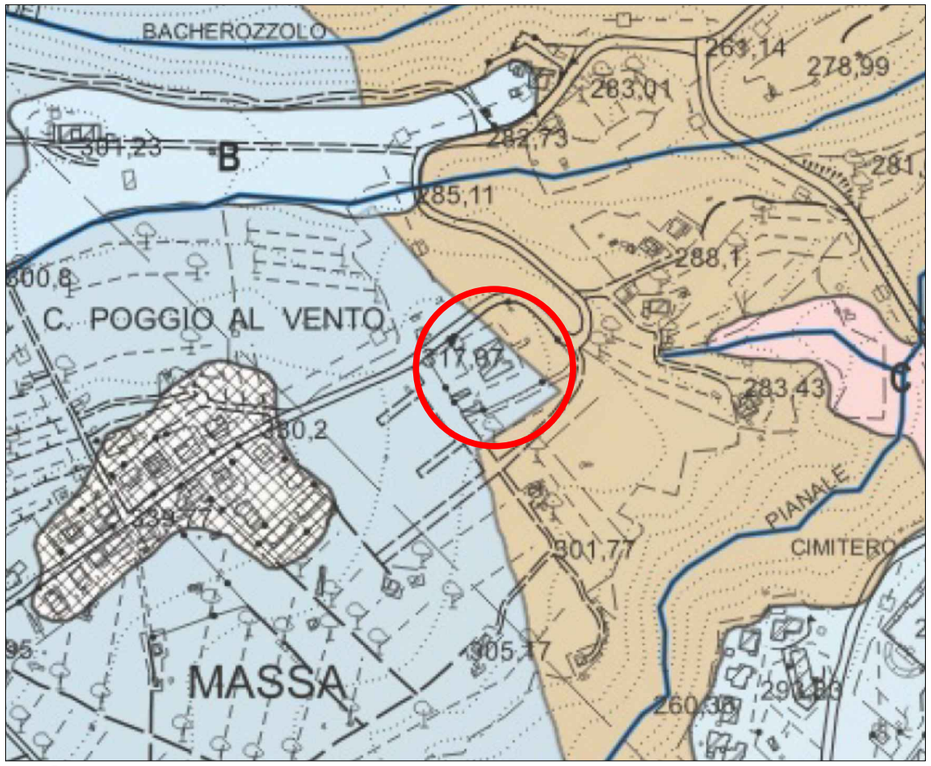


LEGENDA Scala 1:5.000

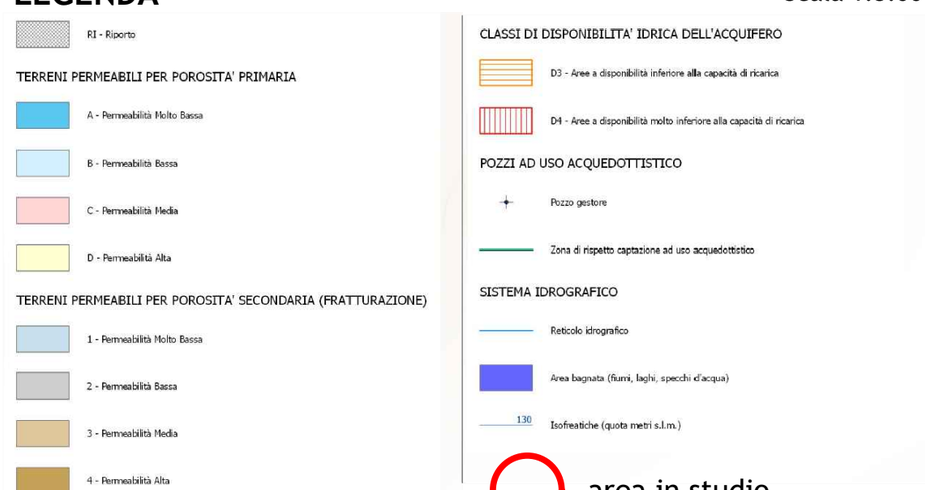


area in studio

- PIANO STRUTTURALE INTERCOMUNALE
INDAGINI GEOLOGICHE -
estratto carta idrogeologica



LEGENDA Scala 1:5.000

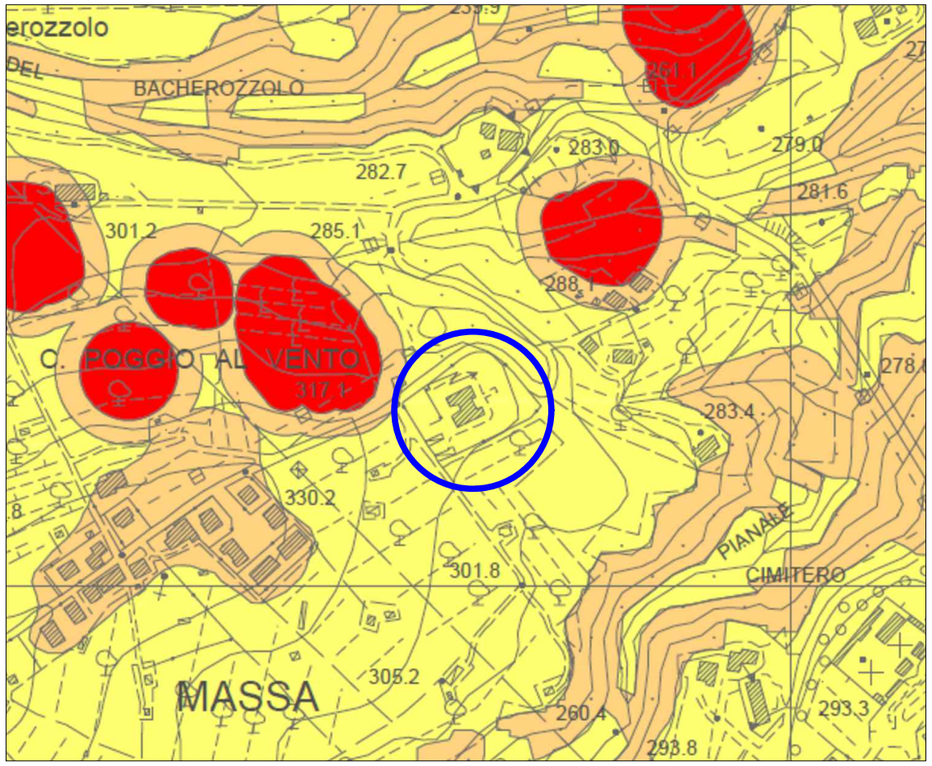


area in studio

Fig.6

STUDIO DI GEOLOGIA GIORGI FILIPPO
Sede: Strada d'Istieto n. 6 – 53100 SIENA
Tel: +39 0577 378209 - Fax: +39 0577 378209
e-mail: filippo.giorgi@studiogf.eu
www.studiogf.eu
C.F.: GRGFPP70S30I726P – P.IVA: 01327030522

- INDAGINI GEOLOGICO - TECNICO DI SUPPORTO AL PIANO STRUTTURALE E AL REGOLAMENTO URBANISTICO -
estratto carta pericolosità geologica

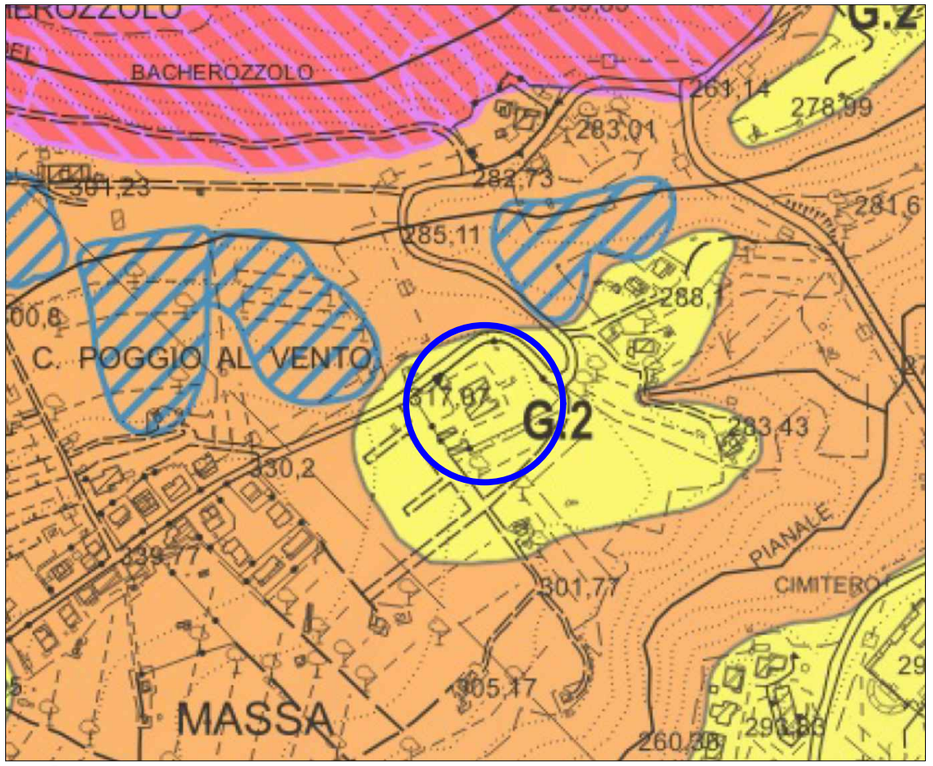


LEGENDA Scala 1:5.000

- G.1 - Pericolosità geologica bassa
- G.2 - Pericolosità geologica media
- G.3 - Pericolosità geologica elevata
- G.4 - Pericolosità geologica molto elevata

area in studio

- PIANO STRUTTURALE INTERCOMUNALE
INDAGINI GEOLOGICHE -
estratto carta pericolosità geologica



LEGENDA Scala 1:5.000

AREE A PERICOLOSITA' GEOLOGICA
- Pericolosità geologica bassa - G.1
- Pericolosità geologica media - G.2
- Pericolosità geologica elevata - G.3
- Pericolosità geologica molto elevata - G.4

AREE A PERICOLOSITA' DEFINITE DALL'AUTORITA' DI BACINO PROGETTO DI 'PAI DISSESTI GEOMORFOLOGICI'
- Pericolosità elevata - P3a
- Pericolosità molto elevata - P4

area in studio

Fig.7

STUDIO DI GEOLOGIA GIORGI FILIPPO
Sede: Strada d'Istieto n. 6 – 53100 SIENA
Tel: +39 0577 378209 - Fax: +39 0577 378209
e-mail: filippo.giorgi@studiogf.eu
www.studiogf.eu
C.F.: GRGFPP70S30I726P – P.IVA: 01327030522

- Carta della pericolosità geologica -



LEGENDA Scala 1:5.000

Mappa pericolosità ARNO

UoM Arno

Pericolosità Arno

- P2a - pericolosità moderata tipo a
- P3a - pericolosità elevata tipo a
- P3b - pericolosità elevata tipo b
- P4 - pericolosità molto elevata

area in studio

Fig.8

STUDIO DI GEOLOGIA GIORGI FILIPPO
Sede: Strada d'Istieto n. 6 – 53100 SIENA
Tel: +39 0577 378209 - Fax: +39 0577 378209
e-mail: filippo.giorgi@studiogf.eu
www.studiogf.eu
C.F.: GRGFPP70S30I726P – P.IVA: 01327030522

- Estratto PS comunale Carta della pericolosità per frana del PAI-



LEGENDA Scala 1:5.000

PF.3 - Pericolosità da frana elevata

PF.4 - Pericolosità da frana molto elevata

area in studio

Fig.9

- PGRA - Mappa della Pericolosità da alluvione fluviale e costiera-



LEGENDA Scala 1:5.000

PGRA Pericolosità

Pericolosità Dominio Costiero

- P2
- P3

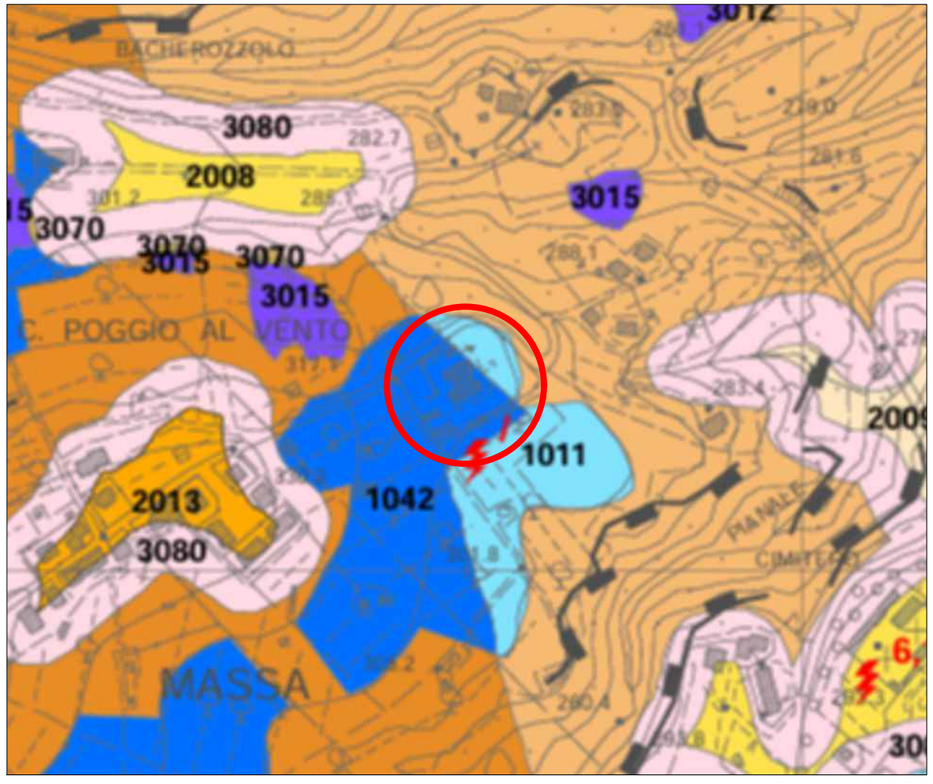
Pericolosità Dominio Fluviale

- P1
- P2
- P3

area in studio

Fig.10

- *Estratto RU carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica (MOPS)* -



Scala 1:5.000

LEGENDA

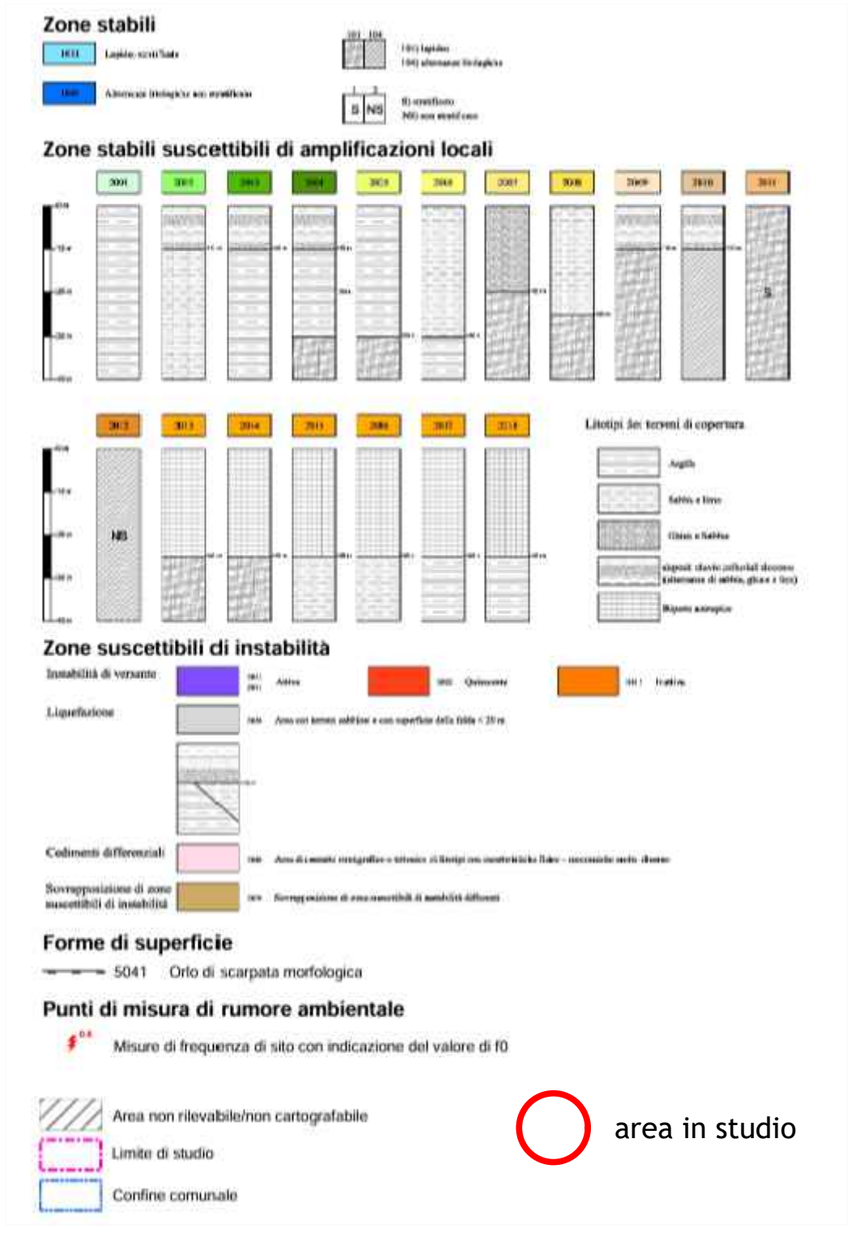
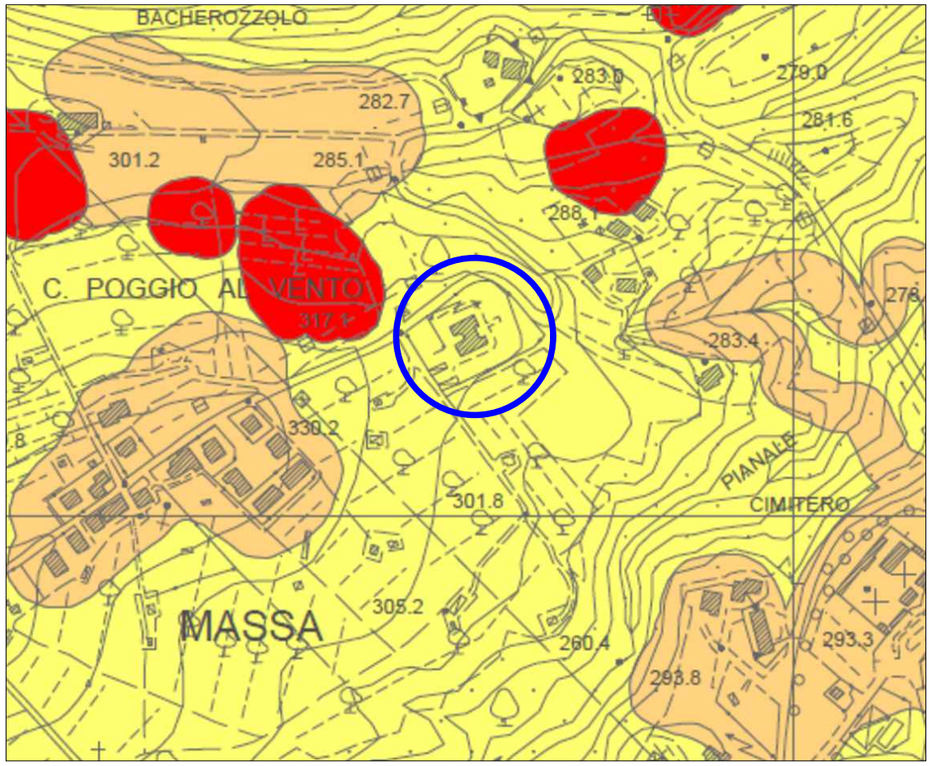


Fig.11

STUDIO DI GEOLOGIA GIORGI FILIPPO
Sede: Strada d'Istieto n. 6 – 53100 SIENA
Tel: +39 0577 378209 - Fax: +39 0577 378209
e-mail: filippo.giorgi@studiogf.eu
www.studiogf.eu
C.F.: GRGFPP70S30I726P – P.IVA: 01327030522

- INDAGINI GEOLOGICO - TECNICO DI SUPPORTO AL PIANO STRUTTURALE E AL REGOLAMENTO URBANISTICO -
estratto carta delle aree a pericolosità sismica locale

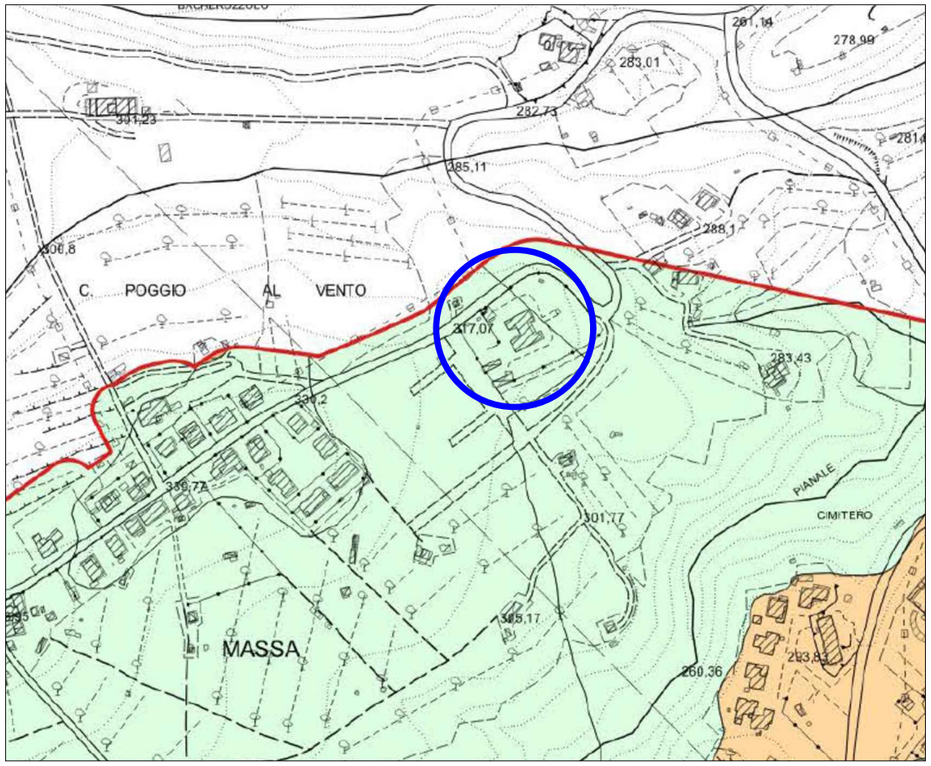


LEGENDA Scala 1:5.000

- Area non cartografabile
- S.1 - Pericolosità sismica locale bassa
- S.2 - Pericolosità sismica locale media
- S.3 - Pericolosità sismica locale elevata
- S.4 - Pericolosità sismica locale molto elevata

area in studio

- PIANO STRUTTURALE INTERCOMUNALE
INDAGINI GEOLOGICHE -
estratto carta pericolosità sismica



LEGENDA Scala 1:5.000

Pericolosità sismica locale molto elevata S4

Aree interessate da instabilità di versante attive e relativa area di evoluzione, tali da subire un'accentuazione del movimento in occasione di eventi sismici.

Pericolosità sismica locale elevata S3

Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali, connesse con un alto contrasto di impedenza sismica atteso entro alcune decine di metri dal piano di campagna; zone stabili suscettibili di amplificazioni locali con fattore di amplificazione (FX) > 1.4.

Aree interessate da instabilità di versante quiescente, relative aree di evoluzione, nonchè aree potenzialmente franose e, come tali, suscettibili di riattivazione del movimento in occasione di eventi sismici.

Pericolosità sismica locale media S2

Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali connessi con contrasti di impedenza sismica attesa oltre alcune decine di metri dal piano campagna e con frequenza fondamentale del terreno indicativamente inferiore a 1hz; zone stabili suscettibili di amplificazioni locali con fattore di amplificazione (Fx) < 1.4 e uguale; zone stabili suscettibili di amplificazione topografica (pendii con inclinazione superiore a 15 gradi); zone stabili suscettibili di amplificazioni locali, non rientranti tra quelli previsti nelle classi di pericolosità sismica S.3.

Pericolosità sismica locale bassa S1

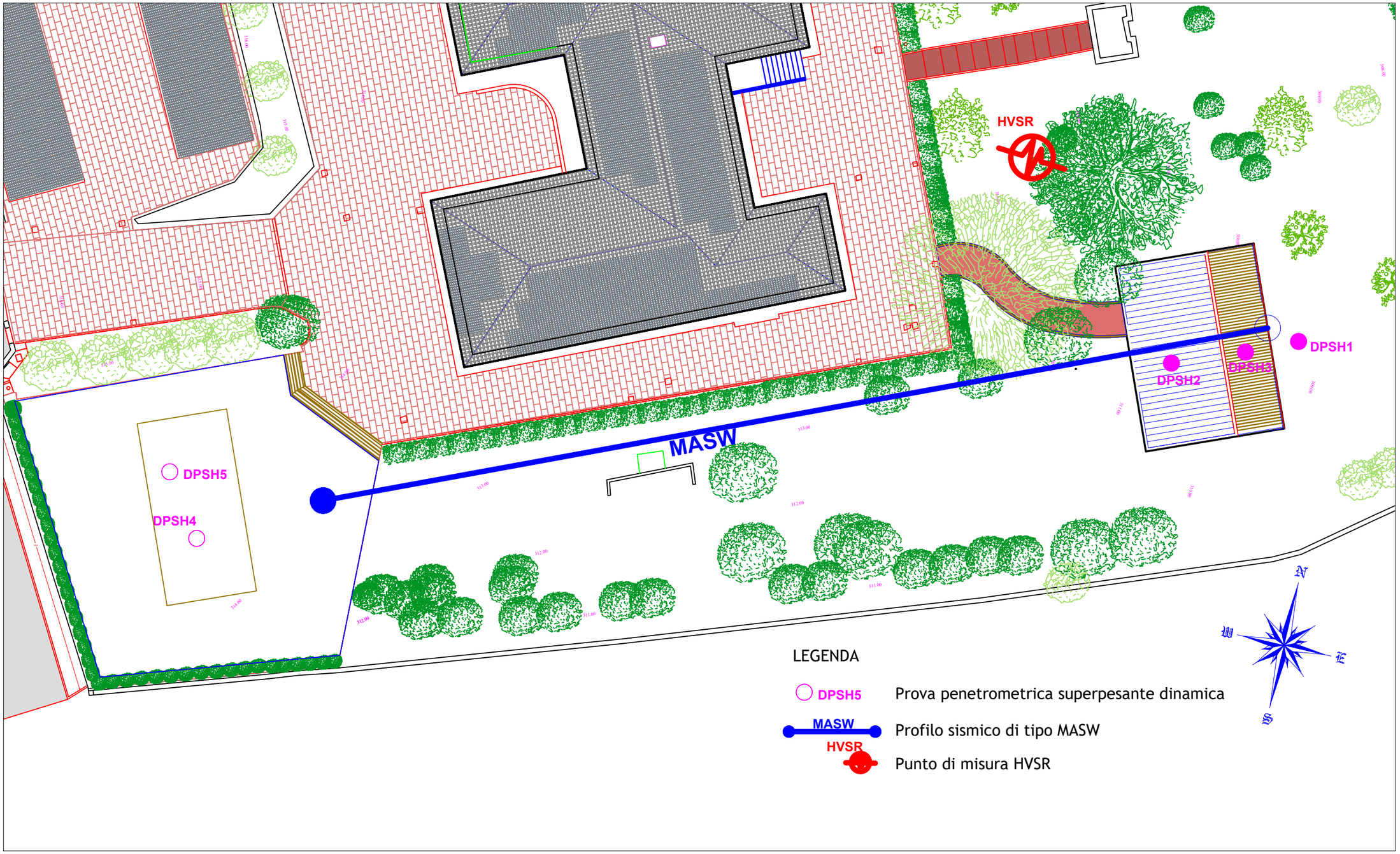
Zone stabili caratterizzate dalla presenza di litotipi assimilabili al substrato rigido in affioramento con morfologia pianeggiante o poco inclinata (pendii con inclinazione inferiore a 15 gradi), dove non si ritengono probabili fenomeni di amplificazione o instabilità indotta dalla sollecitazione sismica.

area in studio

Fig.12

STUDIO DI GEOLOGIA GIORGI FILIPPO
Sede: Strada d'Istieto n. 6 – 53100 SIENA
Tel: +39 0577 378209 - Fax: +39 0577 378209
e-mail: filippo.giorgi@studiogf.eu
www.studiogf.eu
C.F.: GRGFPP70S30I726P – P.IVA: 01327030522

- *planimetria ubicazione indagini geognostiche* -

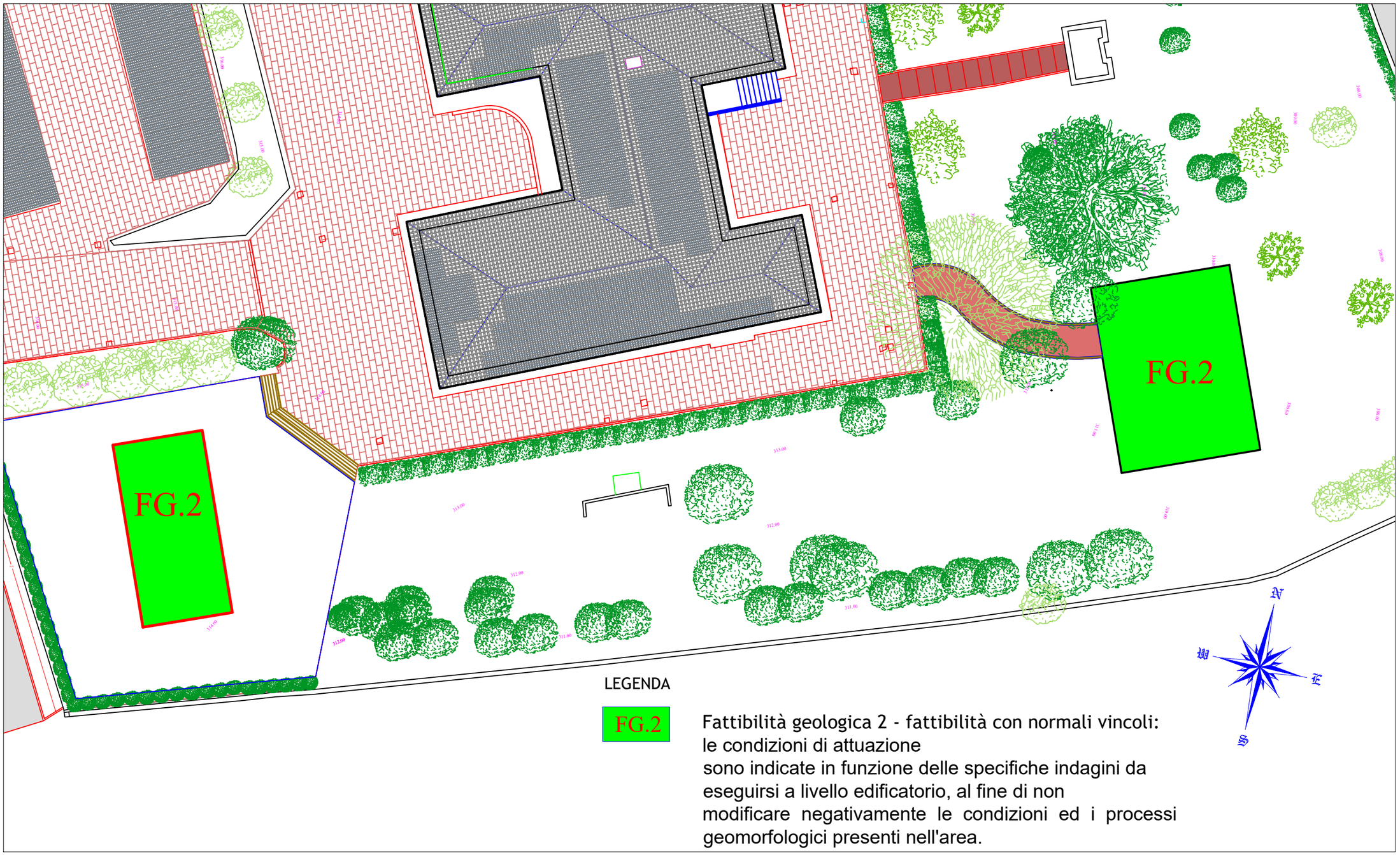


Scala 1:250

Fig.13

STUDIO DI GEOLOGIA GIORGI FILIPPO
Sede: Strada d'Istieto n. 6 – 53100 SIENA
Tel: +39 0577 378209 - Fax:+39 0577 378209
e-mail: filippo.giorgi@studiogf.eu
www.studiogf.eu
C.F.: GRGFPP70S30I726P – P.IVA: 01327030522

- carta della fattibilità geologica -



LEGENDA

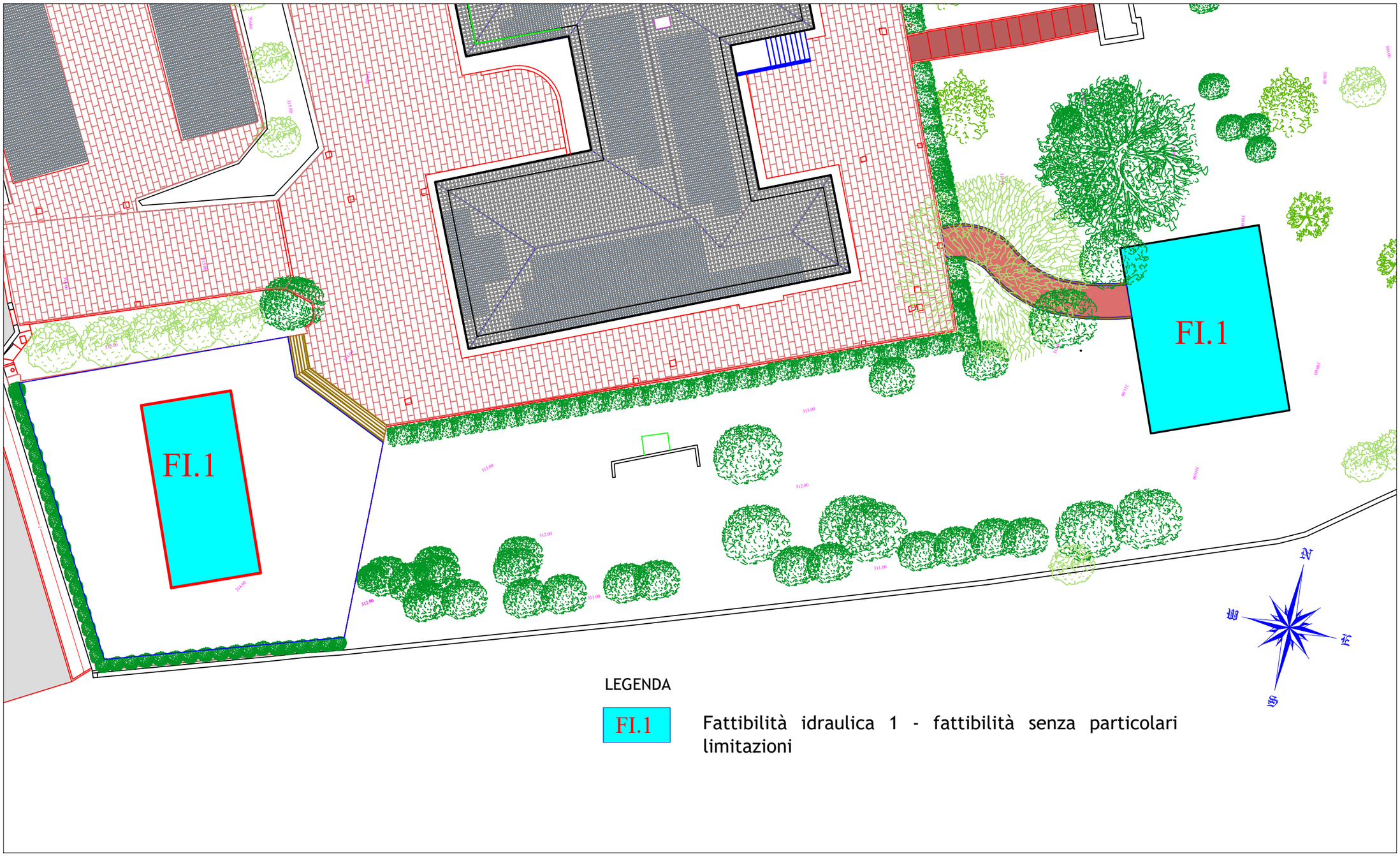
FG.2 Fattibilità geologica 2 - fattibilità con normali vincoli: le condizioni di attuazione sono indicate in funzione delle specifiche indagini da eseguirsi a livello edificatorio, al fine di non modificare negativamente le condizioni ed i processi geomorfologici presenti nell'area.

Scala 1:250

Fig.14

STUDIO DI GEOLOGIA GIORGI FILIPPO
Sede: Strada d'Istieto n. 6 – 53100 SIENA
Tel: +39 0577 378209 - Fax: +39 0577 378209
e-mail: filippo.giorgi@studiogf.eu
www.studiogf.eu
C.F.: GRGFPP70S30I726P – P.IVA: 01327030522

- carta della fattibilità idraulica -



LEGENDA

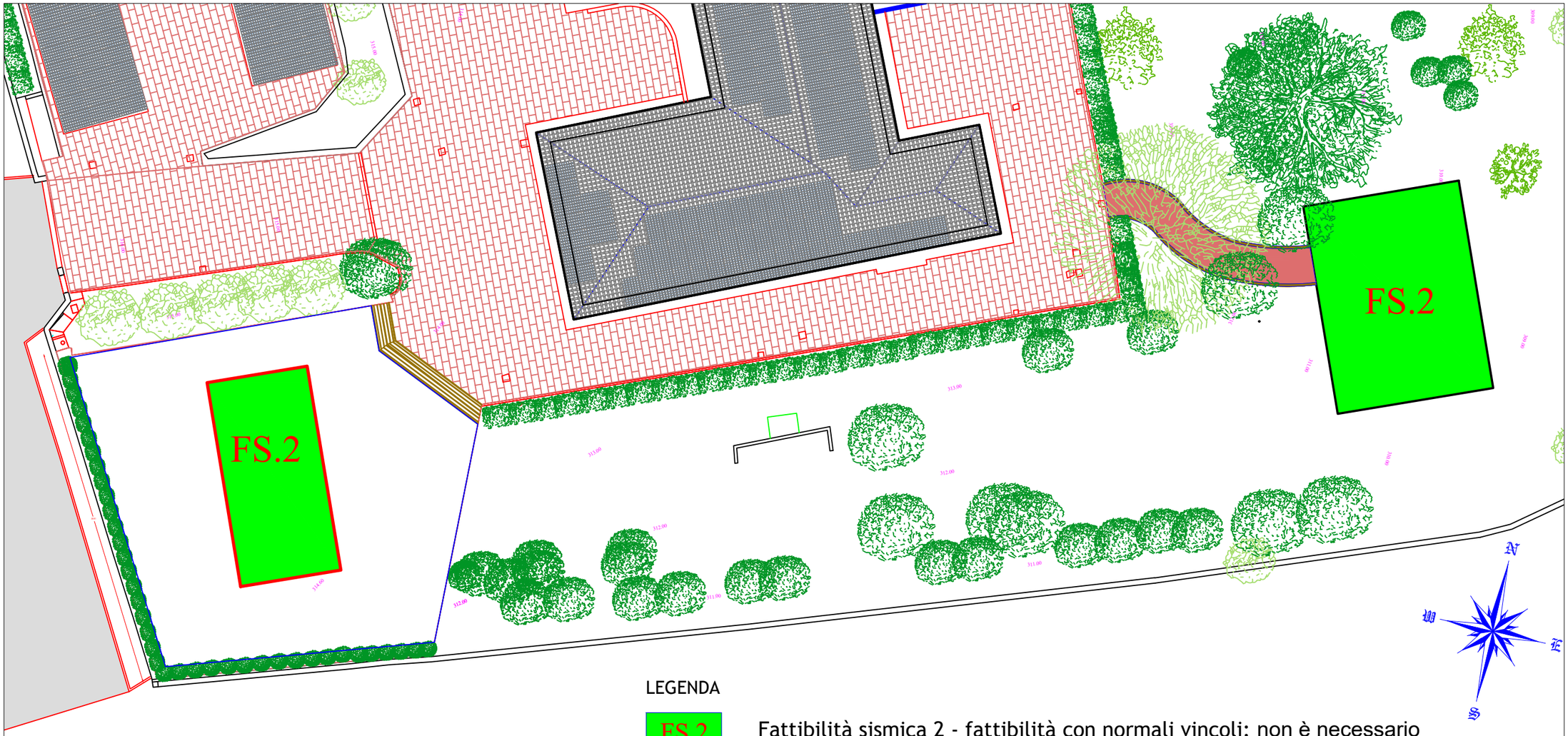
FI.1 Fattibilità idraulica 1 - fattibilità senza particolari limitazioni

Scala 1:250

Fig.15

STUDIO DI GEOLOGIA GIORGI FILIPPO
Sede: Strada d'Istieto n. 6 – 53100 SIENA
Tel: +39 0577 378209 - Fax:+39 0577 378209
e-mail: filippo.giorgi@studiogf.eu
www.studiogf.eu
C.F.: GRGFPP70S30I726P – P.IVA: 01327030522

- carta della fattibilità sismica -



LEGENDA

FS.2

Fattibilità sismica 2 - fattibilità con normali vincoli: non è necessario indicare condizioni di attuazione per la fase attuativa o progettuale degli interventi. Limitatamente a quelle connesse con contrasti di impedenza sismica attesa oltre alcune decine di metri dal piano campagna e con frequenza fondamentale del terreno indicativamente inferiore ad 1herz, la fattibilità degli interventi di nuova edificazione tiene conto dell'analisi combinata della frequenza fondamentale del terreno e del periodo proprio delle tipologie edilizie, al fine di verificare l'eventuale insorgenza di fenomeni di doppia risonanza terreno-struttura nella fase della progettazione edilizia.

Scala 1:250

Fig.16

STUDIO DI GEOLOGIA GIORGI FILIPPO
Sede: Strada d'Istieto n. 6 – 53100 SIENA
Tel: +39 0577 378209 - Fax:+39 0577 378209
e-mail: filippo.giorgi@studiogf.eu
www.studiogf.eu
C.F.: GRGFPP70S30I726P – P.IVA: 01327030522

PENETROMETRO DINAMICO IN USO : **TG 63 - 200**

Classificazione ISSMFE (1988) dei penetrometri dinamici		
TIPO	Sigla riferimento	Peso Massa Battente M (kg)
Leggero	DPL (Light)	$M \leq 10$
Medio	DPM (Medium)	$10 < M < 40$
Pesante	DPH (Heavy)	$40 \leq M < 60$
Super pesante	DPSH (Super Heavy)	$M \geq 60$

CARATTERISTICHE TECNICHE : TG 63 - 200

PESO MASSA BATTENTE	M	=	63,50 kg
ALTEZZA CADUTA LIBERA	H	=	0,75 m
PESO SISTEMA BATTUTA	Ms	=	0,63 kg
DIAMETRO PUNTA CONICA	D	=	51,00 mm
AREA BASE PUNTA CONICA	A	=	20,43 cm²
ANGOLO APERTURA PUNTA	α	=	60 °
LUNGHEZZA DELLE ASTE	La	=	1,00 m
PESO ASTE PER METRO	Ma	=	6,31 kg
PROF. GIUNZIONE 1ª ASTA	P1	=	0,40 m
AVANZAMENTO PUNTA	δ	=	0,20 m
NUMERO DI COLPI PUNTA	N	=	N(20) $\Rightarrow$ Relativo ad un avanzamento di 20 cm
RIVESTIMENTO / FANGHI	NO		
ENERGIA SPECIFICA x COLPO	Q	=	(MH)/(Aδ) = 11,66 kg/cm² (prova SPT : Qspt = 7.83 kg/cm²)
COEFF.TEORICO DI ENERGIA	βt	=	Q/Qspt = 1,489 (teoricamente : Nspt = βt N)

Valutazione resistenza dinamica alla punta Rpd [funzione del numero di colpi N] (FORMULA OLANDESE) :

$$\mathbf{Rpd = M^2 H / [A\ e\ (M+P)] = M^2 H N / [A\ \delta\ (M+P)]}$$

Rpd = resistenza dinamica punta [area A]
e = infissione per colpo = δ / N
M = peso massa battente (altezza caduta H)
P = peso totale aste e sistema battuta

UNITA' di MISURA (conversioni)
1 kg/cm² = 0.098067 MPa 1 MPa = 1 MN/m² = 10.197 kg/cm² 1 bar = 1.0197 kg/cm² = 0.1 MPa 1 kN = 0.001 MN = 101.97 kg

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA n° 1
TABELLE VALORI DI RESISTENZA

- indagine : Studio GF
- cantiere : Cavriglia (AR)
- località : Massa dei sabbioni
- note : prova interrotta per rifiuto all'avanzamento
- data : 04/03/2025
- quota inizio : piano campagna
- prof. falda : Falda non rilevata
- pagina : 1

Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm²)	N(colpi r)	asta
0,00 - 0,20	1	10,5	----	1
0,20 - 0,40	2	21,0	----	1
0,40 - 0,60	33	318,2	----	2
0,60 - 0,80	54	520,7	----	2
0,80 - 1,00	70	675,0	----	2

- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **TG 63 - 200**
- M (massa battente)= **63,50** kg - H (altezza caduta)= **0,75** m - A (area punta)= **20,43** cm² - D(diam. punta)= **51,00 mm**
- Numero Colpi Punta N = N(**20**) [δ = 20 cm] - Uso rivestimento / fanghi iniezione : **NO**

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA n° 2
TABELLE VALORI DI RESISTENZA

- indagine : Studio GF
- cantiere : Cavriglia (AR)
- località : Massa dei sabbioni
- note : prova interrotta per rifiuto all'avanzamento
- data : 04/03/2025
- quota inizio : piano campagna
- prof. falda : Falda non rilevata
- pagina : 1

Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm²)	N(colpi r)	asta
0,00 - 0,20	1	10,5	----	1
0,20 - 0,40	2	21,0	----	1
0,40 - 0,60	3	28,9	----	2
0,60 - 0,80	3	28,9	----	2
0,80 - 1,00	19	183,2	----	2
1,00 - 1,20	21	202,5	----	2
1,20 - 1,40	17	163,9	----	2
1,40 - 1,60	41	365,3	----	3
1,60 - 1,80	26	231,7	----	3
1,80 - 2,00	23	204,9	----	3
2,00 - 2,20	39	347,5	----	3
2,20 - 2,40	57	507,9	----	3
2,40 - 2,60	70	579,7	----	4

- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **TG 63 - 200**
- M (massa battente)= **63,50** kg - H (altezza caduta)= **0,75** m - A (area punta)= **20,43** cm² - D(diam. punta)= **51,00 mm**
- Numero Colpi Punta N = N(**20**) [δ = 20 cm] - Uso rivestimento / fanghi iniezione : **NO**

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA n° 3
TABELLE VALORI DI RESISTENZA

- indagine : Studio GF
- cantiere : Cavriglia (AR)
- località : Massa dei sabbioni
- note : prova interrotta per rifiuto all'avanzamento
- data : 04/03/2025
- quota inizio : piano campagna
- prof. falda : Falda non rilevata
- pagina : 1

Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm²)	N(colpi r)	asta
0,00 - 0,20	1	10,5	----	1
0,20 - 0,40	2	21,0	----	1
0,40 - 0,60	3	28,9	----	2
0,60 - 0,80	6	57,9	----	2
0,80 - 1,00	52	501,5	----	2
1,00 - 1,20	70	675,0	----	2

- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **TG 63 - 200**
- M (massa battente)= **63,50** kg - H (altezza caduta)= **0,75** m - A (area punta)= **20,43** cm² - D(diam. punta)= **51,00 mm**
- Numero Colpi Punta N = N(**20**) [δ = 20 cm] - Uso rivestimento / fanghi iniezione : **NO**

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA n° 4
TABELLE VALORI DI RESISTENZA

- indagine : Studio GF
- cantiere : Cavriglia (AR)
- località : Massa dei sabbioni
- note : prova interrotta per rifiuto all'avanzamento
- data : 04/03/2025
- quota inizio : piano campagna
- prof. falda : Falda non rilevata
- pagina : 1

Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm²)	N(colpi r)	asta
0,00 - 0,20	12	126,1	----	1
0,20 - 0,40	9	94,6	----	1
0,40 - 0,60	7	67,5	----	2
0,60 - 0,80	4	38,6	----	2
0,80 - 1,00	5	48,2	----	2
1,00 - 1,20	9	86,8	----	2
1,20 - 1,40	3	28,9	----	2
1,40 - 1,60	2	17,8	----	3
1,60 - 1,80	4	35,6	----	3
1,80 - 2,00	37	329,7	----	3
2,00 - 2,20	54	481,2	----	3
2,20 - 2,40	70	623,8	----	3

- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **TG 63 - 200**
- M (massa battente)= **63,50** kg - H (altezza caduta)= **0,75** m - A (area punta)= **20,43** cm² - D(diam. punta)= **51,00 mm**
- Numero Colpi Punta N = N(**20**) [δ = 20 cm] - Uso rivestimento / fanghi iniezione : **NO**

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA n° 5
TABELLE VALORI DI RESISTENZA

- indagine : Studio GF
- cantiere : Cavriglia (AR)
- località : Massa dei sabbioni
- note : prova interrotta per rifiuto all'avanzamento
- data : 04/03/2025
- quota inizio : piano campagna
- prof. falda : Falda non rilevata
- pagina : 1

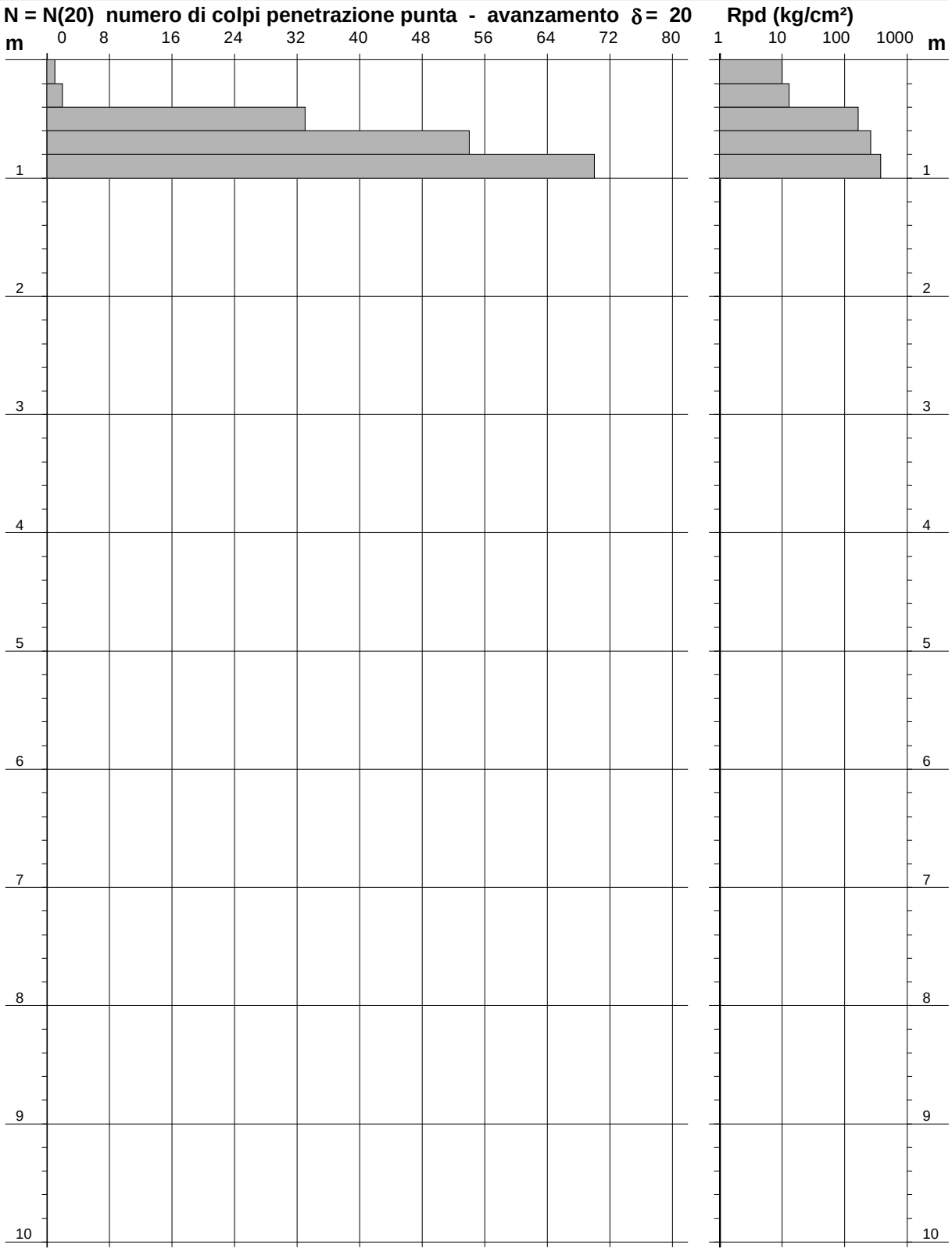
Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm²)	N(colpi r)	asta
0,00 - 0,20	8	84,1	----	1
0,20 - 0,40	66	693,5	----	1
0,40 - 0,60	12	115,7	----	2
0,60 - 0,80	4	38,6	----	2
0,80 - 1,00	4	38,6	----	2
1,00 - 1,20	6	57,9	----	2
1,20 - 1,40	29	279,7	----	2
1,40 - 1,60	57	507,9	----	3
1,60 - 1,80	70	623,8	----	3

- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **TG 63 - 200**
- M (massa battente)= **63,50** kg - H (altezza caduta)= **0,75** m - A (area punta)= **20,43** cm² - D(diam. punta)= **51,00 mm**
- Numero Colpi Punta N = N(**20**) [δ = 20 cm] - Uso rivestimento / fanghi iniezione : **NO**

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA n° 1
DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd

Scala 1: 50

- indagine :	Studio GF	- data :	04/03/2025
- cantiere :	Cavriglia (AR)	- quota inizio :	piano campagna
- località :	Massa dei sabbioni	- prof. falda :	Falda non rilevata

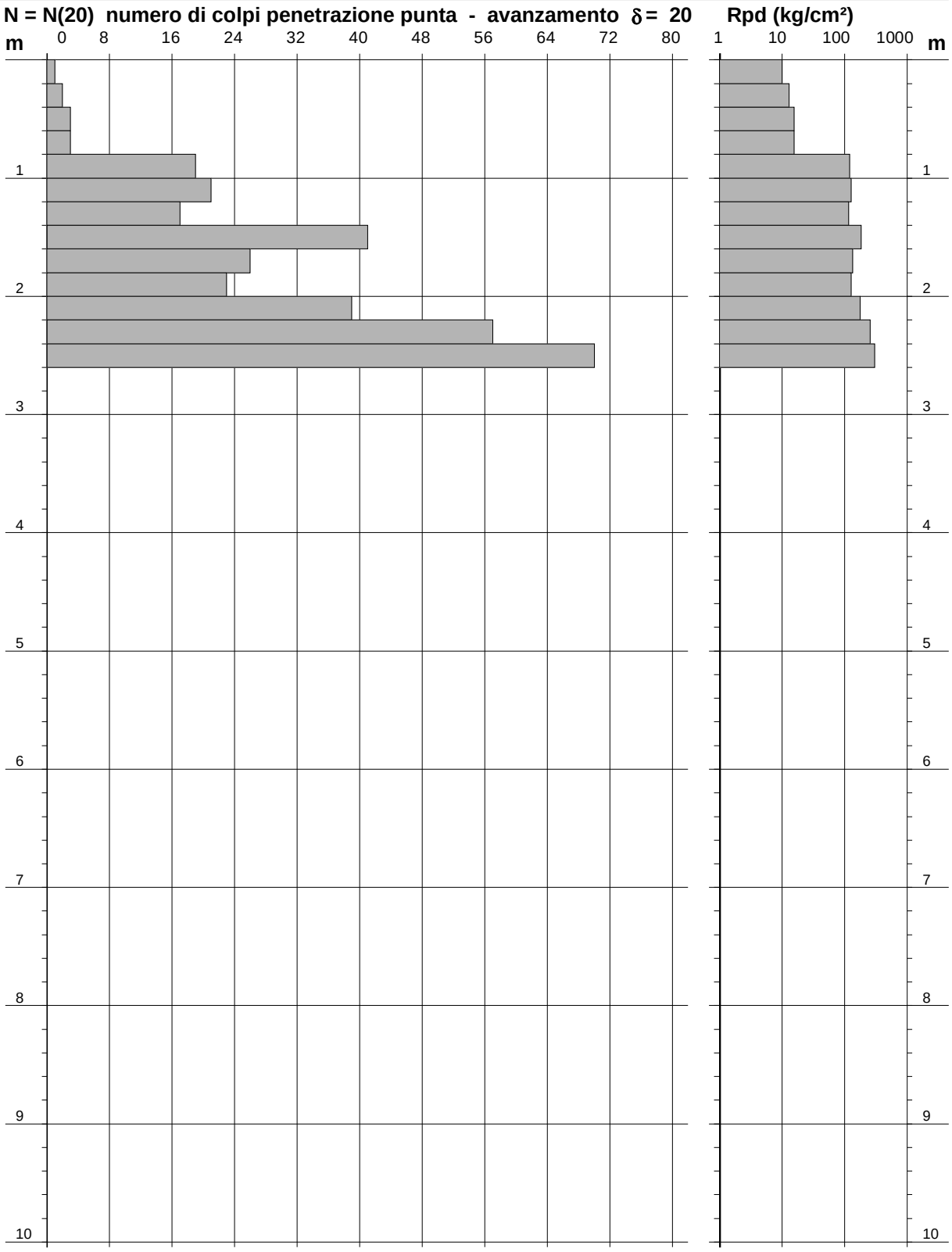


- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **TG 63 - 200**
- M (massa battente)= **63,50** kg - H (altezza caduta)= **0,75** m - A (area punta)= **20,43** cm² - D(diam. punta)= **51,00 mm**
- Numero Colpi Punta N = N(**20**) [δ = 20 cm] - Uso rivestimento / fanghi iniezione : **NO**

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA n° 2
DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd

Scala 1: 50

- indagine :	Studio GF	- data :	04/03/2025
- cantiere :	Cavriglia (AR)	- quota inizio :	piano campagna
- località :	Massa dei sabbioni	- prof. falda :	Falda non rilevata

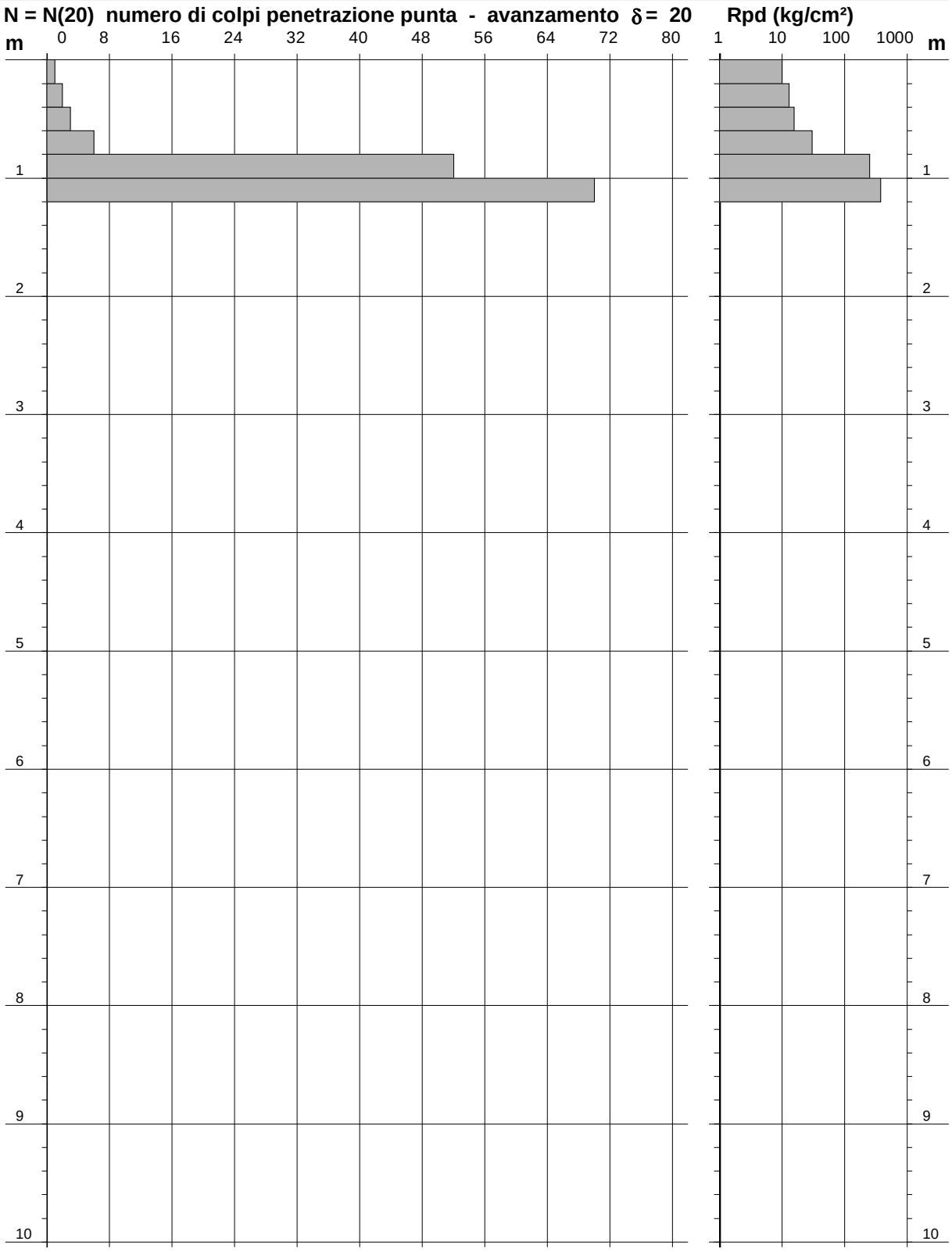


- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **TG 63 - 200**
- M (massa battente)= **63,50** kg - H (altezza caduta)= **0,75** m - A (area punta)= **20,43** cm² - D(diam. punta)= **51,00 mm**
- Numero Colpi Punta N = N(**20**) [δ = 20 cm] - Uso rivestimento / fanghi iniezione : **NO**

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA n° 3
DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd

Scala 1: 50

- indagine :	Studio GF	- data :	04/03/2025
- cantiere :	Cavriglia (AR)	- quota inizio :	piano campagna
- località :	Massa dei sabbioni	- prof. falda :	Falda non rilevata

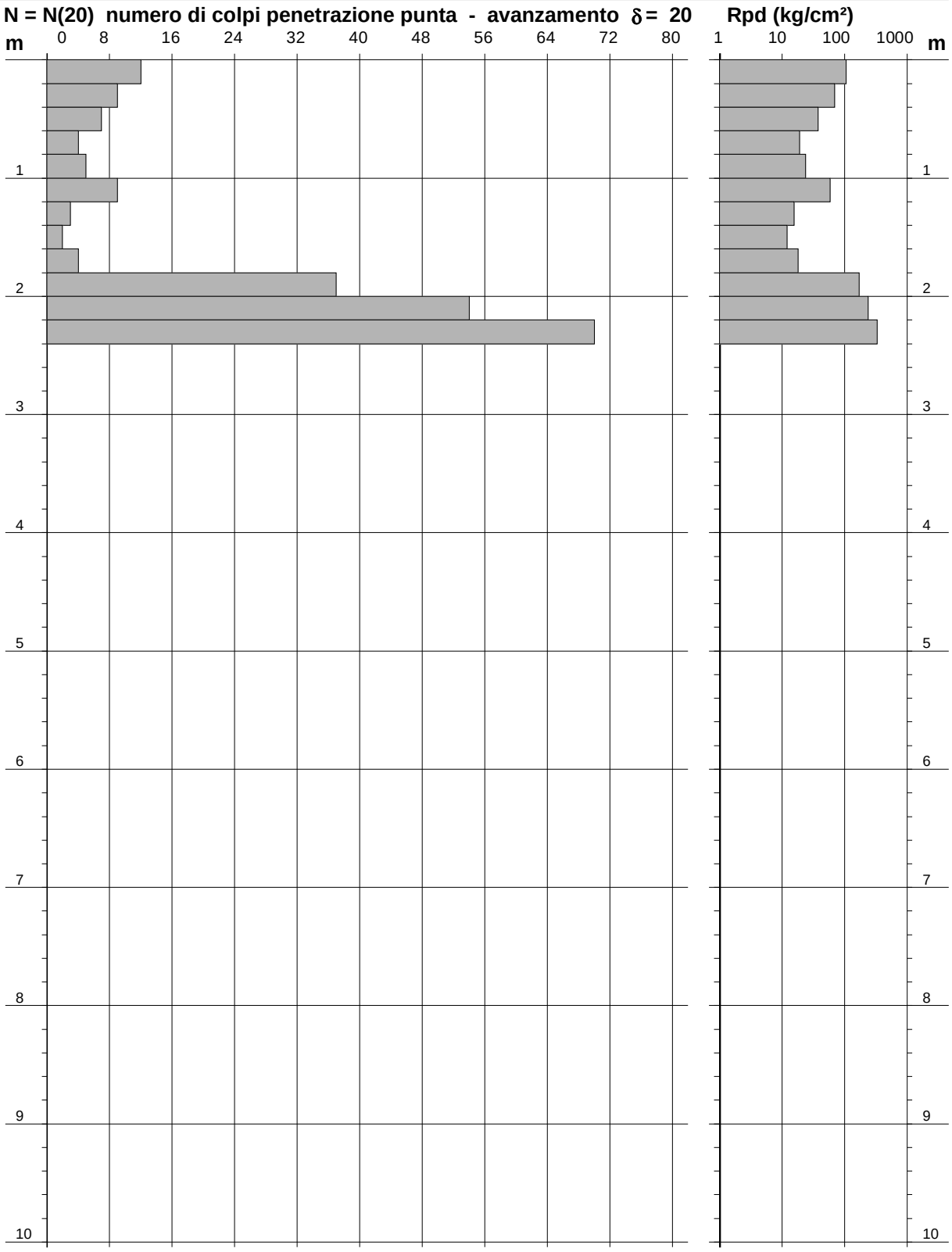


- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **TG 63 - 200**
- M (massa battente)= **63,50** kg - H (altezza caduta)= **0,75** m - A (area punta)= **20,43** cm² - D(diam. punta)= **51,00 mm**
- Numero Colpi Punta N = N(**20**) [δ = 20 cm] - Uso rivestimento / fanghi iniezione : **NO**

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA n° 4
DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd

Scala 1: 50

- indagine :	Studio GF	- data :	04/03/2025
- cantiere :	Cavriglia (AR)	- quota inizio :	piano campagna
- località :	Massa dei sabbioni	- prof. falda :	Falda non rilevata

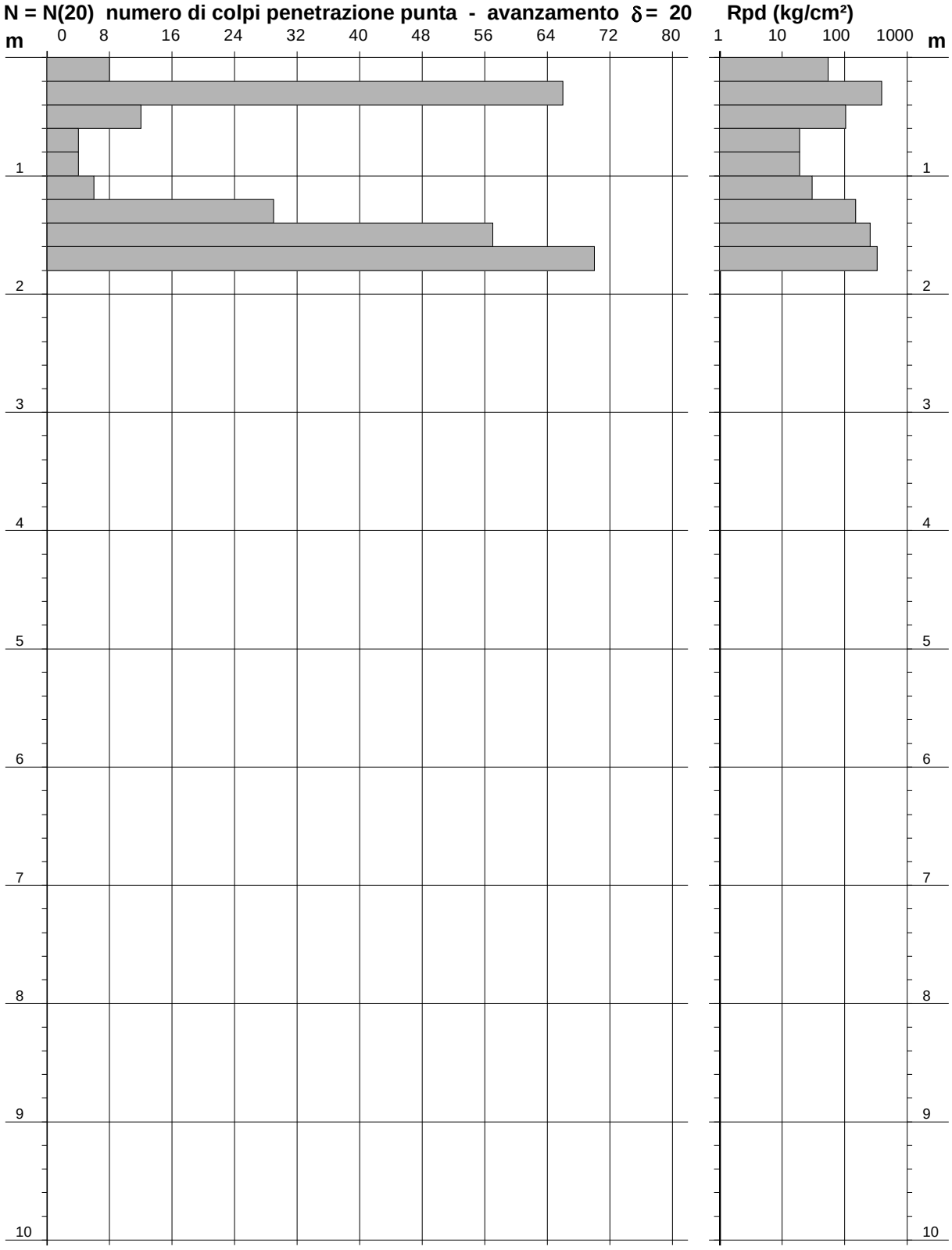


- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **TG 63 - 200**
- M (massa battente)= **63,50** kg - H (altezza caduta)= **0,75** m - A (area punta)= **20,43** cm² - D(diam. punta)= **51,00 mm**
- Numero Colpi Punta N = N(**20**) [δ = 20 cm] - Uso rivestimento / fanghi iniezione : **NO**

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA n° 5
DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd

Scala 1: 50

- indagine :	Studio GF	- data :	04/03/2025
- cantiere :	Cavriglia (AR)	- quota inizio :	piano campagna
- località :	Massa dei sabbioni	- prof. falda :	Falda non rilevata

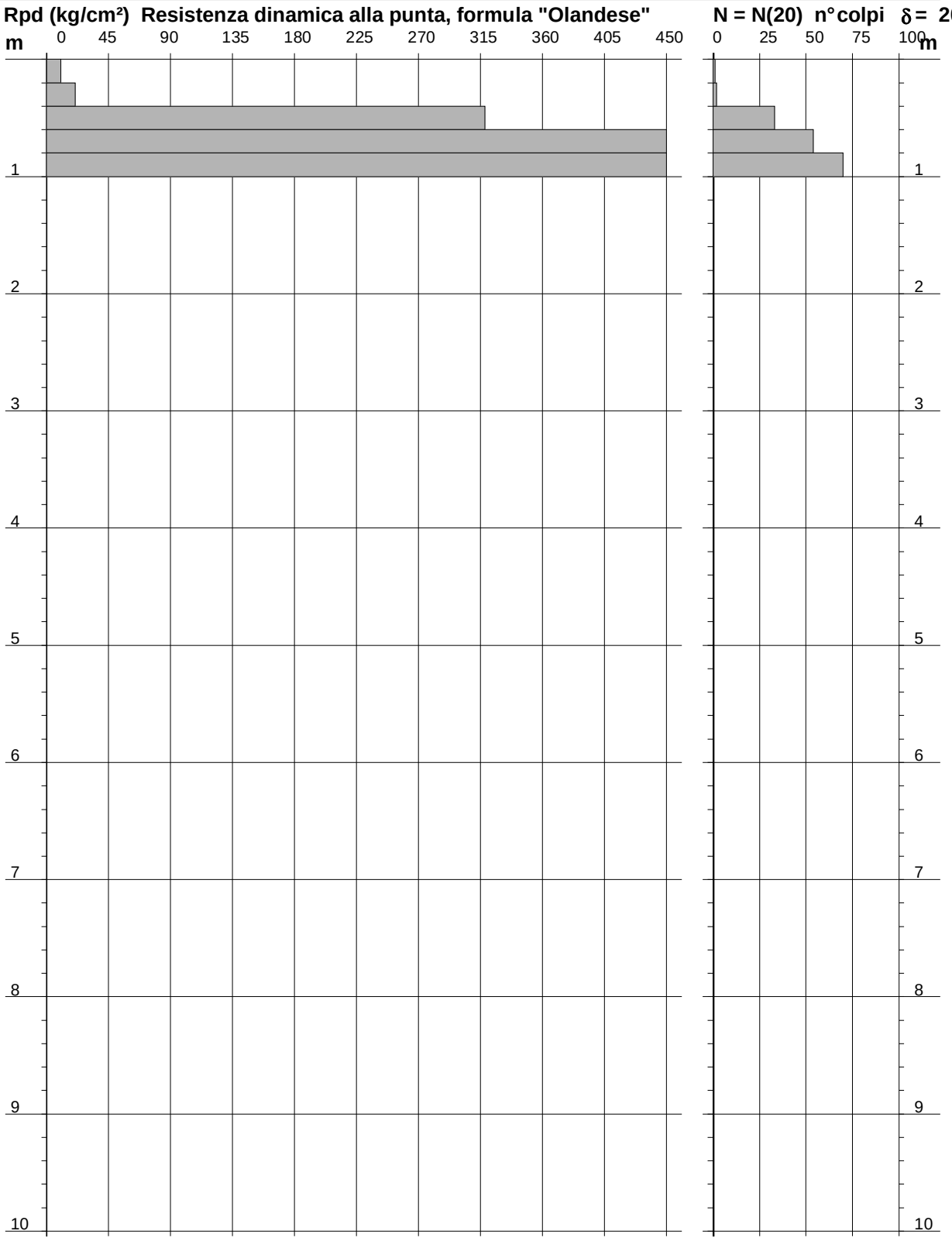


- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **TG 63 - 200**
- M (massa battente)= **63,50** kg - H (altezza caduta)= **0,75** m - A (area punta)= **20,43** cm² - D(diam. punta)= **51,00 mm**
- Numero Colpi Punta N = N(**20**) [δ = 20 cm] - Uso rivestimento / fanghi iniezione : **NO**

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA n° 1
DIAGRAMMA RESISTENZA DINAMICA PUNTA

Scala 1: 50

- indagine :	Studio GF	- data :	04/03/2025
- cantiere :	Cavriglia (AR)	- quota inizio :	piano campagna
- località :	Massa dei sabbioni	- prof. falda :	Falda non rilevata

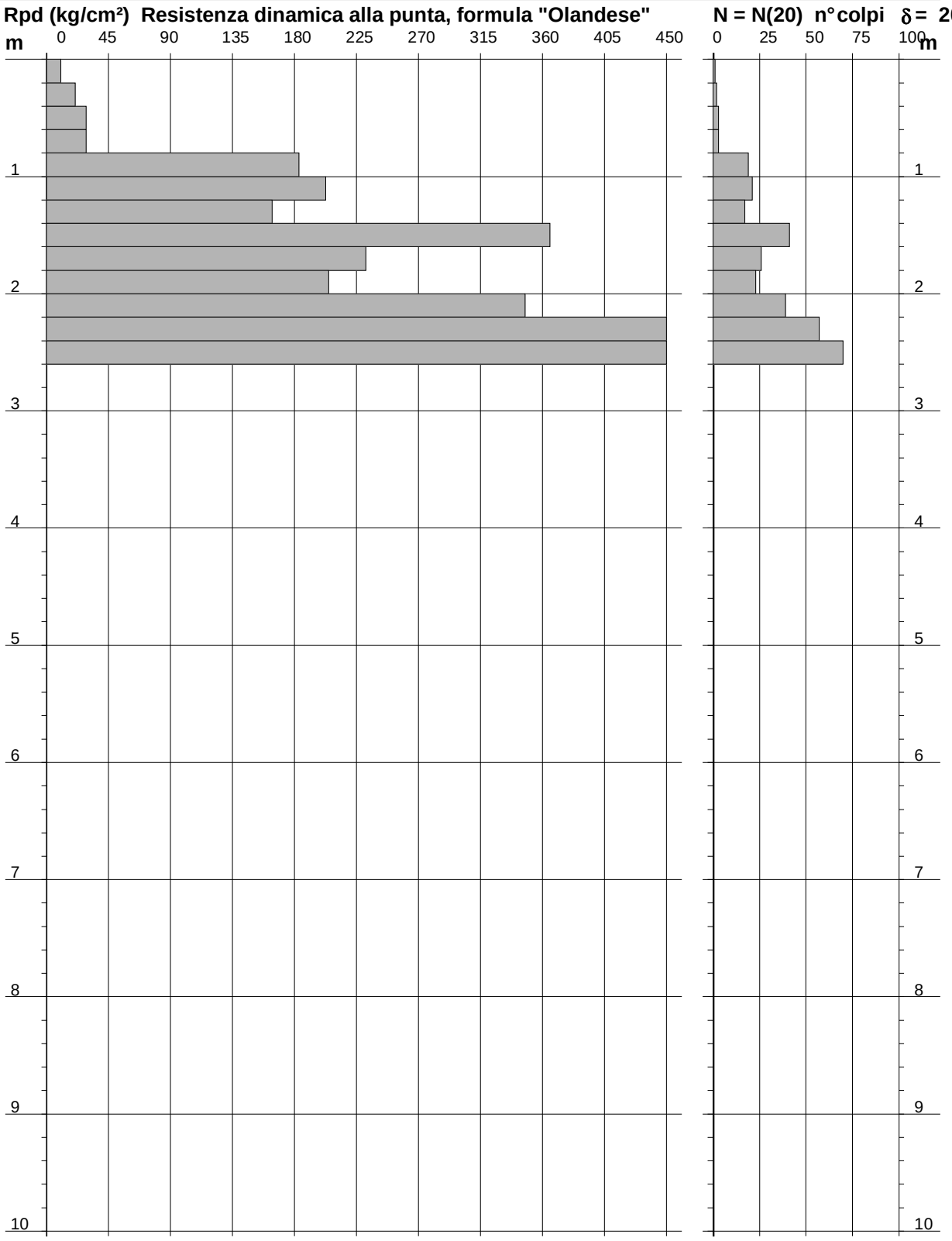


- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **TG 63 - 200**
- M (massa battente)= **63,50** kg - H (altezza caduta)= **0,75** m - A (area punta)= **20,43** cm² - D(diam. punta)= **51,00 mm**
- Numero Colpi Punta N = N(**20**) [δ = 20 cm] - Uso rivestimento / fanghi iniezione : **NO**

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA n° 2
DIAGRAMMA RESISTENZA DINAMICA PUNTA

Scala 1: 50

- indagine :	Studio GF	- data :	04/03/2025
- cantiere :	Cavriglia (AR)	- quota inizio :	piano campagna
- località :	Massa dei sabbioni	- prof. falda :	Falda non rilevata

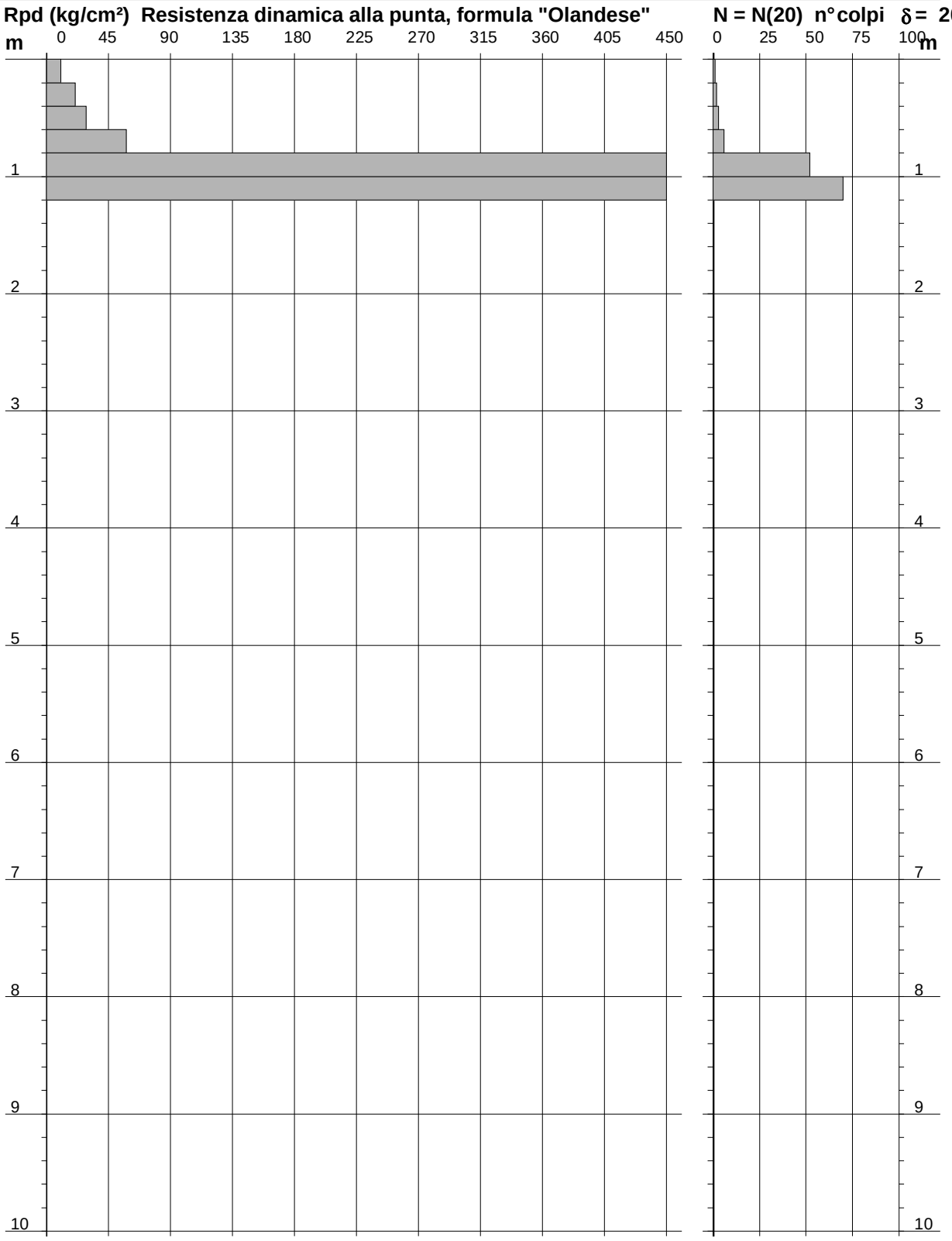


- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **TG 63 - 200**
- M (massa battente)= **63,50** kg - H (altezza caduta)= **0,75** m - A (area punta)= **20,43** cm² - D(diam. punta)= **51,00 mm**
- Numero Colpi Punta N = N(**20**) [δ = 20 cm] - Uso rivestimento / fanghi iniezione : **NO**

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA n° 3
DIAGRAMMA RESISTENZA DINAMICA PUNTA

Scala 1: 50

- indagine :	Studio GF	- data :	04/03/2025
- cantiere :	Cavriglia (AR)	- quota inizio :	piano campagna
- località :	Massa dei sabbioni	- prof. falda :	Falda non rilevata

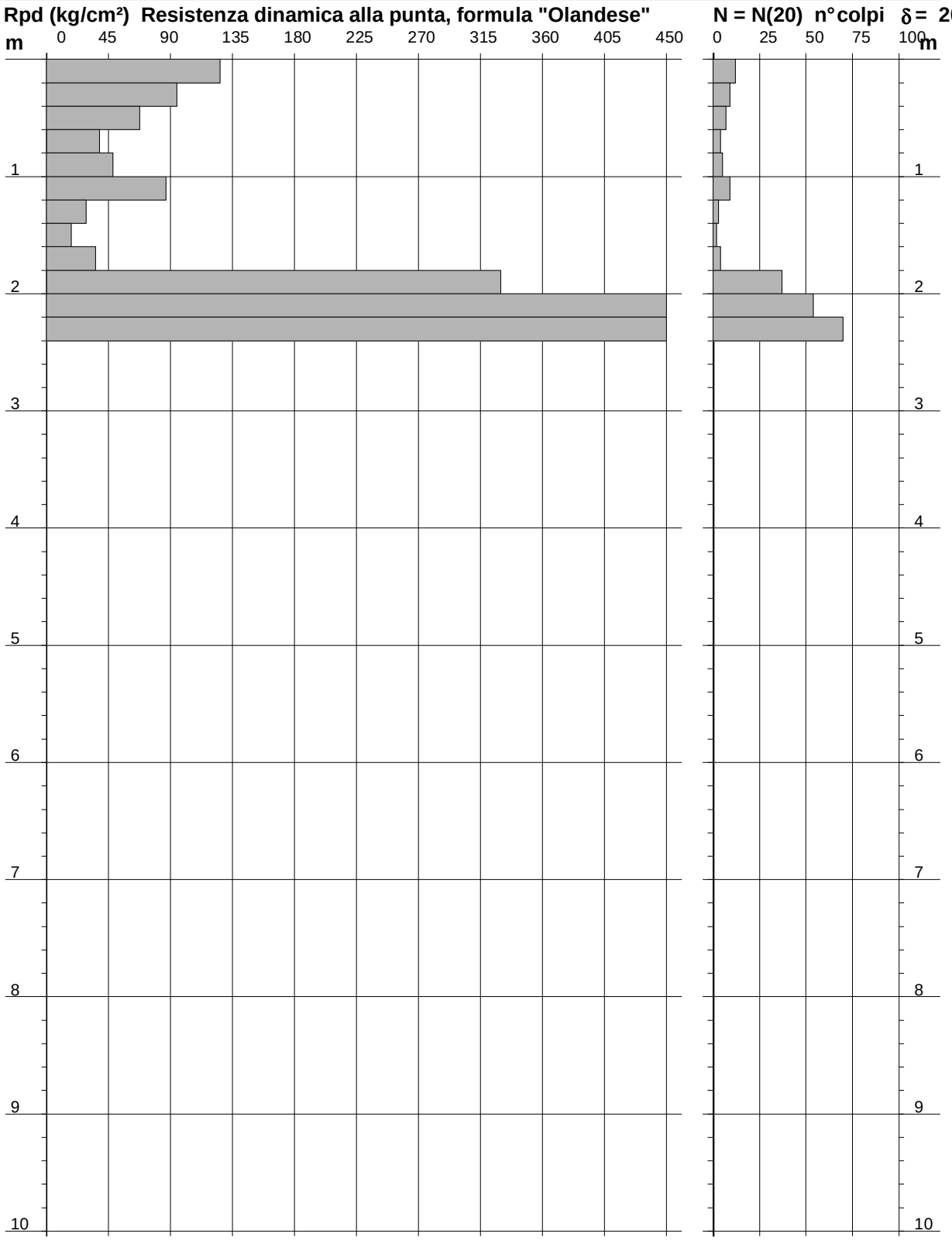


- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **TG 63 - 200**
- M (massa battente)= **63,50** kg - H (altezza caduta)= **0,75** m - A (area punta)= **20,43** cm² - D(diam. punta)= **51,00 mm**
- Numero Colpi Punta N = N(**20**) [δ = 20 cm] - Uso rivestimento / fanghi iniezione : **NO**

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA n° 4
DIAGRAMMA RESISTENZA DINAMICA PUNTA

Scala 1: 50

- indagine :	Studio GF	- data :	04/03/2025
- cantiere :	Cavriglia (AR)	- quota inizio :	piano campagna
- località :	Massa dei sabbioni	- prof. falda :	Falda non rilevata

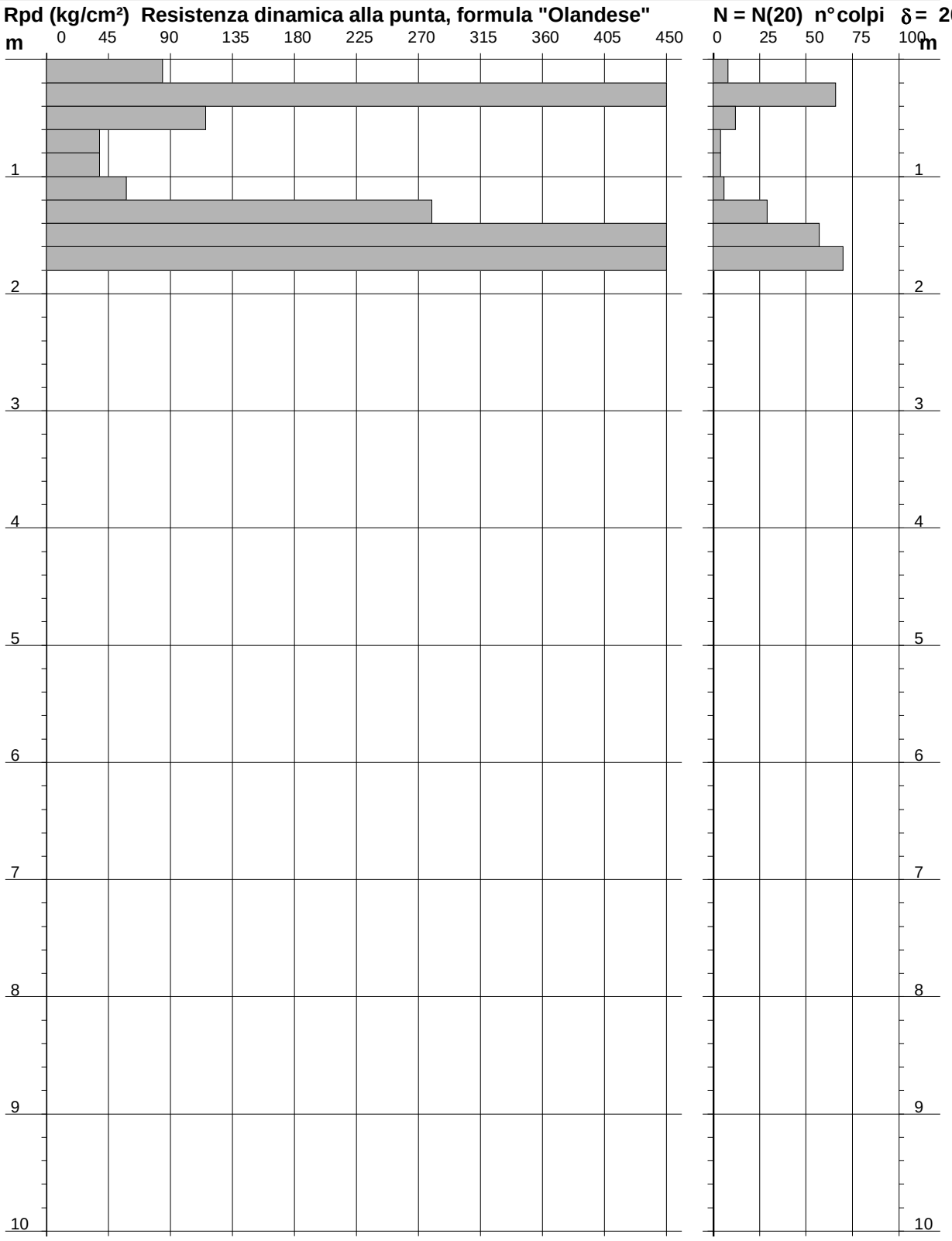


- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **TG 63 - 200**
- M (massa battente)= **63,50** kg - H (altezza caduta)= **0,75** m - A (area punta)= **20,43** cm² - D(diam. punta)= **51,00 mm**
- Numero Colpi Punta N = N(**20**) [δ = 20 cm] - Uso rivestimento / fanghi iniezione : **NO**

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA n° 5
DIAGRAMMA RESISTENZA DINAMICA PUNTA

Scala 1: 50

- indagine :	Studio GF	- data :	04/03/2025
- cantiere :	Cavriglia (AR)	- quota inizio :	piano campagna
- località :	Massa dei sabbioni	- prof. falda :	Falda non rilevata



- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **TG 63 - 200**
- M (massa battente)= **63,50** kg - H (altezza caduta)= **0,75** m - A (area punta)= **20,43** cm² - D(diam. punta)= **51,00 mm**
- Numero Colpi Punta N = N(**20**) [δ = 20 cm] - Uso rivestimento / fanghi iniezione : **NO**

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA n° 1
ELABORAZIONE STATISTICA

- indagine : Studio GF
- cantiere : Cavriglia (AR)
- località : Massa dei sabbioni
- note : prova interrotta per rifiuto all'avanzamento
- data : 04/03/2025
- quota inizio : piano campagna
- prof. falda : Falda non rilevata
- pagina : 1

n°	Profondità (m)	PARAMETRO	ELABORAZIONE STATISTICA							VC A	β	Nspt
			M	min	Max	½(M+min)	s	M-s	M+s			
1	0,00 0,40	N	1,5	1	2	1,3	----	----	----	2	1,49	**3**
		Rpd	15,8	11	21	13,1	----	----	----	21		
2	0,40 1,00	N	52,3	33	70	42,7	----	----	----	52	1,49	**77**
		Rpd	504,7	318	675	411,5	----	----	----	502		

M: valore medio min: valore minimo Max: valore massimo s: scarto quadratico medio
N: numero Colpi Punta prova penetrometrica dinamica (avanzamento δ = 20 cm) Rpd: resistenza dinamica alla punta (kg/cm²)
β: Coefficiente correlazione con prova SPT (valore teorico βt = 1,49) Nspt: numero colpi prova SPT (avanzamento δ = 20 cm)

Nspt - PARAMETRI GEOTECNICI

n°	Prof.(m)	LITOLOGIA	Nspt	NATURA GRANULARE					NATURA COESIVA			
				DR	ø'	E'	Ysat	Yd	Cu	Ysat	W	e
1	0.00 0.40		3	11.3	27.2	214	1.86	1.38	0.19	1.78	44	1.194
2	0.40 1.00		77	95.1	44.4	785	2.21	1.94	4.81	2.71	----	-0.006

Nspt: numero di colpi prova SPT (avanzamento δ = 30 cm)

DR % = densità relativa ø' (°) = angolo di attrito efficace E' (kg/cm²) = modulo di deformazione drenato W% = contenuto d'acqua
e (-) = indice dei vuoti Cu (kg/cm²) = coesione non drenata Ysat, Yd (t/m³) = peso di volume saturo e secco (rispettivamente) del terreno

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA n° 2
ELABORAZIONE STATISTICA

- indagine : Studio GF
- cantiere : Cavriglia (AR)
- località : Massa dei sabbioni
- note : prova interrotta per rifiuto all'avanzamento
- data : 04/03/2025
- quota inizio : piano campagna
- prof. falda : Falda non rilevata
- pagina : 1

n°	Profondità (m)		PARAMETRO	ELABORAZIONE STATISTICA							VC A	β	Nspt
				M	min	Max	½(M+min)	s	M-s	M+s			
1	0,00	0,80	N	2,3	1	3	1,6	----	----	----	2	1,49	**3**
			Rpd	22,3	11	29	16,4	----	----	----	19		
2	0,80	2,00	N	24,5	17	41	20,8	8,7	15,8	33,2	24	1,49	**36**
			Rpd	225,3	164	365	194,6	72,3	153,0	297,6	221		
3	2,00	2,60	N	55,3	39	70	47,2	----	----	----	55	1,49	**82**
			Rpd	478,4	348	580	413,0	----	----	----	476		

M: valore medio min: valore minimo Max: valore massimo s: scarto quadratico medio
N: numero Colpi Punta prova penetrometrica dinamica (avanzamento δ = 20 cm) Rpd: resistenza dinamica alla punta (kg/cm²)
β: Coefficiente correlazione con prova SPT (valore teorico βt = 1,49) Nspt: numero colpi prova SPT (avanzamento δ = 20 cm)

Nspt - PARAMETRI GEOTECNICI

n°	Prof.(m)		LITOLOGIA	Nspt	NATURA GRANULARE					NATURA COESI VA			
					DR	ø'	E'	Ysat	Yd	Cu	Ysat	W	e
1	0.00	0.80		3	11.3	27.2	214	1.86	1.38	0.19	1.78	44	1.194
2	0.80	2.00		36	71.0	37.5	469	2.08	1.74	2.25	2.21	15	0.401
3	2.00	2.60		82	97.0	44.6	824	2.22	1.96	5.13	2.77	-02	-0.040

Nspt: numero di colpi prova SPT (avanzamento δ = 30 cm)

DR % = densità relativa ø' (°) = angolo di attrito efficace E' (kg/cm²) = modulo di deformazione drenato W% = contenuto d'acqua
e (-) = indice dei vuoti Cu (kg/cm²) = coesione non drenata Ysat, Yd (t/m³) = peso di volume saturo e secco (rispettivamente) del terreno

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA n° 3
ELABORAZIONE STATISTICA

- indagine : Studio GF
- cantiere : Cavriglia (AR)
- località : Massa dei sabbioni
- note : prova interrotta per rifiuto all'avanzamento
- data : 04/03/2025
- quota inizio : piano campagna
- prof. falda : Falda non rilevata
- pagina : 1

n°	Profondità (m)	PARAMETRO	ELABORAZIONE STATISTICA							VC A	β	Nspt
			M	min	Max	½(M+min)	s	M-s	M+s			
1	0,00 0,80	N	3,0	1	6	2,0	----	----	----	3	1,49	**4**
		Rpd	29,6	11	58	20,0	----	----	----	30		
2	0,80 1,20	N	61,0	52	70	56,5	----	----	----	61	1,49	**91**
		Rpd	588,2	502	675	544,9	----	----	----	588		

M: valore medio min: valore minimo Max: valore massimo s: scarto quadratico medio
N: numero Colpi Punta prova penetrometrica dinamica (avanzamento δ = 20 cm) Rpd: resistenza dinamica alla punta (kg/cm²)
β: Coefficiente correlazione con prova SPT (valore teorico βt = 1,49) Nspt: numero colpi prova SPT (avanzamento δ = 20 cm)

Nspt - PARAMETRI GEOTECNICI

n°	Prof.(m)	LITOLOGIA	Nspt	NATURA GRANULARE					NATURA COESIVA			
				DR	ø'	E'	Ysat	Yd	Cu	Ysat	W	e
1	0.00 0.80		4	15.0	27.6	222	1.87	1.39	0.25	1.80	42	1.125
2	0.80 1.20		91	100.0	45.0	893	2.24	1.99	5.69	2.88	-04	-0.096

Nspt: numero di colpi prova SPT (avanzamento δ = 30 cm)

DR % = densità relativa ø' (°) = angolo di attrito efficace E' (kg/cm²) = modulo di deformazione drenato W% = contenuto d'acqua
e (-) = indice dei vuoti Cu (kg/cm²) = coesione non drenata Ysat, Yd (t/m³) = peso di volume saturo e secco (rispettivamente) del terreno

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA n° 4
ELABORAZIONE STATISTICA

- indagine : Studio GF
- cantiere : Cavriglia (AR)
- località : Massa dei sabbioni
- note : prova interrotta per rifiuto all'avanzamento
- data : 04/03/2025
- quota inizio : piano campagna
- prof. falda : Falda non rilevata
- pagina : 1

n°	Profondità (m)		PARAMETRO	ELABORAZIONE STATISTICA							VC A	β	Nspt
				M	min	Max	½(M+min)	s	M-s	M+s			
1	0,00	0,60	N	9,3	7	12	8,2	----	----	----	9	1,49	**13**
			Rpd	96,1	68	126	81,8	----	----	----	93		
2	0,60	1,80	N	4,5	2	9	3,3	2,4	2,1	6,9	4	1,49	**6**
			Rpd	42,7	18	87	30,2	23,9	18,8	66,5	38		
3	1,80	2,40	N	53,7	37	70	45,3	----	----	----	54	1,49	**80**
			Rpd	478,2	330	624	404,0	----	----	----	481		

M: valore medio min: valore minimo Max: valore massimo s: scarto quadratico medio
N: numero Colpi Punta prova penetrometrica dinamica (avanzamento δ = 20 cm) Rpd: resistenza dinamica alla punta (kg/cm²)
β: Coefficiente correlazione con prova SPT (valore teorico βt = 1,49) Nspt: numero colpi prova SPT (avanzamento δ = 20 cm)

Nspt - PARAMETRI GEOTECNICI

n°	Prof.(m)		LITOLOGIA	Nspt	NATURA GRANULARE					NATURA COESI VA			
					DR	ø'	E'	Ysat	Yd	Cu	Ysat	W	e
1	0.00	0.60		13	39.5	30.9	292	1.95	1.53	0.81	1.93	30	0.818
2	0.60	1.80		6	21.7	28.4	238	1.89	1.43	0.38	1.85	37	1.000
3	1.80	2.40		80	96.3	44.5	808	2.21	1.95	5.00	2.75	-01	-0.027

Nspt: numero di colpi prova SPT (avanzamento δ = 30 cm)

DR % = densità relativa ø' (°) = angolo di attrito efficace E' (kg/cm²) = modulo di deformazione drenato W% = contenuto d'acqua
e (-) = indice dei vuoti Cu (kg/cm²) = coesione non drenata Ysat, Yd (t/m³) = peso di volume saturo e secco (rispettivamente) del terreno

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA n° 5
ELABORAZIONE STATISTICA

- indagine : Studio GF
- cantiere : Cavriglia (AR)
- località : Massa dei sabbioni
- note : prova interrotta per rifiuto all'avanzamento
- data : 04/03/2025
- quota inizio : piano campagna
- prof. falda : Falda non rilevata
- pagina : 1

n°	Profondità (m)		PARAMETRO	ELABORAZIONE STATISTICA							VC A	β	Nspt
				M	min	Max	½(M+min)	s	M-s	M+s			
1	0,00	0,40	N	37,0	8	66	22,5	----	----	----	37	1,49	**55**
			Rpd	388,8	84	694	236,4	----	----	----	389		
2	0,40	1,20	N	6,5	4	12	5,3	----	----	----	6	1,49	**9**
			Rpd	62,7	39	116	50,6	----	----	----	58		
3	1,20	1,80	N	52,0	29	70	40,5	----	----	----	52	1,49	**77**
			Rpd	470,4	280	624	375,1	----	----	----	470		

M: valore medio min: valore minimo Max: valore massimo s: scarto quadratico medio
N: numero Colpi Punta prova penetrometrica dinamica (avanzamento δ = 20 cm) Rpd: resistenza dinamica alla punta (kg/cm²)
β: Coefficiente correlazione con prova SPT (valore teorico βt = 1,49) Nspt: numero colpi prova SPT (avanzamento δ = 20 cm)

Nspt - PARAMETRI GEOTECNICI

n°	Prof.(m)		LITOLOGIA	Nspt	NATURA GRANULARE					NATURA COESI VA			
					DR	ø'	E'	Ysat	Yd	Cu	Ysat	W	e
1	0.00	0.40		55	86.9	41.8	615	2.16	1.87	3.44	2.44	07	0.177
2	0.40	1.20		9	31.7	29.6	261	1.92	1.48	0.56	1.89	34	0.918
3	1.20	1.80		77	95.1	44.4	785	2.21	1.94	4.81	2.71	----	-0.006

Nspt: numero di colpi prova SPT (avanzamento δ = 30 cm)

DR % = densità relativa ø' (°) = angolo di attrito efficace E' (kg/cm²) = modulo di deformazione drenato W% = contenuto d'acqua
e (-) = indice dei vuoti Cu (kg/cm²) = coesione non drenata Ysat, Yd (t/m³) = peso di volume saturo e secco (rispettivamente) del terreno