

# PIANO STRUTTURALE

Indagini geologiche e sismiche - Integrazione - Rev. 02

**IS2.16 - Relazione per implementazione Studio di Microzonazione Sismica di Livello 1 su aree puntuali** 

GHEA Engineering & Consulting S.r.l. Luca Pagliazzi, Serena Vannetti



## INDICE

Indice	1
Premessa	2
Riferimenti normativi	3
Elaborati prodotti ed Individuazione aree di indagine	4
Inquadramento generale	5
Carta delle indagini	6
Carta delle Frequenze Fondamentali dei depositi	7
Carta geologico-tecnica	9
Effetti locali di sito per la riduzione del Rischio Sismico	12
Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS)	12
Carta della Pericolosità Sismica	16
Cartografie	17
Allegato 1 Relazione sulle indagini geofisiche	
Allegato 2 Dati di base (Relazione PUC La Borghetta)	



#### **PREMESSA**

La presente **Relazione** illustra gli aspetti che concorrono alla definizione delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica in relazione ad alcune previsioni puntuali ma significative previste nel territorio comunale di Figline e Incisa Valdarno quali varianti al Piano Strutturale, in particolare le seguenti:

- Intervento 2.10 PA 5.01 recupero nucleo villa Podere Forre Piano attuativo in località Castagneto (art. 158 NTA);
- Intervento 3.10 PA 2.03 nuova struttura riabilitazione e benessere Piano attuativo in località
   L'Entrata (art. 151 NTA);
- Intervento 10.10 IR PUC1 II Fattoio completamento volumi a destinazione residenziale (art. 145 NTA);
- Intervento 10.15 IC3.12 ampliamento struttura turistico ricettiva intervento convenzionato a La Palagina (art. 141 NTA);
- Intervento 16.10 PTA2 Il Castello di Celle (art. 146 NTA);
- Intervento 12.10k IC3.14 ampliamento struttura turistico recettiva intervento convenzionato a
   La Borghetta (art. 143 NTA).

Le suddette previsioni e congrui intorni sono state oggetto di uno studio di Microzonazione Sismica (MS) di Livello 1, in ottemperanza a quanto previsto dal Regolamento 53/R, facendo riferimento all'Allegato A, §2. Punto B.7 e C.5, così come da richiesta integrazioni dell'Ufficio tecnico del Genio Civile della Regione Toscana (Deposito n. 3605 del 07/01/2020).

Il livello 1 di Microzonazione Sismica costituisce un livello propedeutico caratterizzato essenzialmente da una raccolta organica e ragionata di dati di natura geologica, geofisica e geotecnica e di ulteriori informazioni, finalizzata alla suddivisione del territorio in microzone qualitativamente omogenee dal punto di vista del comportamento sismico.

La presente Relazione tecnica illustrativa descrive nel dettaglio gli elementi caratterizzanti gli elaborati che costituiscono lo studio di microzonazione, individuandone le problematiche, le metodologie di indagine, le procedure di analisi ed elaborazione utilizzate e, in conclusione, i risultati prodotti, attenendosi a quanto prescritto nella Deliberazione 2 ottobre 2018 n. 1162 *L.R. 58/2009 – OPCM 4007/2012 ART.2 COMMA 1. LETT. A – Studi di microzonazione sismica. Redazione delle specifiche tecniche regionali per l'elaborazione di indagini e studi di microzonazione sismica e prescrizioni per le analisi delle Condizione Limite per l'Emergenza.* 



#### RIFERIMENTI NORMATIVI

Lo studio di Microzonazione Sismica di Livello 1 è stato condotto secondo le specifiche tecniche contenute nei seguenti testi di riferimento normativo:

- > DPGR n. 53/R del 25 ottobre 2011, pubblicato nella Sezione I del Bollettino Ufficiale della Regione Toscana n. 51 del 2 novembre 2011, Allegato A, §2. Punto B.7 e C.5;
- ➤ DGRT n. 261 del 18.04.2011, recepimento a livello regionale dell' OPCM n. 3907/2010 con riferimento all'Allegato A che individua i territori nei quali è prioritaria la realizzazione degli studi di Microzonazione Sismica, le modalità di predisposizione delle specifiche tecniche per la realizzazione dei suddetti studi e le modalità di recepimento e utilizzo dei risultati degli studi di MS in fase pianificatoria;
- > DGRT n. 1162 del 2 ottobre 2018, Redazione delle specifiche tecniche regionali per l'elaborazione di indagini e studi di microzonazione sismica (ultima versione);
- Indirizzi e Criteri di Microzonazione Sismica del Dipartimento della Protezione Civile Nazionale (ICMS), approvati il 13 novembre 2008 dalla Conferenza delle regioni e delle Province autonome;
- > Istruzioni Tecniche del Programma VEL (Valutazione Effetti Locali) della Regione Toscana;
- ➤ Indicazioni contenute nel Volume di Ingegneria Sismica 2/2011;
- ➤ Linee guida per la gestione del territorio in aree interessate da Faglie Attive e Capaci (FAC) e Linee guida per la gestione del territorio in aree interessate da liquefazione (LQ);
- > Standard di rappresentazione ed archiviazione informatica Commissione Tecnica per la Microzonazione Sismica (articolo 5, comma 7 OPCM 3907/2010) Versione 4.2 (dicembre 2020).



#### **ELABORATI PRODOTTI ED INDIVIDUAZIONE AREE DI INDAGINE**

Per lo studio di Microzonazione Sismica di Livello 1 sono stati prodotti i seguenti elaborati:

- "Carta delle Indagini" (scala 1:5.000)
- "Carta Geologico-Tecnica" (scala 1:5.000)
- "Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica" (scala 1:5.000)
- "Carta della Pericolosità Sismica locale" (scala 1:5.000)
- "Relazione PUC La Borghetta"
- "Relazione sulle Indagini geofisiche"
- "Carta delle Frequenze Fondamentali" (scala 1:2.000)
- "Relazione Illustrativa"

Gli elaborati sono stati redatti solamente in corrispondenza delle suddette previsioni puntuali ma significative previste nel territorio comunale di Figline e Incisa Valdarno quali varianti al Piano Strutturale, così come da richiesta integrazioni dell'Ufficio tecnico del Genio Civile della Regione Toscana (Deposito n. 3605 del 07/01/2020), in particolare sono state analizzate le seguenti aree puntuali:

- Intervento 2.10 PA 5.01 recupero nucleo villa Podere Forre Piano attuativo in località Castagneto (art. 158 NTA);
- Intervento 3.10 PA 2.03 nuova struttura riabilitazione e benessere Piano attuativo in località
   L'Entrata (art. 151 NTA);
- Intervento 10.10 IR PUC1 II Fattoio completamento volumi a destinazione residenziale (art. 145 NTA);
- Intervento 10.15 IC3.12 ampliamento struttura turistico ricettiva intervento convenzionato a La Palagina (art. 141 NTA);
- Intervento 16.10 PTA2 Il Castello di Celle (art. 146 NTA);
- Intervento 12.10k IC3.14 ampliamento struttura turistico recettiva intervento convenzionato a
   La Borghetta (art. 143 NTA).

Le aree oggetto di indagine ricadono tutte al di fuori delle aree oggetto di Microzonazione Sismica delle indagini geologiche del Piano Strutturale; solamente alcune aree limitrofe, ma esterne al perimetro di intervento, indagate per l'Intervento 10.10 IR PUC1 II Fattoio si sovrappongono al precedente studio; in queste aree di sovrapposizione le cartografie di base, le MOPS e la pericolosità sismica non sono state variate. Di conseguenza il presente studio implementa e non apporta variazioni a quello del Piano Strutturale.



#### **INQUADRAMENTO GENERALE**

Per quanto riguarda gli approfondimenti di carattere geologico, geomorfologico e idrogeologico si rimanda a quanto ampiamente trattato nella Relazione del Piano Strutturale.

In particolare, per quanto riguarda gli aspetti geomorfologici, si precisa che è stato fatto riferimento al quadro conoscitivo del Piano Strutturale ovvero la Carta geomorfologica (Tavola IS2.2) redatta dal nostro studio, approvato con Delibera del Consiglio Comunale n. 33 il 29 marzo 2019; analogamente sono stati utilizzati i medesimi criteri per la redazione delle cartografie di microzonazione sismica, in maniera omogenea allo studio redatto in precedenza per la stesura del Piano Strutturale in corrispondenza dei centri abitati significativi.

Per quanto concerne il Modello geologico e sismico di sottosuolo del territorio comunale si rimanda a quanto già approfonditamente dettagliato nel Piano Strutturale approvato, in riferimento alle indagini geognostiche raccolte e catalogate ed a quelle specifiche per la microzonazione sismica.

Questo studio di microzonazione sismica ha interessato esclusivamente le suddette previsioni e non ha apportato modifiche alle cartografie geomorfologiche e di pericolosità sismica precedentemente depositate in sede di stesura del Piano Strutturale, in quanto le aree oggetto di previsione sono esterne alle perimetrazioni di pericolosità precedentemente individuate.



#### **CARTA DELLE INDAGINI**

Le ubicazioni delle indagini raccolte, sia pregresse che di nuova realizzazione, sono state riportate nella Carta delle indagini, realizzata sia in formato cartaceo che digitale (GIS) in scala 1:5.000. I dati sono stati rappresentati in forma simbolica e per tipologia, utilizzando la legenda e le simbologie previste dagli 'Standard di Rappresentazione e Archiviazione Informatica' redatti dal DPC (versione 4.2, Dicembre 2020).

I dati sono identificati univocamente con un numero o una sigla progressivi cui corrisponde il documento disponibile nei tomi 'Dati di Base' (Elaborato IS2.6.7.A/U Dati di base) facenti parte integrante del Piano Strutturale; le indagini sono rappresentate con ubicazioni puntuali e/o lineari per ogni singola verticale di indagine, come indicato nelle specifiche tecniche, rimandando comunque, per una ubicazione di dettaglio, agli estratti contenuti nelle singole schede corrispondenti.

Le indagini geognostiche sono costituite variamente da sondaggi a carotaggio continuo, saggi geognostici, stratigrafie di pozzi, prove penetrometriche, sia statiche che dinamiche, analisi e prove geotecniche di laboratorio, indagini geofisiche con varie metodologie.

Oltre alle indagini raccolte per il Piano Strutturale sono riportate nella Carta delle Indagini anche le indagini di nuova realizzazione specifiche per questo studio di Microzonazione sismica; queste sono costituite da n. 12 indagini di sismica passiva HVSR finalizzate alla determinazione della frequenza di risonanza del sito, nella misura di due indagini in corrispondenza di ognuna delle previsioni individuate oggetto di studio, i cui risultati sono riportati nella Relazione Indagini Geofisiche (Allegato 1).

Inoltre, in corrispondenza della previsione denominata 'La Borghetta', sono state acquisite le indagini geognostiche redatte dai geologi Carlo Staderini ed Alberto lotti realizzate a supporto alla Variante al Piano Strutturale, al Regolamento Urbanistico ed alla realizzazione di un PUC per l'implementazione turistico ricettiva dell'hotel resort, riportate nelle relazioni del febbraio ed ottobre 2019 e consistite nel dettaglio (Allegato 2):

- n. 2 sondaggi a carotaggio continuo, della lunghezza rispettivamente di 20 metri (S1) e 35 metri
   (S2), con installazione di un tubo per Indagine Sismica Down Hole (S2) e di un piezometro (S1);
- n. 2 prove penetrometriche dinamiche superpesanti DPSH;
- indagine sismica Down Hole nel Foro di Sondaggio S2;
- sismica a rifrazione e indagine MASW su uno stendimento di lunghezza 100 metri;
- n.2 misurazioni di Microtremori per indagine HVSR con sistema Tromino;
- analisi di laboratorio su campioni di terreno.

La Carta delle Indagini rappresenta quella prevista nell'ambito del vigente 53/R e degli studi di Microzonazione Sismica.



#### CARTA DELLE FREQUENZE FONDAMENTALI DEI DEPOSITI

In seguito alla realizzazione delle indagini specifiche di natura geofisica per lo studio di Microzonazione Sismica è stata inoltre realizzata, in corrispondenza delle medesime previsioni, la Carta delle frequenze fondamentali dei depositi, in scala 1:2.000 (contenuta nell'elaborato Relazione sulle Indagini geofisiche). Tale elaborato riporta l'ubicazione di tutte le misure di rumore ambientale mediante tecnica a stazione singola (HVSR), con i relativi valori della frequenza fondamentale (f<sub>0</sub>) e dell'ampiezza dei picchi fondamentali (A<sub>0</sub>).

Per le metodologie di indagine ed i risultati completi relativi alle indagini geofisiche si rimanda per completezza all'Elaborato 'Relazione sulle Indagini geofisiche' (Allegato 1).

La campagna di misure strumentali è stata realizzata in corrispondenza delle previsioni oggetto di studio individuate e distribuita in maniera uniforme, nella misura di due misure H/V in corrispondenza di ognuna delle previsioni suddette, per un totale di n. 12 indagini di sismica passiva HVSR, ubicate tenendo conto della distribuzione delle altre indagini pregresse disponibili e delle condizioni litostratigrafiche e geologiche del sito.

La rappresentazione grafica scelta è stata quella semplificata con l'ubicazione dei punti di misura distinti con dei cerchi di colore variabile in funzione della frequenza del picco e con raggio variabile in funzione dell'ampiezza, secondo la legenda tipo riportata nell'Appendice 3 dell'Allegato A della Deliberazione 2 ottobre 2018 n. 1162 *L.R. 58/2009 – OPCM 4007/2012 ART.2 COMMA 1. LETT. A – Studi di microzonazione sismica. Approvazione delle nuove specifiche tecniche regionali per l'elaborazione di indagini e studi di microzonazione sismica.* 

Lo scopo di tale indagine è stato quello di individuare qualitativamente zone caratterizzate o meno da fenomeni di risonanza significativi e quelle caratterizzate da alti contrasti di impedenza.

Inoltre, l'elaborazione dei risultati ottenuti ha fornito indicazioni e conferme ai fini della ricostruzione del Modello geologico di sottosuolo per la stesura delle MOPS, con particolare riferimento al confronto tra lo spessore delle coperture stimate e le frequenze fondamentali (*Albarello et al.*, 2010).

Il moto sismico è amplificato in corrispondenza di determinate frequenze, che corrispondono alle frequenze naturali di vibrazione di un deposito.

Di particolare importanza è la prima frequenza naturale di vibrazione denominata frequenza fondamentale di risonanza, che dipende dallo spessore H della copertura e dalla velocità media delle Vs della stessa secondo la relazione:

$$v = Vs/4H$$

L'interpretazione delle misure eseguite consente di correlare il valore di picco dello spettro di risposta HVSR con la profondità del substrato (bedrock sismico) e di individuare una corrispondenza fra i valori di freguenza relativi alle discontinuità sismiche e le variazioni litologiche presenti nel sottosuolo.



L'interpretazione delle misure H/V deve essere sempre tarata sulla base di indagini dirette, che consentano una correlazione con la stratigrafia di sottosuolo.

Come emerge dai risultati ottenuti le misure sismiche realizzate rispecchiano in generale l'assetto geologico del sottosuolo.

In corrispondenza dei siti denominati 'Castagneto – Podere Forre', 'Castello di Celle', 'La Palagina', 'La Borghetta' non sono presenti contrasti evidenti e significativi, bensì alcune misure sono caratterizzate da assenza di picchi degni di nota.

Tutte le previsioni suddette sono caratterizzate da un contesto geologico simile, contraddistinto dalla presenza di un substrato affiorante o sub-affiorante (arenarie e olistostromi), caratterizzato esclusivamente da alterazione superficiale.

Invece, per quanto concerne il sito denominato 'L'Entrata', posto a nord dell'abitato di Loppiano, si evidenzia un contrasto significativo, con picchi distinti di frequenza rispettivamente pari a 2.78 e 2.44 Hz ed ampiezza media rispettivamente pari a 3.14 e 4.4; tali evidenze denotano la presenza di uno spessore di coperture, in parte detritiche, in parte di depositi di chiusura di conoide alluvionale, sovrastanti il substrato rigido, intercettato dalle indagini dirette disponibili a profondità variabili, di circa 30 metri, ed affiorante negli impluvi limitrofi.

Infine, si evidenzia un alto contrasto di impedenza sismica in corrispondenza del sito denominato 'Il Fattoio', con picchi ben distinti di frequenza pari a 3.23 Hz ed ampiezza media rispettivamente pari a 5.6 e 5.53.

Dal punto di vista litostratigrafico nella zona meridionale della pianura alluvionale dell'Arno sono presenti spessori di copertura elevati, costituiti da depositi alluvionali e palustro-lacustri, superiori a 150 metri, come ben noto ed evidenziato dalle indagini dirette; tuttavia, trovandosi il sito al margine della pianura, in corrispondenza di un impluvio minore, pur escludendo la presenza di un substrato rigido, il contrasto rilevato può evidenziare la presenza di un passaggio fra depositi di copertura più scadenti ed argille compatte sovraconsolidate, in ogni caso degno di attenzione dal punto di vista della classificazione di pericolosità.



#### **CARTA GEOLOGICO-TECNICA**

Sulla base di una accurata revisione delle cartografie di base, in particolare di quelle geologiche, geomorfologiche di supporto al Piano Strutturale, unitamente all'elaborazione dei dati litologici, stratigrafici, litotecnici e sismici acquisiti, è stata elaborata e redatta la Carta geologico-tecnica in scala 1:5.000, quale carta di sintesi ed elaborato propedeutico alla stesura della Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS).

La Carta geologico-tecnica è stata realizzata utilizzando la simbologia prevista dagli 'Standard di Rappresentazione e Archiviazione Informatica' redatti dal DPC (versione 4.2, Dicembre 2020).

Le assunzioni e le mappature dei depositi e delle forme sono le medesime di quelle che già costituiscono lo studio di microzonazione del Piano Strutturale.

Le scarpate morfologiche di altezze più rilevanti sono individuabili in corrispondenza del Castello di Celle e de La Borghetta.

Le morfologie di superficie sono riportate in dettaglio nelle tavole della Carta geomorfologica del Piano Strutturale redatta dal nostro studio (Tavola IS2.2): si precisa che non sono state apportate variazioni riguardo agli aspetti geomorfologici rispetto a tale tematismo.

In particolare è stato individuato il substrato roccioso affiorante o sub-affiorante, costituito dalla formazione di Monte Morello, rappresentata come substrato lapideo rigido stratificato (LPS), o del Macigno, rappresentata come substrato stratificato con alternanza di litotipi (ALS) ed esclusivamente alternanza di litotipi (AL) in corrispondenza dell'olistostroma; la formazione di Monte Morello e quella del Macigno costituiscono un 'bedrock sismico', mentre le varie facies argillitiche costituenti gli olistostromi non raggiungono velocità da susbstrato rigido. E' stato aggiunto il retino corrispondente al substrato alterato e/o fratturato (SFAL) in corrispondenza essenzialmente delle zone caratterizzate dalla presenza degli olistostromi, ove si distingue una discreta alterazione superficiale dei litotipi.

Sono stati indicati anche elementi puntuali geologici quali la giacitura degli strati in corrispondenza del substrato e l'indicazione della profondità del substrato rigido raggiunto da sondaggi o pozzi, ove raggiunto, nonché la profondità della falda limitatamente alle zone di pianura alluvionale.

Per quanto riguarda i terreni di copertura, questi sono stati raggruppati in funzione della litologia prevalente e dell'ambiente deposizionale che li ha originati.

Sono stati dunque distinti i seguenti gruppi, secondo la classificazione proposta dalle Specifiche Tecniche Regionali:

#### Riporti antropici (RI)

Aree costituite da coperture antropiche superficiali (rilevati, discariche, riporti).



#### Depositi alluvionali recenti e alluvionali terrazzati (GM-GC)

Comprendono terreni con stato di addensamento da addensato a sciolto costituiti da materiale prevalentemente granulare non cementato o con lieve grado di cementazione; sono prevalentemente costituiti da ghiaie limose, sabbie e limi.

#### Depositi palustro-eolici (SP)

Comprendono terreni mediamente addensati costituiti da materiale prevalentemente granulare con lieve grado di cementazione. Sono prevalentemente costituiti da sabbie pulite e sabbie limose. Caratterizzano la porzione basale dei rilievi collinari che bordano ad ovest la pianura alluvionale.

#### Depositi palustro-fluvio-lacustri (ML)

Comprendono terreni costituiti da materiale prevalentemente coesivo con consistenza medio-elevata; sono prevalentemente costituiti da limi e limi sabbiosi. Affiorano sul pianalto e ne costituiscono i depositi di chiusura.

#### <u>Depositi di conoide alluvionale (GP)</u>

Comprendono 'rocce deboli' costituite da materiale prevalentemente granulare con grado di cementazione medio basso, che presentano caratteristiche intermedie fra quelle delle rocce e quelle dei terreni in senso stretto; sono prevalentemente costituiti da conglomerati e ciottolami massicci o grossolanamente gradati, cementati in matrice sabbiosa, con sabbie pedogenizzate, e caratterizzano parte dell'abitato di Palazzolo e zone limitrofe, ed i rilievi collinari ad ovest dell'abitato di Figline.

#### Depositi di conoide alluvionale (SW)

Comprendono sabbie medio-grossolane, con ghiaie e ciottolami minuti e limi. Rappresentano depositi distali di conoide alluvionale ed affiorano sul pianalto, inferiormente ai depositi di chiusura.

#### Depositi detritici (SW, GP)

Comprendono depositi eluvio-colluviali e detrito di falda, di bassa consistenza, con granulometria variabile dalle sabbie alle ghiaie sabbiose con limi. Affiorano anche estesamente in corrispondenza delle zone di contatto tra i depositi di conoide alluvionale ed il substrato.

Per quanto riguarda gli aspetti relativi alle forme e processi geomorfologici legati alla dinamica di versante, questi sono stati analizzati e cartografati relativamente al loro stato di attività, ai sensi del Regolamento Regionale 53/R, e riportati analogamente alla Carta Geomorfologica:



- <u>stato attivo</u>, qualora siano presenti evidenze morfologiche di movimento che, non avendo esaurito la loro evoluzione, possono considerarsi recenti, riattivabili nel breve periodo con frequenza e/o con carattere stagionale;
- <u>stato quiescente</u>, qualora siano presenti evidenze morfologiche che, non avendo esaurito la loro evoluzione, hanno la possibilità di riattivarsi;
  - <u>stato inattivo</u>, qualora gli elementi morfologici siano riconducibili a condizioni morfoclimatiche diverse dalle attuali o non presentino condizioni di riattivazione o di evoluzione.

L'area di possibile evoluzione del dissesto è stata valutata coerentemente con la tipologia del fenomeno e con le ipotesi cinematiche ad esso connesse.

Le frane presenti nel territorio sono essenzialmente del tipo a cinematica lenta (scorrimenti e soliflussi) e quindi le aree di possibile evoluzione sono limitate alle immediate vicinanze dei movimenti di versante stessi. Le aree di influenza non sono state quindi evidenziate all'interno della Carta geomorfologica. Per le aree in dissesto, cartografate come frane attive, frane quiescenti e soliflussi, riportate nella Carta geomorfologica, si è tenuto conto delle relative aree di influenza, riferite alle aree di possibile evoluzione del fenomeno, nella redazione della Carta delle aree a Pericolosità Geologica e della Carta delle aree a Pericolosità Sismica, così come concordato con la struttura tecnica della Regione Toscana. Infatti, le aree inserite in Pericolosità geologica molto elevata (G.4) ed in Pericolosità sismica molto elevata (S.4) individuano, oltre al dissesto stesso, l'area di possibile evoluzione; inoltre, le aree limitrofe sono state inserite in Pericolosità geologica elevata (G.3) ed in Pericolosità sismica elevata (S.3).



#### EFFETTI LOCALI DI SITO PER LA RIDUZIONE DEL RISCHIO SISMICO

#### CARTA DELLE MICROZONE OMOGENEE IN PROSPETTIVA SISMICA (MOPS)

Relativamente agli aspetti sismici le indagini geologico-tecniche hanno previsto la realizzazione di uno studio di Microzonazione Sismica (MS) di Livello 1, in ottemperanza a quanto previsto dal Regolamento 53/R, facendo riferimento all'Allegato A, §2. Punto B.7 e C.5, finalizzato ad evidenziare gli elementi prioritari per la valutazione degli effetti locali e di sito per la riduzione del rischio sismico e scaturito nella realizzazione della Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS).

In relazione alla riduzione del rischio sismico gli elementi evidenziati per la valutazione degli effetti locali e di sito, sono stati quelli ritenuti utili alle successive fasi di caratterizzazione sismica dei terreni e di parametrizzazione dinamica riferite alla realizzazione o verifica dell'edificato. A tal fine, oltre all'acquisizione di ogni informazione esistente finalizzata alla conoscenza del territorio sotto il profilo geologico e geomorfologico, sono stati acquisiti elementi per una ricostruzione e successiva rappresentazione del modello geologico-tecnico di sottosuolo, sia in termini di geometrie sepolte e di spessori delle litologie presenti (mediante la raccolta delle indagini che costituiscono la Carta delle Indagini), sia in termini di parametrizzazione dinamica principalmente in relazione a misure dirette delle Vsh e di rumore ambientale mediante tecnica a stazione singola (HVSR).

Nello specifico la Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS) individua, sulla base di osservazioni geologiche, geomorfologiche e dell'acquisizione, valutazione ed analisi dei dati geognostici e geofisici, le microzone ove possono verificarsi diverse tipologie di effetti locali o di sito prodotti dall'azione sismica.

In particolare, nella valutazione degli effetti locali o di sito ai fini della riduzione del rischio sismico è stata posta particolare attenzione ai seguenti aspetti:

- ricostruzione del Modello geologico-tecnico dell'area;
- individuazione dei litotipi che possono costituire il substrato rigido, accompagnata da una stima approssimativa della profondità ed una stima del contrasto di impedenza sismica atteso;
- individuazione di eventuali discontinuità e morfologie sepolte;
- presenza di faglie e/o strutture tettoniche;
- contatti tra litotipi a caratteristiche fisico-meccaniche significativamente differenti;
- accentuazione della instabilità dei pendii;
- terreni suscettibili a liquefazione e/o addensamento;
- terreni soggetti a cedimenti diffusi e differenziali.

L'elaborazione della Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS) è stata realizzata solo in corrispondenza delle suddette previsioni puntuali ma significative previste nel territorio



comunale di Figline e Incisa Valdarno quali varianti al Piano Strutturale, così come da richiesta integrazioni dell'Ufficio tecnico del Genio Civile della Regione Toscana (Deposito n. 3605 del 07/01/2020).

La carta è stata redatta sia in formato cartaceo che vettoriale (GIS), tenendo conto delle indicazioni fornite negli Indirizzi e Criteri di Microzonazione Sismica, nelle Specifiche Tecniche Regionali e nel rispetto degli 'Standard di Rappresentazione e Archiviazione Informatica' redatti dal DPC (versione 4.2, Dicembre 2020).

Nello specifico la Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS) individua e caratterizza:

- 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. <u>Zone stabili suscettibili di amplificazione sismica</u>: zone in cui il moto sismico viene modificato a causa delle caratteristiche litostratigrafiche e/o geomorfologiche del territorio.
- 3. Zone di Attenzione per le instabilità: zone suscettibili di riattivazione dei fenomeni di deformazione permanente del territorio indotti o innescati dal sisma (instabilità di versante, liquefazioni, fogliazioni superficiali).

Le porzioni di territorio in cui il substrato rigido risulta affiorante non sono state in generale considerate zone stabili (conseguentemente è stata attribuita una pericolosità sismica media S.2) poiché la morfologia locale risulta da mediamente acclive ad acclive e sono presenti vari fenomeni di dissesto, sia quiescenti che attualmente inattivi. Fanno eccezione alcune modeste zone con morfologia pianeggiante o poco inclinata, alle quali è stata pertanto attribuita una pericolosità sismica bassa S.1.

Per quanto concerne i terreni di copertura, questi sono stati raggruppati in funzione della litologia prevalente, degli spessori e dell'ambiente deposizionale che li ha originati.

#### Zone stabili

Nel territorio comunale, limitatamente ai centri urbani significativi studiati ed alle previsioni suddette, non sono state individuate zone stabili estese, nonostante sia presente il substrato rigido in affioramento, poiché non vi sono condizioni morfologiche subpianeggianti o poco inclinate, ad eccezione di alcune modeste aree individuate localmente.

Viste le pendenze mediamente elevate, il substrato è stato in generale quindi assimilato alle Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali, tranne alcune eccezioni di estensione modesta.

Il substrato rigido riferibile alla formazione di Monte Morello (rappresentato come substrato lapideo rigido stratificato, LPS) è affiorante ad ovest del pianalto di Loppiano, in località L'Entrata.



Il substrato rigido riferibile alla formazione del Macigno (rappresentata come substrato stratificato con alternanza di litotipi, ALS, o alternanza di litotipi, AL, in corrispondenza dell'olistostroma) è affiorante nella porzione occidentale del pianalto di Loppiano, in località L'Entrata, e sui rilievi collinari (Castello di Celle, Castagneto, La Palagina e La Borghetta).

Tali formazioni costituiscono un 'bedrock sismico', ad eccezione degli olistostromi, che non costituiscono un substrato rigido.

#### Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali

All'interno di questa classe sono state raggruppate le zone caratterizzate dalla presenza di depositi alluvionali, depositi alluvionali terrazzati, depositi palustro-fluvio-lacustri e depositi di conoide alluvionale; inoltre sono riportati i depositi antropici e terreni di riporto, i depositi detritici ed eluvio-colluviali, limitatamente alle zone in cui lo spessore risulta di maggiore entità, ai fini di un possibile effetto di amplificazione sismica locale.

Sono stati inoltre riportati in questa classe anche i litotipi che costituiscono il substrato rigido, ove la morfologia locale risulta caratterizzata da acclività mediamente elevate, tali da non poterli ricondurre a zone stabili, ed i litotipi che costituiscono gli olistostromi, non considerati come zone stabili a causa del loro stato di alterazione/fratturazione.

Deve essere precisato che solo i litotipi ascrivibili al substrato lapideo costituiscono un 'bedrock sismico', ad eccezione degli olistostromi; tutti gli altri depositi di copertura non raggiungono velocità tali da considerarsi 'bedrock sismico'.

Per ogni zona è stata redatta una colonna stratigrafica con gli spessori significativi e sono descritte in legenda le litologie prevalenti, come riportato in figura 1.

Sono inoltre rappresentate quelle microzone ove il substrato rigido è in affioramento o subaffiorante; nel caso di zone stabili, limitate a zone veramente modeste, queste sono indicate con le sigle corrispondenti LPS-Formazione di Monte Morello, ALS-Macigno, Al-Olistostromi, altrimenti corrispondono alle seguenti zone suscettibili di amplificazioni: Zona 5011, 5041, 5042, 6041 e 6042.

#### Zone di attenzione per le instabilità

Infine, sono state individuate le zone di attenzione per le instabilità ( $ZA_{FR}$ ), corrispondenti a quelle 'instabili', cartografate nella Carta geomorfologica ed in quella Geologico-Tecnica come frane attive  $FR_A$  (raggruppando in queste anche i soliflussi), frane quiescenti  $FR_Q$  e frane con stato di attività indeterminato  $FR_i$ .

Sono state inoltre individuate le zone di attenzione per cedimenti differenziali (ZA<sub>CD</sub>), riconducibili essenzialmente alle zone di contatto fra litotipi rocciosi e depositi granulari sciolti sotto falda, presenti ai bordi dei rilievi collinari settentrionali che delimitano la pianura alluvionale.



In corrispondenza dei siti denominati 'Castagneto – Podere Forre', 'Castello di Celle', 'La Palagina', 'La Borghetta' non sono presenti contrasti evidenti e significativi, bensì alcune misure HVSR sono caratterizzate da assenza di picchi degni di nota.

Tutte le previsioni suddette sono caratterizzate da un contesto geologico simile, contraddistinto dalla presenza di un substrato affiorante o sub-affiorante (arenarie e olistostromi), caratterizzato esclusivamente da alterazione superficiale.

Invece, per quanto concerne il sito denominato 'L'Entrata', posto a nord dell'abitato di Loppiano, si evidenzia un contrasto significativo, con picchi distinti di frequenza rispettivamente pari a 2.78 e 2.44 Hz ed ampiezza media rispettivamente pari a 3.14 e 4.4; tali evidenze denotano la presenza di uno spessore di coperture, in parte detritiche, in parte di depositi di chiusura di conoide alluvionale, sovrastanti il substrato rigido, intercettato dalle indagini dirette disponibili a profondità variabili, di circa 30 metri, ed affiorante negli impluvi limitrofi.

Infine, si evidenzia un alto contrasto di impedenza sismica in corrispondenza del sito denominato 'Il Fattoio', con picchi ben distinti di frequenza pari a 3.23 Hz ed ampiezza media rispettivamente pari a 5.6 e 5.53.

Dal punto di vista litostratigrafico nella zona meridionale della pianura alluvionale dell'Arno sono presenti spessori di copertura elevati, costituiti da depositi alluvionali e palustro-lacustri, superiori a 150 metri, come ben noto ed evidenziato dalle indagini dirette; tuttavia, trovandosi il sito al margine della pianura, in corrispondenza di un impluvio minore, pur escludendo la presenza di un substrato rigido, il contrasto rilevato può evidenziare la presenza di un passaggio fra depositi di copertura più scadenti ed argille compatte sovraconsolidate, in ogni caso degno di attenzione dal punto di vista della classificazione di pericolosità.



#### CARTA DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA

In corrispondenza dei siti denominati <u>'Castagneto – Podere Forre'</u>, <u>'Castello di Celle'</u>, <u>'La Palagina'</u>, <u>'La Borghetta'</u>, caratterizzate da un contesto geologico simile, contraddistinto dalla presenza di un substrato affiorante o sub-affiorante (arenarie e olistostromi), caratterizzato esclusivamente da alterazione superficiale, non sono stati evidenziati contrasti di impedenza significativi, bensì alcune misure HVSR sono caratterizzate da assenza di picchi degni di nota.

A tali previsioni è stata quindi attribuita una pericolosità sismica locale media (S.2).

Nelle porzioni di territorio in cui il substrato rigido risulta affiorante è stata comunque attribuita una pericolosità sismica media (S.2) laddove la morfologia locale risulta da mediamente acclive ad acclive e sono presenti vari fenomeni di dissesto, sia quiescenti che attualmente inattivi, mentre sono state individuate zone arealmente modeste con morfologia pianeggiante o poco inclinata tali da potervi attribuire una pericolosità sismica bassa (S.1).

Invece, per quanto concerne il sito denominato <u>'L'Entrata'</u>, posto a nord dell'abitato di Loppiano, si evidenzia un contrasto di impedenza significativo, con picchi distinti di frequenza rispettivamente pari a 2.78 e 2.44 Hz ed ampiezza media rispettivamente pari a 3.14 e 4.4; tali evidenze denotano la presenza di uno spessore di coperture, in parte detritiche, in parte di depositi di chiusura di conoide alluvionale, sovrastanti il substrato rigido, intercettato dalle indagini dirette disponibili a profondità variabili, di circa 30 metri, ed affiorante negli impluvi limitrofi.

A tale previsione è stata quindi attribuita una pericolosità sismica locale elevata (S.3).

Infine, si evidenzia un alto contrasto di impedenza sismica in corrispondenza del sito denominato <u>'Il Fattoio'</u>, posto al margine occidentale della pianura alluvionale, con picchi ben distinti di frequenza pari a 3.23 Hz ed ampiezza media rispettivamente pari a 5.6 e 5.53.

Dal punto di vista litostratigrafico nella zona meridionale della pianura alluvionale dell'Arno sono presenti spessori di copertura elevati, costituiti da depositi alluvionali e palustro-lacustri, superiori a 150 metri, come ben noto ed evidenziato dalle indagini dirette; tuttavia, trovandosi il sito al margine della pianura, in corrispondenza di un impluvio minore, pur escludendo la presenza di un substrato rigido, il contrasto rilevato può evidenziare la presenza di un passaggio fra depositi di copertura più scadenti ed argille compatte sovraconsolidate, in ogni caso degno di attenzione dal punto di vista della classificazione di pericolosità.

A tale previsione è stata quindi attribuita una pericolosità sismica locale elevata (S.3).

Sono state attribuite pericolosità sismica locale elevata (S.3) in corrispondenza di coperture detritiche e fenomeni gravitativi quiescenti e loro aree di influenza; mentre sono state attribuite pericolosità sismica locale molto elevata (S.4) in corrispondenza di fenomeni gravitativi attivi e loro aree di influenza.



### CARTOGRAFIE



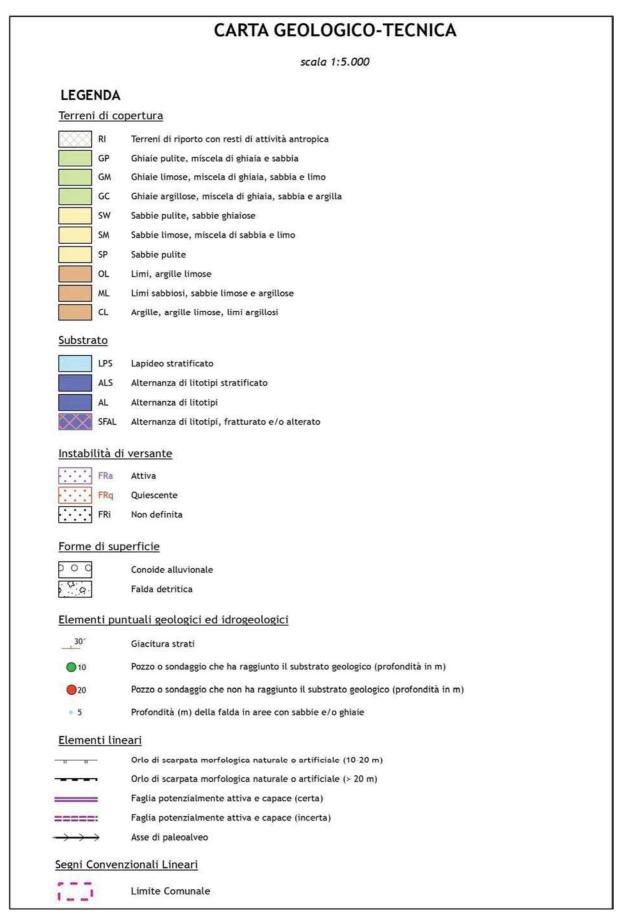


Figura 1 – Legenda della Carta Geologico-tecnica.



## Legenda

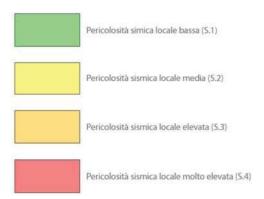
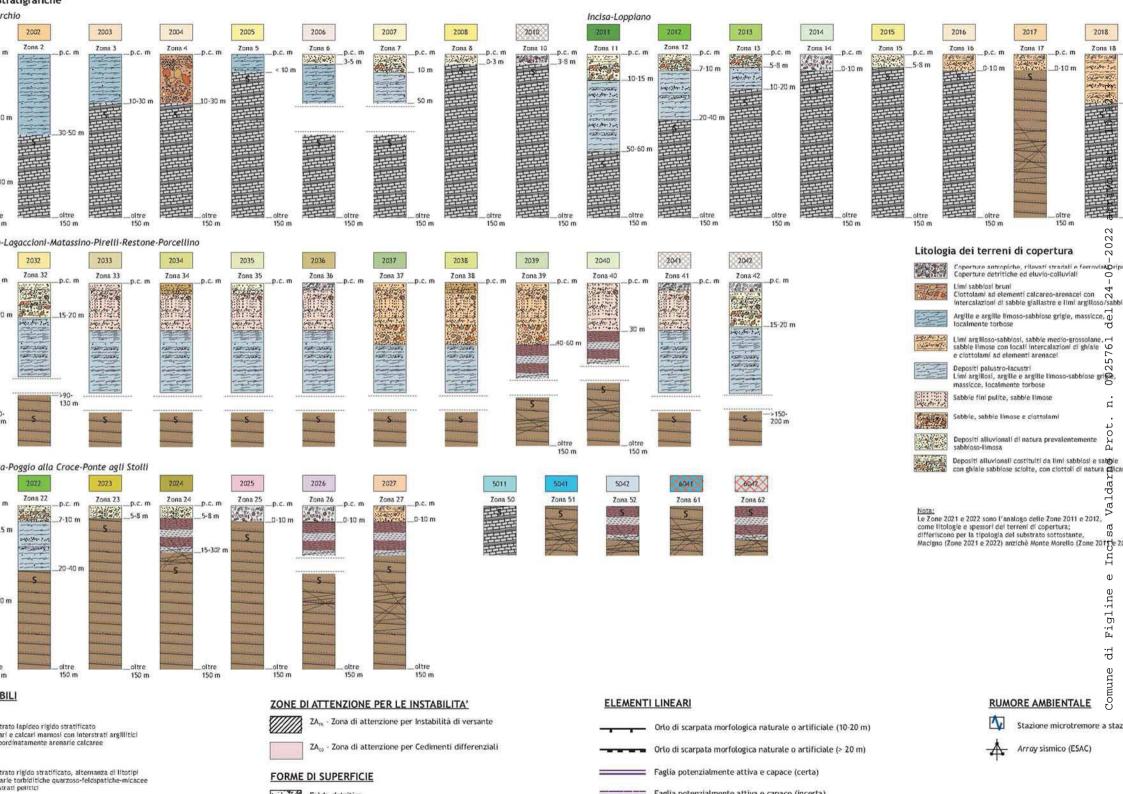
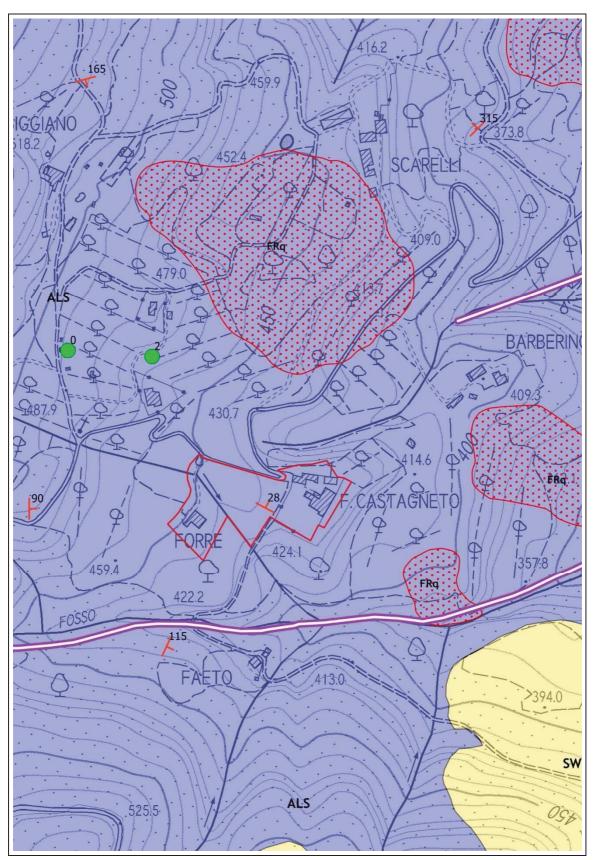


Figura 2 – Legenda della Carta della Pericolosità sismica.

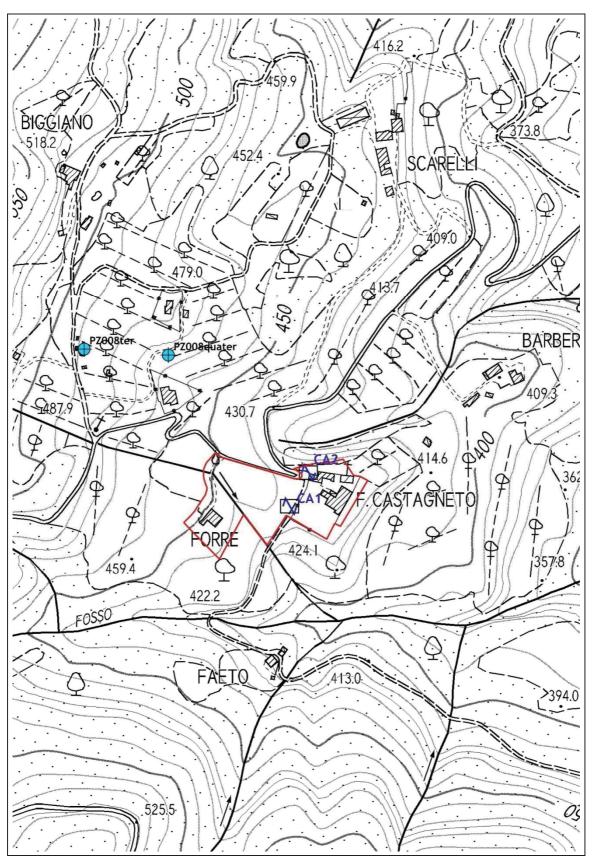






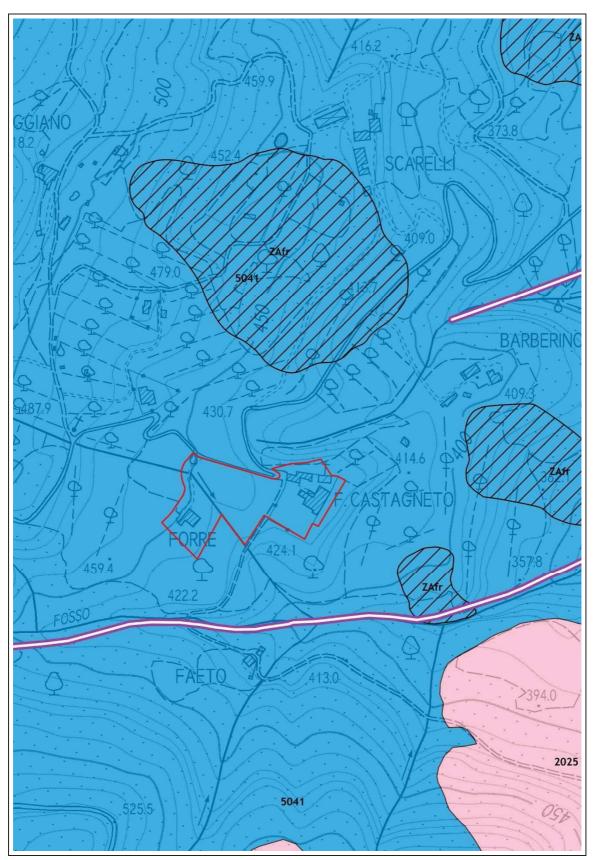
Intervento 2.10 PA 5.01 'Castagneto' – Carta geologico-tecnica, scala 1:5.000.





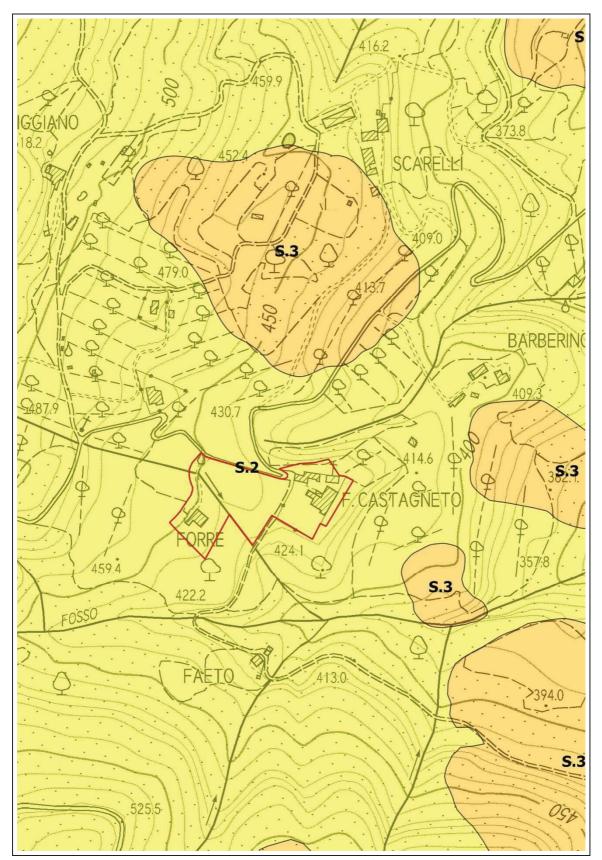
Intervento 2.10 PA 5.01 'Castagneto' – Carta delle Indagini, scala 1:5.000.





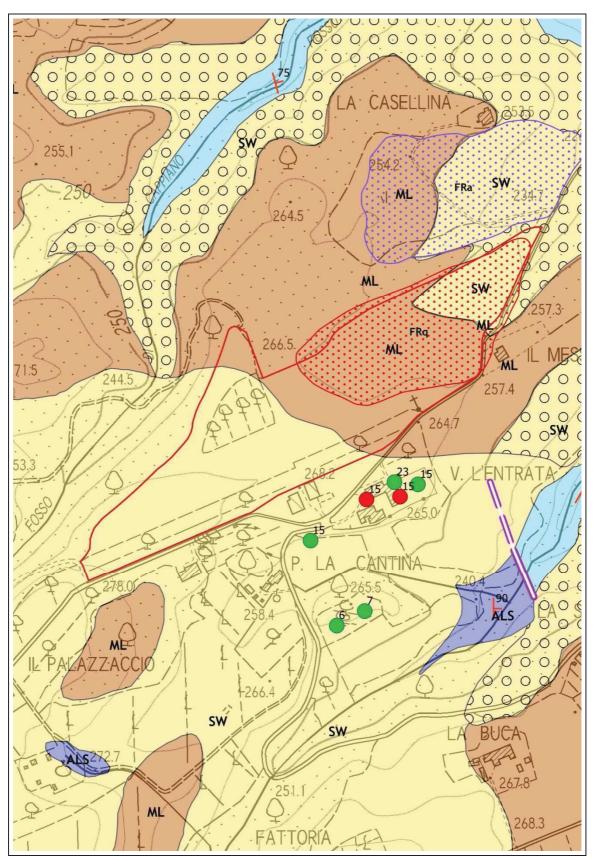
Intervento 2.10 PA 5.01 'Castagneto' – Carta delle MOPS, scala 1:5.000.





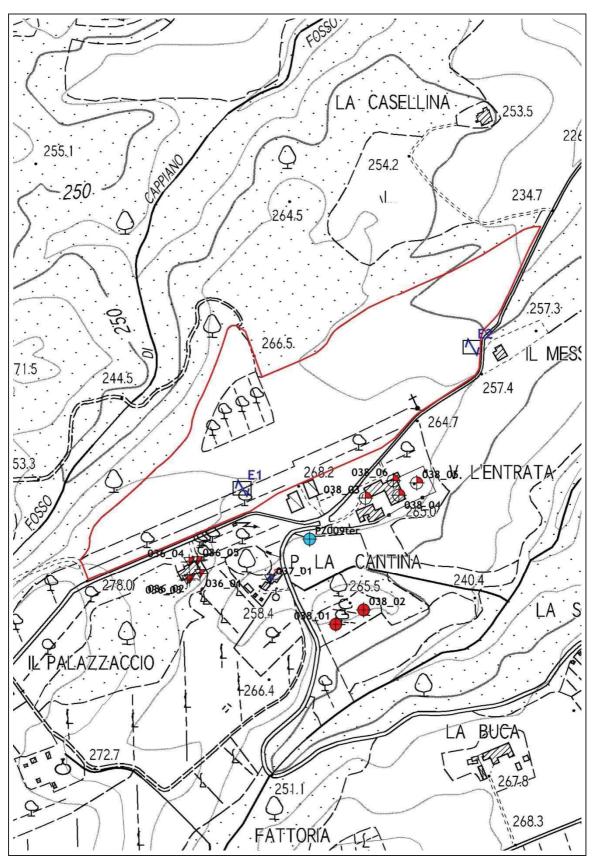
Intervento 2.10 PA 5.01 'Castagneto' – Carta della Pericolosità sismica locale, scala 1:5.000.





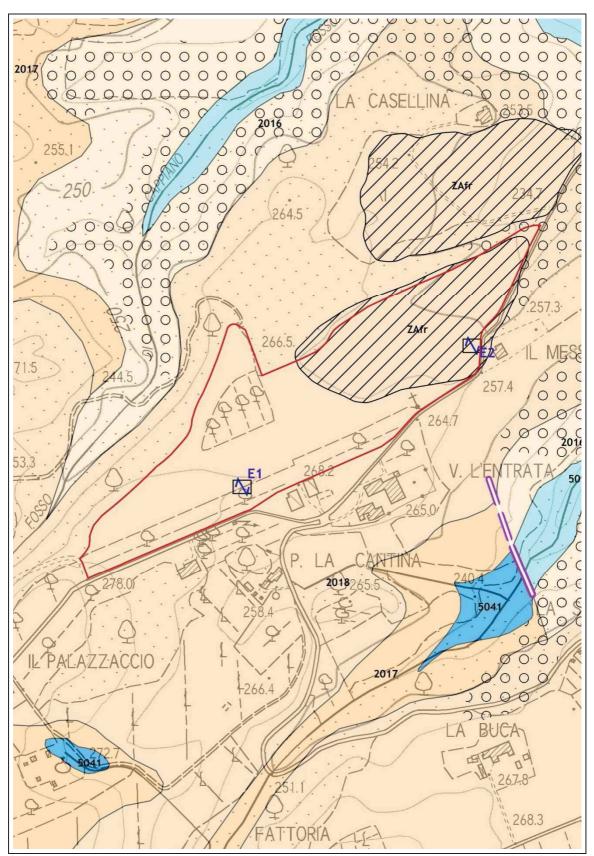
Intervento 3.10 PA 2.03 'L'Entrata' – Carta geologico-tecnica, scala 1:5.000.





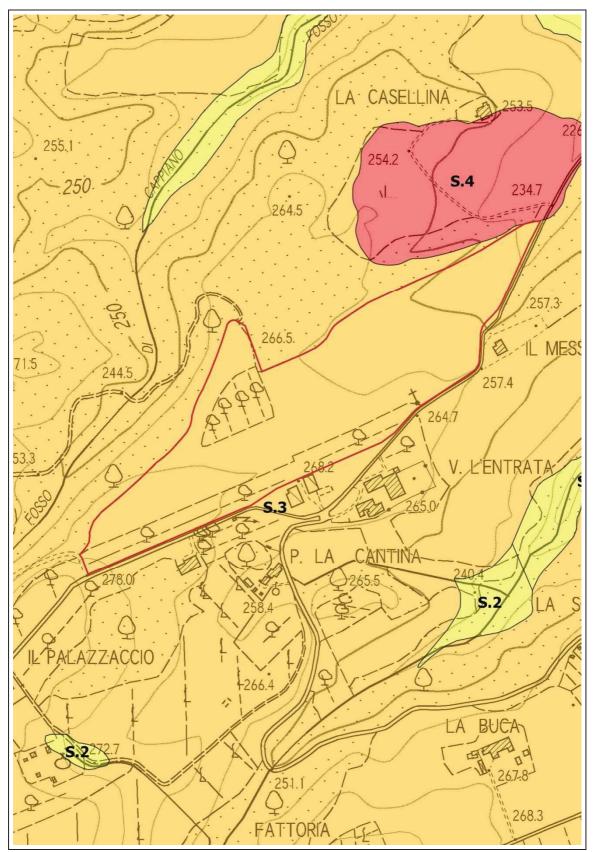
Intervento 3.10 PA 2.03 'L'Entrata' – Carta delle Indagini, scala 1:5.000.





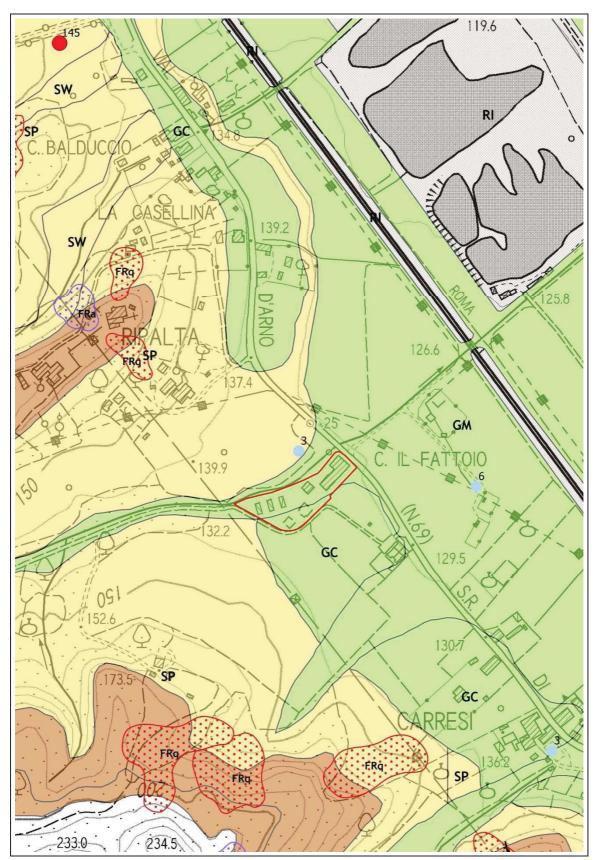
Intervento 3.10 PA 2.03 'L'Entrata' – Carta delle MOPS, scala 1:5.000.





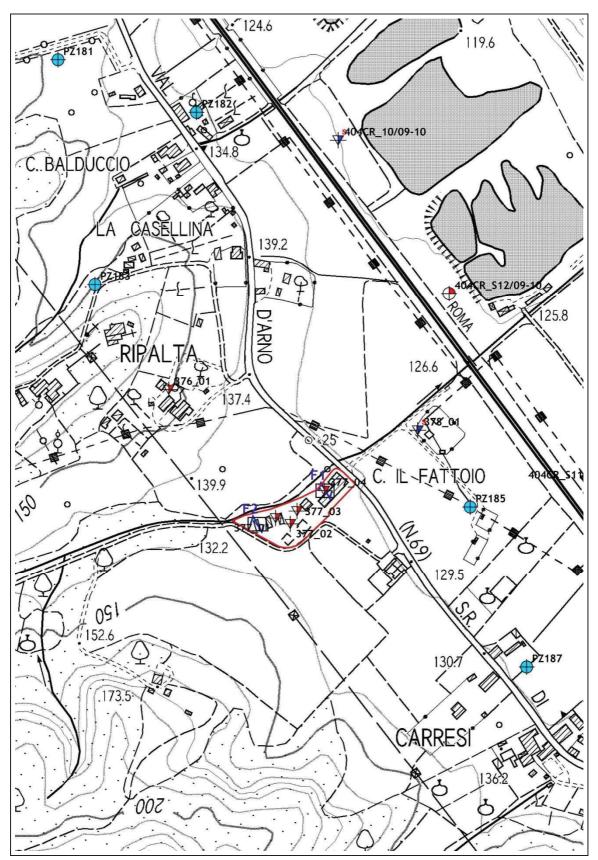
Intervento 3.10 PA 2.03 'L'Entrata' – Carta della Pericolosità sismica, scala 1:5.000.





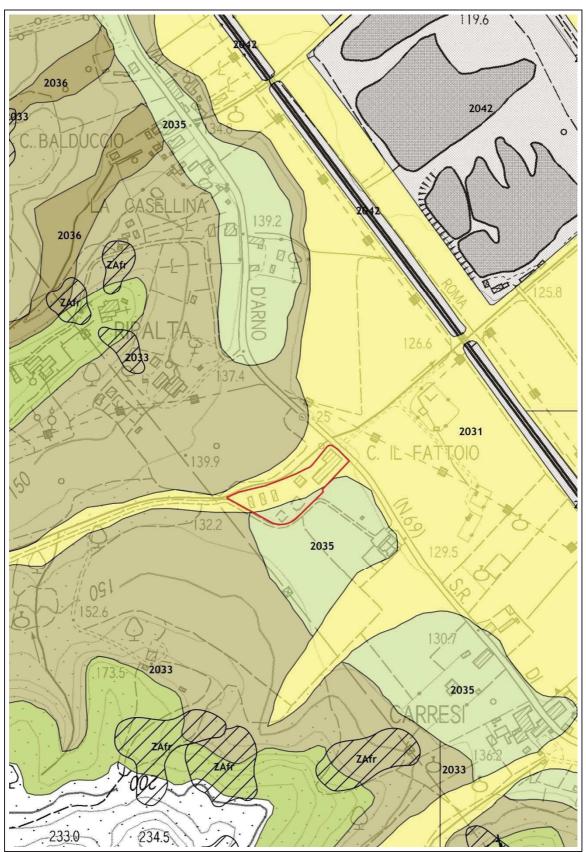
Intervento 10.10 IR PUC1 'Il Fattoio' – Carta geologico-tecnica, scala 1:5.000.





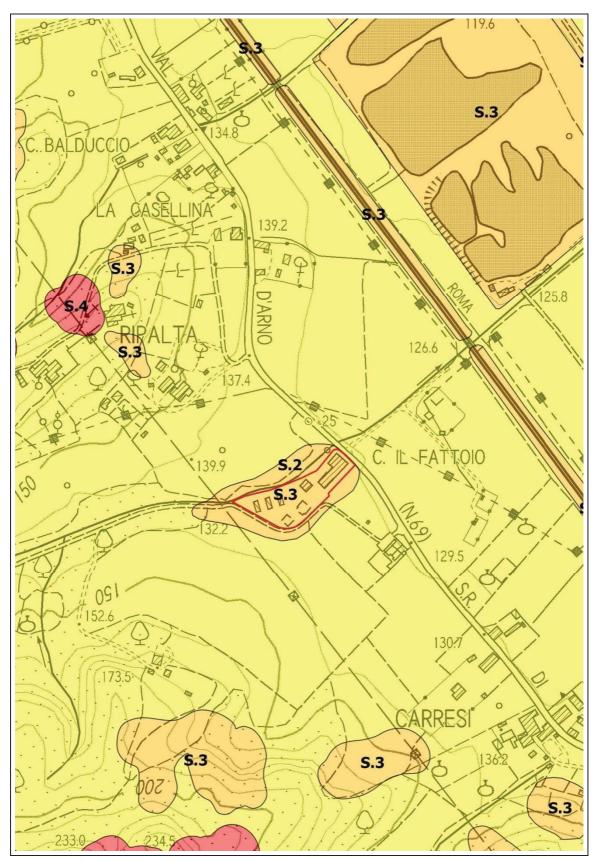
Intervento 10.10 IR PUC1 'Il Fattoio' – Carta delle Indagini, scala 1:5.000.





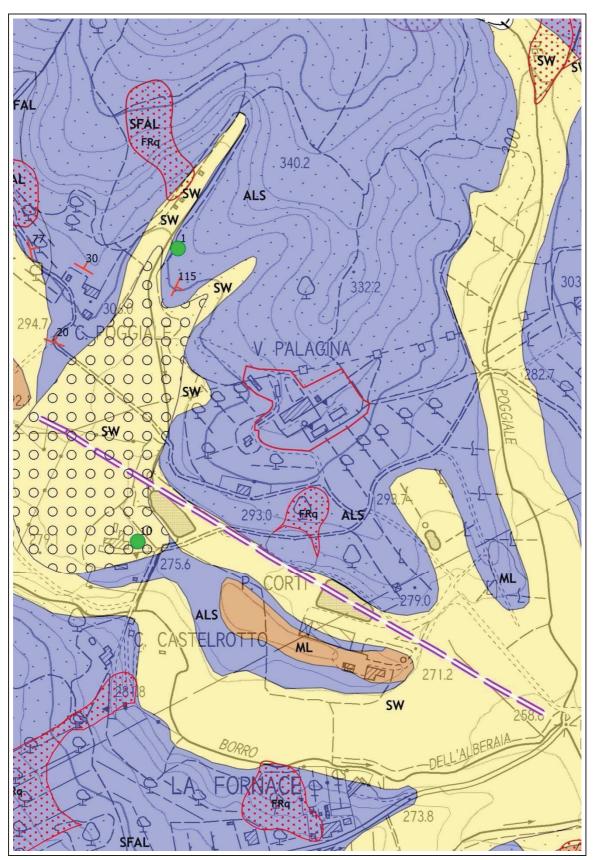
Intervento 10.10 IR PUC1 'Il Fattoio' – Carta delle MOPS, scala 1:5.000.





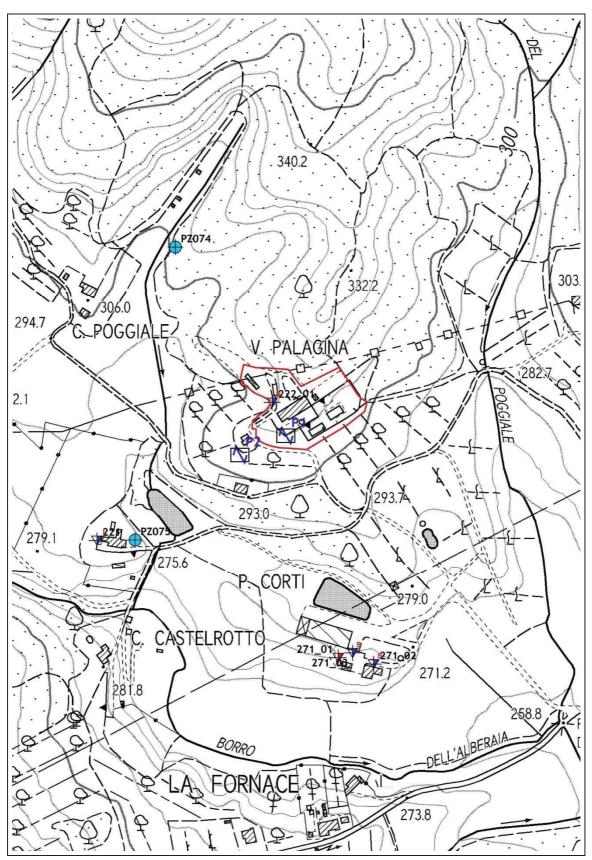
Intervento 10.10 IR PUC1 'Il Fattoio' – Carta della Pericolosità sismica, scala 1:5.000.





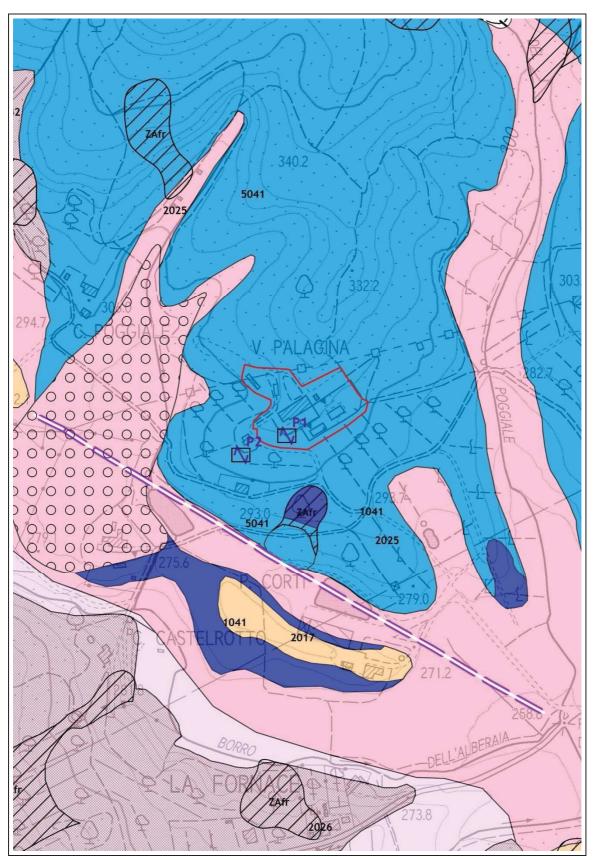
Intervento 10.15 IC3.12 'La Palagina' – Carta geologico-tecnica, scala 1:5.000.





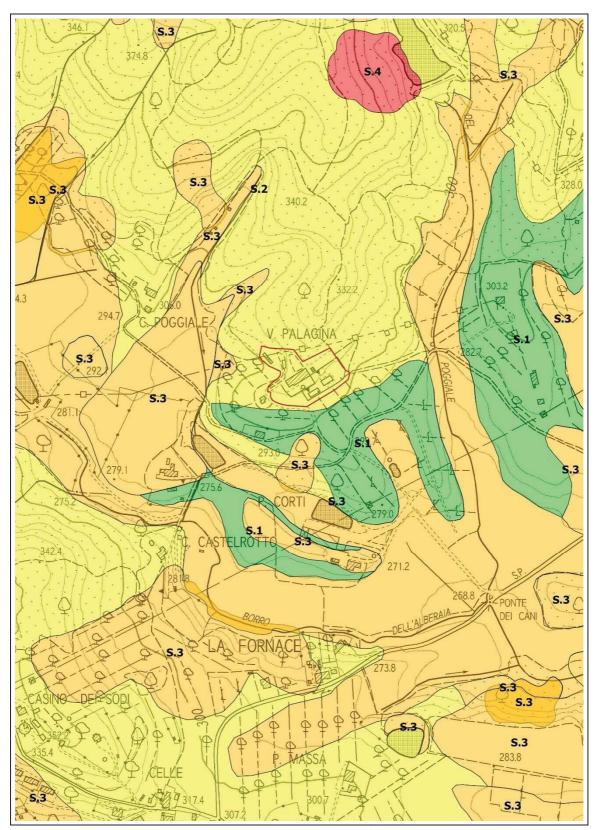
Intervento 10.15 IC3.12 'La Palagina' – Carta delle Indagini, scala 1:5.000.





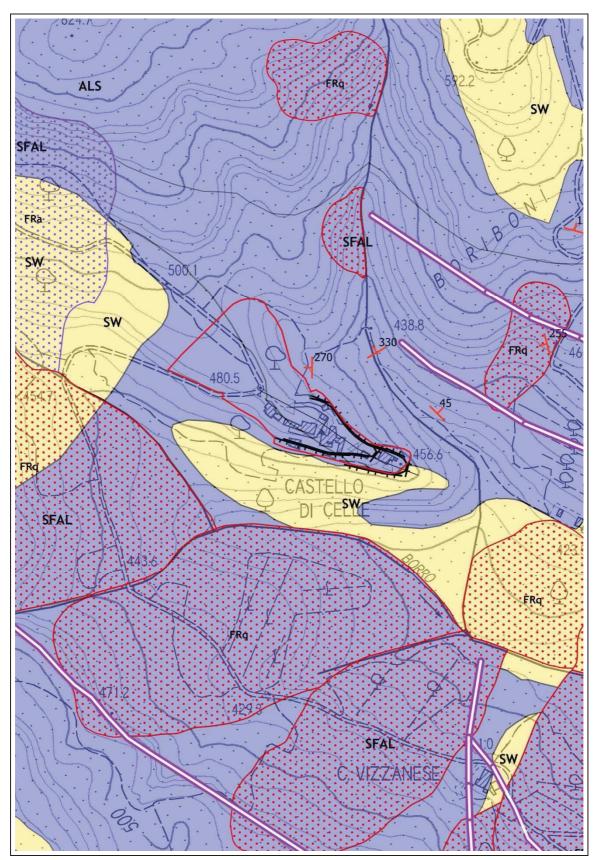
Intervento 10.15 IC3.12 'La Palagina' – Carta delle MOPS, scala 1:5.000.





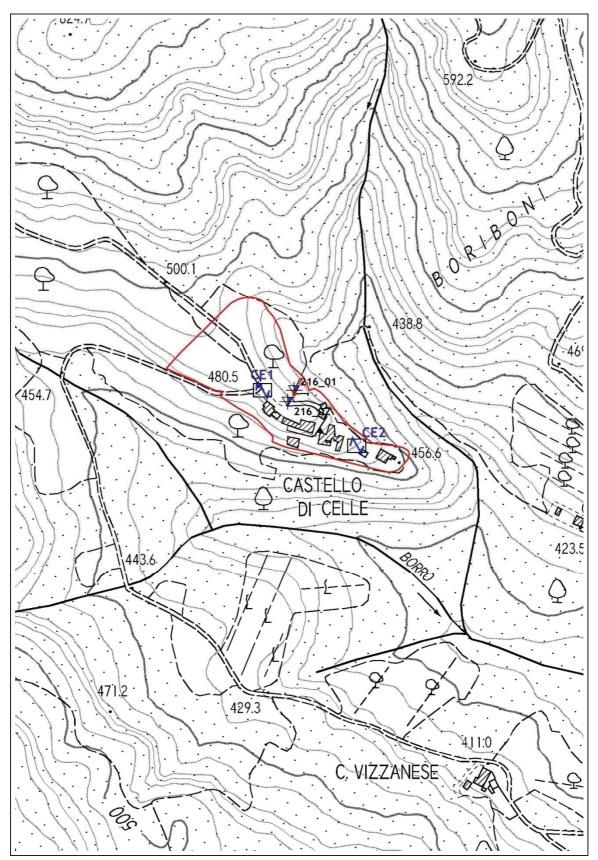
Intervento 10.15 IC3.12 'La Palagina' – Carta della Pericolosità sismica, scala 1:5.000.





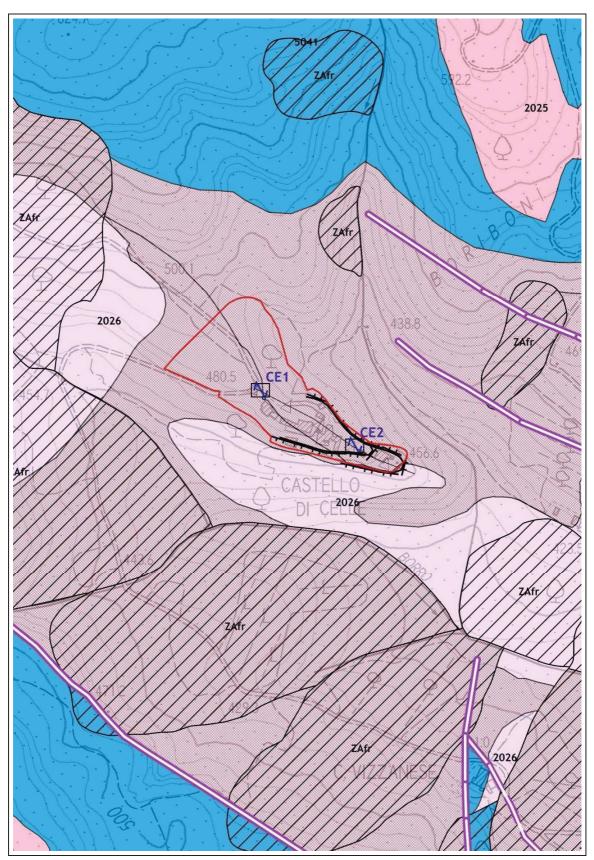
Intervento 16.10 PTA2 'Castello di Celle' – Carta geologico-tecnica, scala 1:5.000.





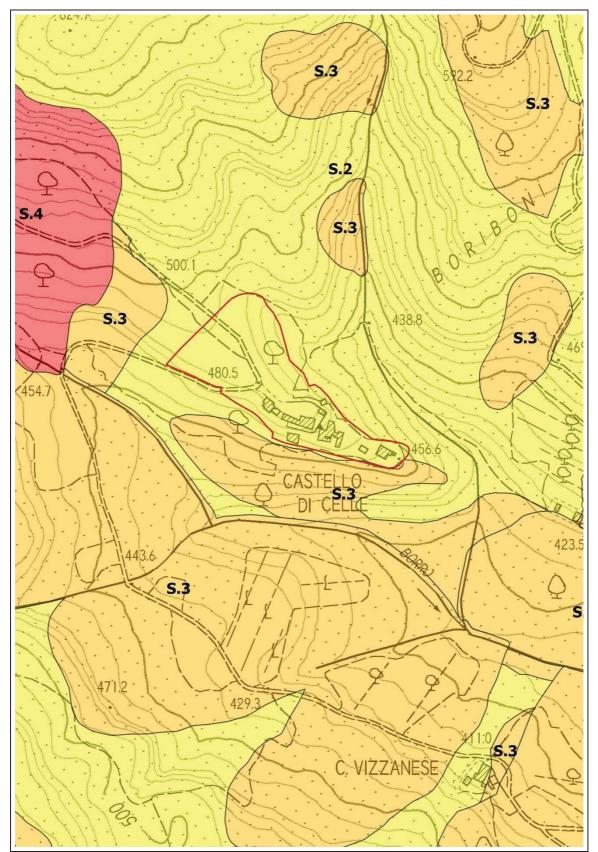
Intervento 16.10 PTA2 'Castello di Celle' – Carta delle Indagini, scala 1:5.000.





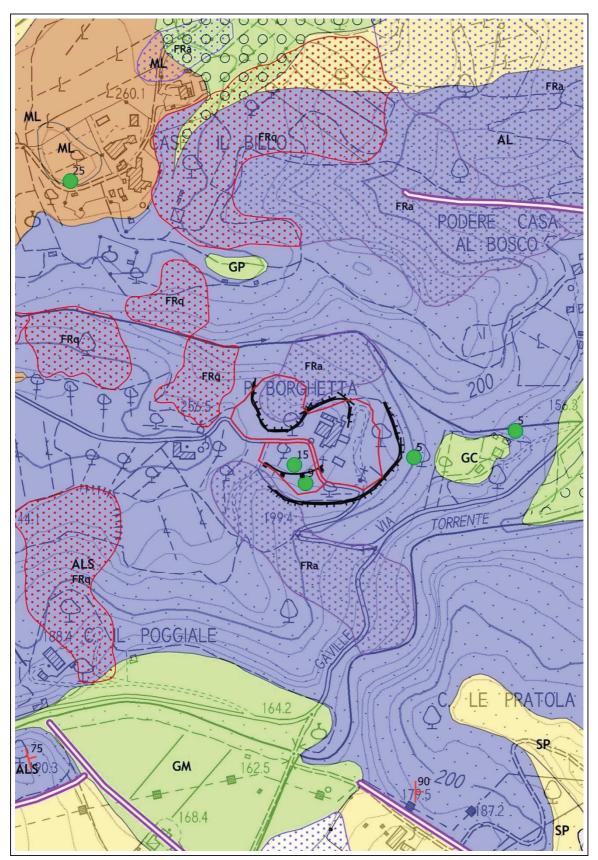
Intervento 16.10 PTA2 'Castello di Celle' – Carta delle MOPS, scala 1:5.000.





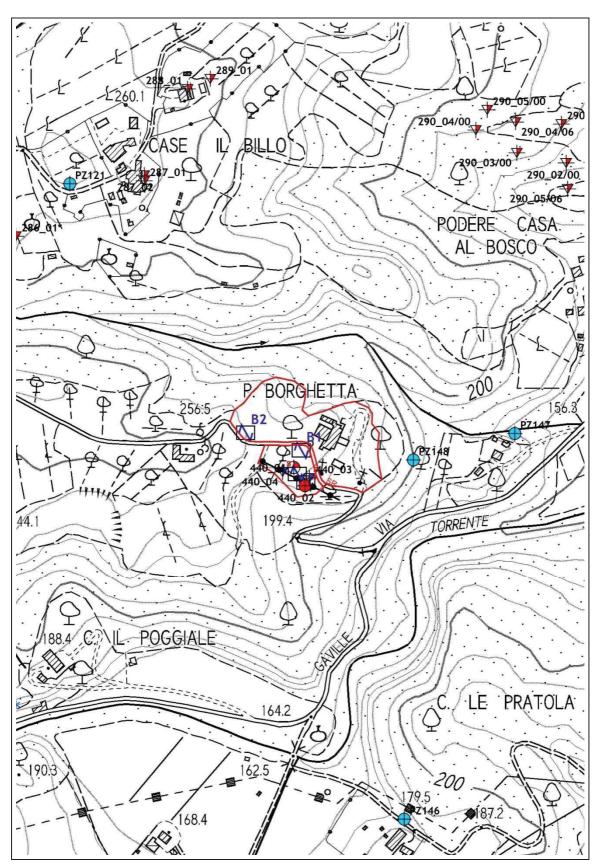
Intervento 16.10 PTA2 'Castello di Celle' – Carta della Pericolosità sismica, scala 1:5.000.





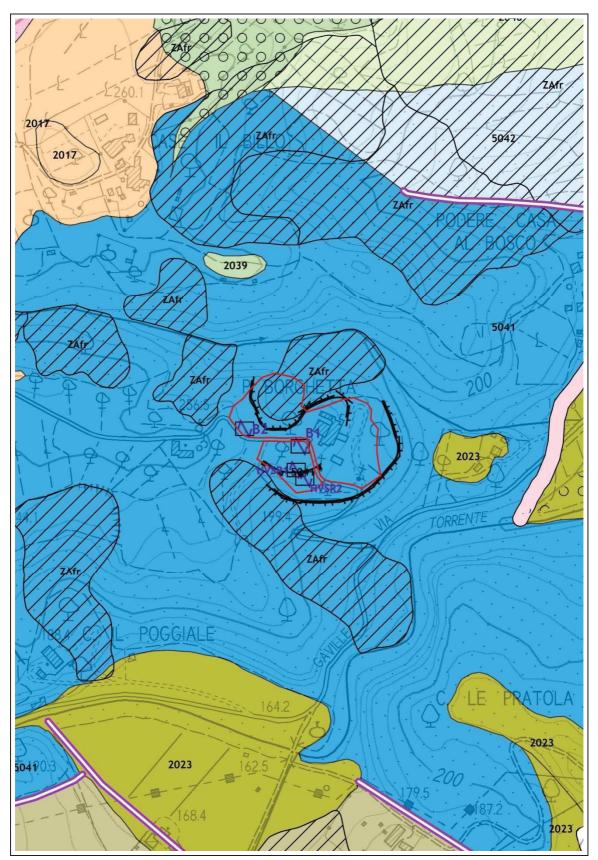
Intervento 12.10k IC3.14 'La Borghetta' – Carta geologico-tecnica, scala 1:5.000.





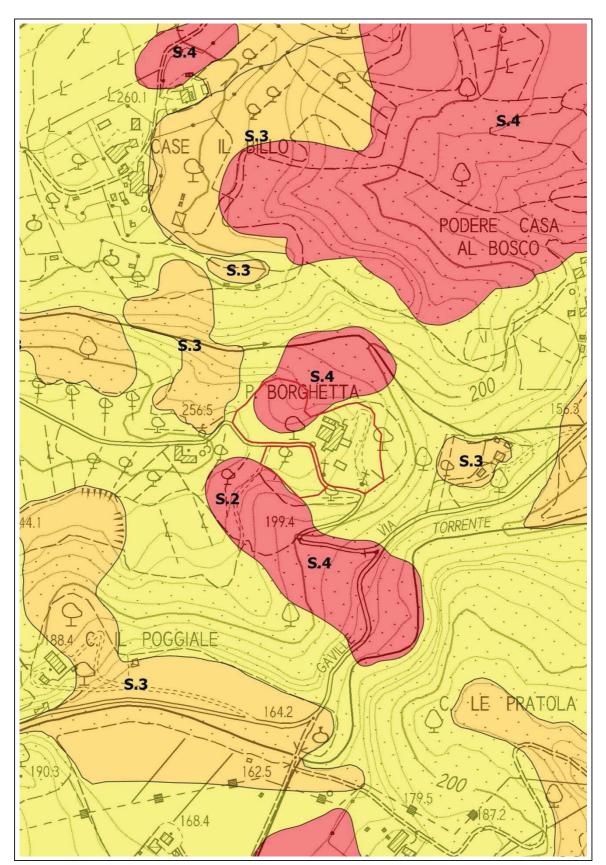
Intervento 12.10k IC3.14 'La Borghetta' – Carta delle Indagini, scala 1:5.000.





Intervento 12.10k IC3.14 'La Borghetta' – Carta delle MOPS, scala 1:5.000.





Intervento 12.10k IC3.14 'La Borghetta' – Carta della Pericolosità sismica, scala 1:5.000.



## ALLEGATO 1 RELAZIONE SULLE INDAGINI GEOFISICHE

# CITTA' METROPOLITANA DI FIRENZE COMUNE DI FIGLINE E INCISA VALDARNO



# Studio di Microzonazione Sismica di Livello 1 su aree puntuali per implementazione indagini del Piano Strutturale del Comune di Figline e Incisa Valdarno (FI)

Data: 14 Giugno 2022

Dott. Geol. Francesco Puccetti

Dott. Geol. Cristian Pieroni

## **INDICE RELAZIONE**

1 - PREMESSA	2
1.1 UBICAZIONE AREA DI STUDIO	2
1.2 INDAGINI GEOGNOSTICHE ESEGUITE	2
1.3 STRUTTURA DELLA RELAZIONE	2
2 – INDAGINE SISMICA PASSIVA HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Noise Ratio)	3
2.1 ACQUISIZIONE DEI DATI DI RUMORE A STAZIONE SINGOLA	4
2.2 ANALISI DEI DATI	5
2.3 IL PROGETTO SESAME	5
2.3.1 CRITERI DI AFFIDABILITA' DEL PICCO	5
2.3.2 CRITERI DI CHIAREZZA DEL PICCO	7
2.3.3 INFORMAZIONI AGGIUNTIVE AI CRITERI SESAME	8
2.4 VALUTAZIONE DELLA QUALITA' DELLE MISURE HVSR	10
2.5 CARATTERISTICHE DELLA STRUMENTAZIONE UTILIZZATA	12
3 – BIBLIOGRAFIA	14

## **ALLEGATI**

- ALLEGATO GRAFICO: ACQUISIZIONI MICROTREMORI RAPPORTO SPETTRALE H/V SPETTRO DELLE SINGOLE COMPONENTI CRITERI DI AFFIDABILITÀ SESAME CLASSIFICAZIONE PROPOSTA DA ALBARELLO ET ALII
- ALLEGATO GRAFICO: UBICAZIONE DELLE INDAGINI

#### 1 – PREMESSA

Il presente documento riguarda la descrizione, l'elaborazione e i risultati delle indagini geofisiche, di tipo HVSR, condotte nel Comune di Figline e Incisa Valdarno (FI).

## 1.1 – UBICAZIONE AREA DI STUDIO

Per la visualizzazione dell'ubicazione di ciascuna indagine geofisica di sismica passiva HVSR svolta si rimanda alla cartografia tematica realizzata.

#### 1.2 – INDAGINI GEOGNOSTICHE ESEGUITE

La caratterizzazione dal punto vista sismico del terreno è stata condotta mediante la realizzazione delle seguenti tipologie di prove geofisiche passive:

n. 12 indagine sismica passiva HVSR per determinare la frequenza di risonanza di sito.

## 1.3 – STRUTTURA DELLA RELAZIONE

La presente relazione descriverà i metodi di indagine utilizzati, illustrerà la metodologia di acquisizione, la strumentazione utilizzata, le tecniche e modalità di interpretazione, e verranno mostrati, in allegato, i risultati ottenuti dalla campagna geofisica svolta a supporto della caratterizzazione sismica del sottosuolo relativamente all'area di indagine.

Verranno quindi in un primo momento illustrate e descritte le varie tecniche di acquisizione dei dati, successivamente verranno riportate le modalità di elaborazione e infine mostrati i risultati ottenuti.

## 2 – INDAGINE SISMICA PASSIVA HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Noise Ratio)

Il metodo reso popolare da Nakamura nel 1989 è una valutazione di tipo sperimentale dei rapporti di ampiezza spettrale fra le componenti orizzontali (H) e la componente verticale (V) delle vibrazioni ambientali sulla superficie terrestre misurati puntualmente mediante l'utilizzo di un apposito sismometro a tre componenti (due orizzontali ortogonali tra di loro ed una verticale).

Proprio dal fatto che tale metodo si basa su di un rapporto viene anche denominato indagine HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Noise Ratio) o più semplicemente prova "di Nakamura".

Rumore al di sotto degli 0.5 Hz è generato prevalentemente da onde marine e perturbazioni atmosferiche mentre al di sopra degli 0.5 Hz il contributo prevalente è dato da vento, traffico veicolare e attività industriali.

Il risultato di tale misura viene mostrato in un grafico in cui il rapporto H/V (in ordinata) è messo in relazione con la frequenza (in ascissa).

Le frequenze alle quali la curva H/V mostra dei picchi sono le frequenze di risonanza del terreno al di sotto del punto di misura.

La risonanza è un fenomeno che si viene a creare quando si hanno forti contrasti di impedenza sismica tra uno strato e il sottostante.

In caso quindi di misura effettuata al di sopra di una roccia la curva H/V non presenterà picchi significativi ma avrà un andamento piano con ampiezza pari ad 1. Maggiore quindi è il contrasto sismico e maggiore sarà la precisione della misura H/V.

Geologicamente quindi una copertura soffice al di sopra di un basamento rigido rappresenta la condizione ottimale per questa metodologia di misurazione.

In questa configurazione molto semplice è possibile quindi mettere in relazione la frequenza di risonanza (f) con la velocità media delle onde S (Vs) e lo spessore della copertura soffice (h) mediante la seguente relazione:

#### $f = V_S/4h$

Data quindi la frequenza di risonanza calcolata tramite il metodo H/V e la velocità media delle Vs delle coperture è quindi possibile ricavare la profondità dello strato a forte impedenza sismica e quindi fare successivamente una valutazione sulla possibile amplificazione simica del sito in esame.

E' importante però che questo metodo (data la sua natura stocastica) sia utilizzato assieme ad una conoscenza generale dell'area di studio dal punto di vista geologico ed a prove di sismica quali MASW e/o rifrazione in modo da avere una conoscenza a priori della natura del sito e della velocità delle coperture.

In assenza di qualsiasi vincolo infatti esistono infiniti modelli (cioè combinazioni Vs-H) che soddisfano la stessa curva H/V.

## 2.1 – ACQUISIZIONE DEI DATI DI RUMORE A STAZIONE SINGOLA

Le misure di rumore a stazione singola si effettuano mediante l'utilizzo di sismometri a tre componenti (chiamati anche tromografi) con una sensibilità tra 0.1 e 20 Hz (corrispondenti ai modi di vibrare della maggior parte delle strutture).

Per quanto riguarda l'acquisizione in campagna bisogna prestare molta cura ed attenzione al posizionamento dello strumento.

L'accoppiamento dello strumento con il terreno deve essere fatto il più solidale possibile evitando interfacce intermedie (ad esempio cemento, fondo stradale ecc.) le quali causano grossi problemi dovuti all'inversione di velocità la cui conseguenza in molti casi è il non corretto risultato della curva H/V.

Importante è la messa in bolla dello strumento, se questo non fosse verificato le misure sarebbero completamente errate. Evitare la misura in giornate particolarmente avverse dal punto di vista meteorologico.

E' sempre consigliabile posizionare lo strumento all'interno di una piccola buca nel terreno in modo da mantenerlo oltre che perfettamente solidale anche al riparo da possibili agenti di disturbo.

Dal momento che la le frequenze di interesse ingegneristico non superano i 25 Hz la frequenza di campionamento non deve essere inferiore ai 50 Hz.

Particolarmente importante è la durata della registrazione. Come accennato in precedenza, la misura di rumore è un fenomeno detto stocastico quindi per avere una validità dal punto di vista statistico è necessaria una consistente quantità di dati i quali si ottengono registrando il rumore per una durata commisurata alla frequenza di risonanza di interesse.

In generale quindi per avere un dato concreto riguardante un bedrock sismico profondo (basse frequenze di risonanza) sarà necessario un tempo di registrazione più lungo rispetto ad un bedrock sismico superficiale (alte frequenze di risonanza).

L'orientamento dello strumento in via convenzionale deve essere rivolto verso il Nord geografico.

In presenza di elementi topografici o morfologici lo strumento dovrebbe essere allineato secondo gli assi di questi in modo da cogliere eventuali effetti di direttività. Quest'ultima può essere causata o da una non omogenea distribuzione delle sorgenti attorno allo strumento di misura o da cause derivanti dalla natura del sottosuolo sia per motivi topografici (misure a bordo di una scarpata ad esempio) sia per motivi stratigrafici (valli sepolte, stratificazioni inclinate ecc.). Le misure quindi in cui è presente questa problematica vanno interpretate con cautela.

#### 2.2 – ANALISI DEI DATI

Una volta registrate le serie temporali di ciascuna componente il calcolo della curva H/V avviene passando al dominio delle frequenze e facendo il rapporto tra la componente H e la componente V. La componente H è la media delle due componenti orizzontali.

Per quanto riguarda le fasi dettagliate del processing si fa riferimento alle linee guide fornite dal progetto SESAME (2004).

La fase di interpretazione successiva deve essere fatta con alcuni accorgimenti fondamentali:

- 1- La curva H/V deve essere statisticamente significativa, ovvero deve avere una deviazione standard sia in ampiezza che in frequenza ridotta. Se questo non fosse verificato, premesso che la prova è stata acquisita tenendo presente tutti gli accorgimenti descritti nel precedente paragrafo, è necessario "pulire" la curva H/V. SESAME (2004) propone la rimozione nella serie temporale di quelle finestre in cui la deviazione standard del segnale STA (media a breve termine) è maggiore della media a lungo termine (LTA). Si tratta quindi dell'eliminazione di quelle finestre in cui è evidente la presenza di segnali di disturbo (detti transienti).
- 2- La curva H/V deve essere SEMPRE osservata insieme agli spettri di ciascuna componente in modo da poter effettivamente individuare quei picchi di natura stratigrafica. In condizioni normali infatti le tre componenti hanno ampiezze simili. Alla frequenza di risonanza si ha un picco del rapporto H/V in quanto diminuisce la componente verticale determinando una forma a "occhio" o "ogiva" indice di una risonanza stratigrafica. I picchi di forma differente non sono attribuibili a cause stratigrafiche.

## 2.3 - IL PROGETTO SESAME

Il progetto SESAME ha stabilito delle direttive per garantire la riproducibilità delle misure H/V, indispensabile per ottenere dei dati rappresentativi e poco influenzati dal contesto di misura ed ambientale.

Le direttive fornite dal progetto SESAME descrivono diversi criteri da seguire mediante i quali è possibile valutare l'attendibilità della curva H/V.

#### 2.3.1 – CRITERI DI AFFIDABILITÀ DEL PICCO

Le seguenti condizioni di affidabilità sono state stabilite grazie al progetto SESAME (Site Effects Assessment Using Ambient Excitations), a seguito dei numerosi studi condotti (SESAME 2004).

La prima condizione necessaria per ritenere una curva H/V affidabile, è la sua riproducibilità nello stesso sito con altre sorgenti e tipologie di rumore ambientale, e mediante una differente selezione di finestre.

In sintesi i primi tre criteri tutti da soddisfare sono i seguenti:

- 1.  $f_0 > 10 / l_w$ , ovvero che alla frequenza di interesse devono trovarsi almeno 10 cicli significativi nella finestra selezionata.;  $l_w$  è la lunghezza della finestra.
- 2.  $n_c = l_w$ .  $n_w$ .  $f_0 > 200$ , ossia che il numero di cicli significativi sia maggiore di 200;  $n_w$  è il numero di finestre selezionate per condurre l'analisi.
- 3. un basso livello di scattering tra le finestre. Deviazioni standard troppo elevate sono riportabili a situazioni di scarsa stazionarietà ed alta perturbazione del segnale, quindi ad una bassa rappresentatività. In particolare la deviazione standard deve essere minore di 2 (se  $f_0 > 0.5$ ) nell'intervallo  $0.5f_0 < f < 2f_0$  e minore di 3 (se  $f_0 < 0.5$ ) sempre nel solito intervallo.

Per quanto detto nel punti I e II quindi un picco ad 1 Hz per la sua corretta affidabilità devono esserci almeno 20 finestre di 10 s ognuna, o per un picco a 0,5 Hz, 10 finestre a 40s.

Nella tabella sottostante vengono indicati parametri di affidabilità a seconda del picco di interesse.

f <sub>0</sub> [Hz]	Minimum value	Minimum number of significant cycles (nc)	Minimum number of windows	Minimum useful signal duration [s]	Recommended minimum record duration [min]
0.2	50	200	10	1000	30'
0.5	20	200	10	400	20'
1	10	200	10	200	10'
2	5	200	10	100	5'
5	5	200	10	40	3'
10	5	200	10	20	2'

Poiché i transienti eventualmente presenti nella registrazione vanno eliminati in fase di processing, è opportuno allungare il tempo di registrazione.

La tabella sopra indicata, fornita dal progetto SESAME deve comunque essere utilizzata in maniera molto indicativa.

Nella realtà infatti bisogna tenere presente che per la registrazione corretta di un picco a basse frequenze (bedrock sismico profondo quindi) a seconda delle caratteristiche geologiche del sito sono necessari tempi di registrazione superiori (anche nell'ordine delle ore).

E' quindi buona norma prima di effettuare misure di rumore conoscere la geologia della zona da investigare e fare riferimento a tutte le prove pregresse effettuate nel sito.

## 2.3.2 – CRITERI DI CHIAREZZA DEL PICCO

Nel migliore dei casi, la curva mostra un singolo picco 'netto', definibile in termini di ampiezza, deviazione standard relativa ed assoluta. In termini di ampiezza deve soddisfare le seguenti condizioni:

- 1. Esistenza di una frequenza  $f^-$  tra  $f_0/4$  ed  $f_0$  tale che  $A_0$  /  $A_{H/V}(f^-)>2$ ; dove  $A_0$  rappresenta l'ampiezza media del picco e  $A_{H/V}(f^-)$  l'ampiezza della frequenza  $f^-$ .
- 2. Esistenza di un'altra frequenza  $f^+$ , compresa tra  $f_0$  e  $4f_0$ , tale che  $A_0 / A_{H/V}(f^+) > 2$ ;
- 3.  $A_0 > 2$ .

Viceversa le condizioni di **stabilità** sono che:

- 1. Il picco deve apparire alla stessa frequenza sulle curve H/V corrispondenti alla somma e differenza della deviazione standard, con una percentuale del 5%;
- 2. La deviazione standard del picco in frequenza  $\sigma_f$ , deve essere inferiore ad una soglia massima  $\varepsilon(f_0)$ ;
- 3. La deviazione standard del picco in ampiezza  $\sigma_A$  ( $f_0$ ), deve essere inferiore ad una soglia massima  $\theta(f_0)$ ; Il valore  $\sigma_A$  ( $f_0$ ) rappresenta il numero con cui moltiplicare e dividere la curva media H/V per ottenere le curve relative alla deviazione standard.

Di seguito sono inseriti i valori massimi accettabili per le deviazioni standard a diversi range di frequenza del picco.

Frequency range [Hz]	< 0.2	0.2 - 0.5	0.5 - 1.0	1.0 - 2.0	> 2.0
$\varepsilon (f_0) [Hz]$	0.25 f <sub>0</sub>	0.20 f <sub>0</sub>	0.15 f <sub>0</sub>	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta$ (f <sub>0</sub> ) for $\sigma$ <sub>A</sub> (f <sub>0</sub> )	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
Log $\theta$ (f <sub>0</sub> ) for $\sigma_{logH/V}$ (f <sub>0</sub> )	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

Quindi se la curva H/V per un dato sito soddisfa almeno 5 di queste 6 condizioni, il valore di  $f_0$  è da considerarsi rappresentativo della frequenza fondamentale; se l'ampiezza di picco  $A_0$  è

maggiore di 4 o 5, si può affermare con certezza che esiste una discontinuità ed un contrasto di velocità ad una qualche profondità.

Bisogna infine verificare che:

- 1. la frequenza  $f_0$  è consistente con la frequenza di cut-off del sensore e con la sensitività;
- 2. il picco non ha origine industriale.

In basso si riporta un esempio di curva H/V, con picco 'netto' che soddisfa le condizioni di stabilità.

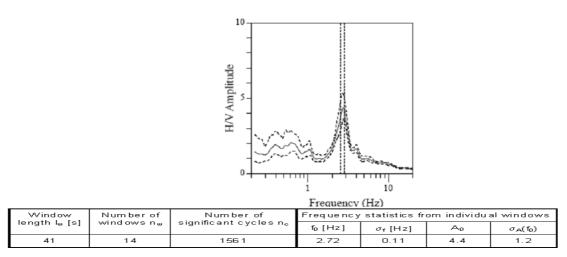


Fig. 10 - Esempio di picco netto da SESAME (2004)

Non sempre la curva H/V mostra dei picchi netti. Talora sono poco chiari o allargati, e non soddisfano le condizioni sopra citate.

In questi casi sono imputabili a diversi fattori quali: un contrasto di impedenza moderato o alla bassa frequenza delle vibrazioni ambientali; condizioni di misura ventose e perturbate; un disaccoppiamento suolo-sensore; disturbi a bassa frequenza (camion, macchine a grande distanza); parametri di smoothing inadeguati; sensore a frequenza e sensitività troppo basse.

## 2.3.3 – INFORMAZIONI AGGIUNTIVE AI CRITERI SESAME

A questo punto verificati i punti sopra elencati occorre allegare a tali risultati altre informazioni non descritte nel progetto SESAME per dare maggiore stabilità all'indagine.

Di seguito l'elenco completo:

1. Stazionarietà temporale dei rapporti spettrali.

In pratica una volta effettuata la registrazione, il dato viene diviso dall'operatore in finestre temporali, per ciascuna di esse il software calcola la curva H/V e come output restituisce un diagramma FT in cui al variare del tempo viene mostrato l'andamento del segnale.

Il segnale è stazionario se la forma dell'H/V nell'intervallo di frequenze di interesse rimane stazionaria per almeno il 30% circa della durata della misura.

2. Direttività del segnale (azimuth).

Il software calcola una volta selezionate le finestre la direttività del segale ovvero la sua provenienza rispetto all'orientazione degli assi dei sensori dello strumento (di norma la componente orizzontale NS deve essere rivolta verso Nord).

La direttività corretta si ha quando il picco H/V (nel caso sia presente uno solo altrimenti tutti i picchi) è presente da 0 a 180° (da 180° a 360° è superfluo poiché la distribuzione del segnale è speculare) ovvero le sorgenti intorno allo strumento sono uniformi in tutte le direzioni.

Viceversa in caso di segnali direttivi in un range ridotto di frequenze le cause possono essere varie tra cui sorgenti non uniformi (es. rumori industriali).

In questo caso il risultato della registrazione non è attendibile. le variazioni azimuthali di ampiezza non devono superare il 30% del massimo.

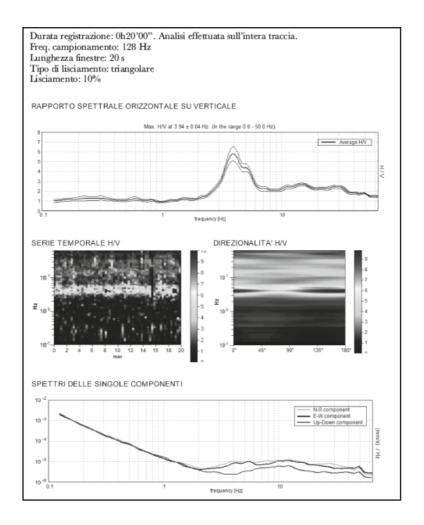
Questo deriva dal fatto che, nonostante la natura stocastica del fenomeno, in presenza di un campo d'onda diffuso, ovvero caratterizzato da sorgenti posizionate in maniera statisticamente omogenea attorno al sito di misura che si attivano in maniera non coordinata, l'andamento medio del segnale risulterà statisticamente indipendente dalla loro natura e posizione e sarà condizionato soprattutto dalla struttura del sottosuolo.

3. Si deve inoltre allegare l'andamento complessivo del rapporto H/V e gli spettri di ciascuna componente.

Ciò è utile per verificare che in corrispondenza del picco ci sia un effettivo abbassamento della componente verticale rispetto alle componenti orizzontali (plausibilità fisica).

Inoltre mediante il confronto dei vari spettri è possibile verificare se lo strumento è bene in bolla e l'eventuale presenza di inversioni di velocità caratterizzate contrariamente da quanto detto in precedenza da un abbassamento delle componenti orizzontali rispetto alla componente verticale.

4. Bisogna verificare l'assenza di rumore elettromagnetico caratterizzato da una forte direttività e da picchi molto stretti nella curva H/V.



Picco H/V a 3.9 ± 0.04 Hz (nell'interva	dlo 0.0 - 50.0 Hz).		
Criteri p er una curva H/V affidabile [Tuti 3 dovrebbero risultare soddsfatti]			
f <sub>0</sub> > 10 / L <sub>w</sub>	3.94 > 0.50	ок	$\overline{}$
$n_e(f_0) > 200$	4725.0 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2 \text{ per } 0.5f_0 < f < 2f_0 \text{ se } f_0 > 0.5Hz$	Superato 0 volte su 190	OK	
$\sigma_A(f) < 3 \text{ per } 0.5f_0 < f < 2f_0 \text{ se } f_0 < 0.5\text{Hz}$	1		
Criteri per un picco H/V chiaro [Almeno 5 su 6 dovrebbero esere soddisfati]			
Esiste f' in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H,V}(f') \leq A_0 / 2$	3.031 Hz	OK	
Esiste $f^*$ in $[f_0, 4f_0]   A_{H/V}(f^*) < A_0 / 2$	5.938 Hz	OK	
A <sub>0</sub> > 2	5.79 > 2	ок	
$f_{\rm pieco}[A_{\rm H, V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	[0.00462] < 0.05	ок	
$\sigma_f \le \epsilon(f_0)$	0.01818 < 0.19688	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.3534 < 1.58	ок	

Fig. 11 - Esempio di acquisizione corretta e presentazione dei risultati (D.Albarello,S.Castellaro, 2011)

## 2.4 – VALUTAZIONE DELLA QUALITÀ DELLE MISURE HVSR

E' proposta, quale metodo di valutazione della qualità tecnica delle misure HVSR acquisite, la classificazione proposta da Albarello et alii, 2010 e Albarello & Castellaro, 2011.

L'obiettivo della classificazione è fornire una indicazione immediata circa la qualità delle singole misure H/V, con lo scopo di aiutare gli operatori nella fase interpretativa e nel confronto con altri dati osservati.

La classificazione di Albarello et alii, 2010 e Albarello & Castellaro, 2011 si divide in 3 classi principali: Classe A, Classe B e Classe C.

Classe A: H/V affidabile e interpretabile: può essere utilizzata anche da sola.

- 1. la forma dell'H/V nell'intervallo di frequenze di interesse rimane stazionaria per almeno il 30% circa della durata della misura (stazionarietà)
  - 2. le variazioni azimuthali di ampiezza non superano il 30% del massimo (isotropia)
- 3. non ci sono indizi di rumore elettromagnetico nella banda di frequenza di interesse (assenza di disturbi)
- 4. i massimi sono caratterizzati da una diminuzione localizzata di ampiezza dello spettro verticale (plausibilità fisica)
- 5. i criteri di SESAME per una curva H/V attendibile (primi 3 criteri) sono verificati (robustezza statistica)
  - 6. la misura è durata almeno 15/20 minuti (durata)

ECCEZIONE per la Classe A: misure effettuate su roccia integra affiorante o in zone alluvionali fini con basamento sismico molto profondo (tipicamente > 1 km) possono non mostrare alcun picco statisticamente significativo della curva H/V nell'intervallo di frequenze di interesse ingegneristico, a causa dell'assenza di contrasti di impedenza sufficientemente marcati. In questi casi, in cui la curva H/V apparirà piatta e con ampiezza circa pari a 1, il criterio 5 risulterà non verificato anche se la misura è di fatto attendibile.

**Classe B**: curva H/V sospetta (da "interpretare"): va utilizzata con cautela e solo se coerente con altre misure ottenute nelle vicinanze

1. almeno una delle condizioni della classe A non è soddisfatta, a condizione che non si rientri nell'ECCEZIONE per la Classe A.

Classe C: curva H/V scadente e di difficile interpretazione: non va utilizzata

- 1. misura di tipo B nella quale la curva H/V mostra una ampiezza crescente al diminuire della frequenza (deriva), indice di un movimento dello strumento durante la misura
- 2. misura di tipo B nella quale si evidenza la presenza di rumore elettromagnetico nell'intervallo di frequenze di potenziale interesse.

Per le sole Classi A e B si possono pertanto definire due sottoclassi delle classi precedenti, ossia: Tipo 1. Presenta almeno un picco "chiaro" secondo i criteri di SESAME: possibile

risonanza Tipo 2. Non presenta picchi "chiari" nell'intervallo di frequenze di interesse: assenza di risonanza

## 2.5 – CARATTERISTICHE DELLA STRUMENTAZIONE UTILIZZATA

Le misure di rumore HVSR sono state tutte registrate mediante l'utilizzo del tromografo *THEREMINO*, costituito da geofoni con frequenza di 4.5 Hz

La sua particolare forma e utilizzo è il risultato di alcune considerazioni sperimentali e non per motivi estetici o di designer:

- 1- Forma circolare per avere la minima resistenza al vento;
- 2- Cupola semisferica ribassata per avere la minima resistenza al vento;
- 3- Baricentro molto ribassato per avere la massima stabilità;
- 4- Peso aumentato da una zavorre in piombo;
- 5- Diametro sufficientemente largo per avere una maggiore stabilità;
- 6- Materiale in policarbonato per isolare acusticamente i geofoni dai rumori antropici ed ambientali;
- 7- I cavi non devono essere posizionati verticalmente rispetto allo strumento perché causano vibrazioni dovute al vento, il cavo ha l'effetto " bandiera " generando frequenze orizzontali che non hanno nulla a che fare con i microtremori;
- 8- Aumento sella larghezza della base di appoggio, in questo modo i tre puntali che poggiano sul terreno aumentano la stabilita dello strumento e garantiscono una riduzione della rumorosità strumentale indotta da vento e rumori antropici;
- 9- Distanza identica tre i vari puntali, in questo modo si ha una eguale distribuzione a 360° delle vibrazioni indotte del terreno;
- 10-Con il piombo di zavorra si è aumentato la pressione sul terreno evitando cosi saltellamenti verticali e garantendo una maggiore aderenza e continuità tra terreno e strumento;
- 11-La zavorra in piombo posizionata nella arte medio bassa della piastra e l'alleggerimento della cupola hanno spostato il baricentro strumentale a pochi cm dal piano di appoggio sul terreno, ciò va a favore della stabilita;
- 12-La forma rotondeggiante della piastra e la forma semisferica della cupola permette di avere un alto grado si permeabilità al vento, possibile affondate la piastra di 4-5 cm nel terremo estirpando la cotica erbosa superficiale, in questo modo dal piano si campagna spunta solo la cupola riducendo ulteriormente l'effetto vento;

- 13-Isolamento acustico del geofono grazie allo spessore della cupola, in questo modo di riduce l'effetto "microfono" dei geofoni che trasformano i rumori acustici in fastidiosi disturbi e rumori random;
- 14-Spessori centimetrici delle pareti dell'ufo per evitare vibrazioni dannose dovute a spessori millimetrici dei contenitori spesso in plastica della scatola utilizzata;
- 15-Minima superficie laterale per ridurre l'impatto con il vento;
- 16-La forma tondeggiante e semisferica della piastra e della cupola permette di avere la medesima disposta al vento in tutti i 360 gradi;
- 17-Contenitore basso e largo, e pesante al contrario di molti strumenti stretti alti e leggeri con pareti di lamierino sottile (vere casse acustiche), il contrario di come dovrebbero essere;
- 18-Molta cura nel posizionamento all'interno dello strumento dell'elettronica e dei geofoni, riduzione al massimo di componenti inutili che hanno lo scopo di sporcare il segnale e una cura per schermare il segnale da inquinamento elettromagnetico.

## <u>3 – BIBLIOGRAFIA</u>

D. Albarello, S. Castellaro. Tecniche sismiche passive: indagini a stazione singola Ingegneria Sismica Anno XXVIII – n. 2-2011.

SESAME European research project. Guidelines for implementation of the H/V spectral ratio technique on ambient vibrations, measurements, processing and interpretation (2004).

# **ALLEGATI**

- ALLEGATO GRAFICO: ACQUISIZIONI MICROTREMORI RAPPORTO SPETTRALE

  H/V SPETTRO DELLE SINGOLE COMPONENTI CRITERI DI AFFIDABILITÀ SESAME 
  CLASSIFICAZIONE PROPOSTA DA ALBARELLO ET ALII
  - ALLEGATO GRAFICO: UBICAZIONE DELLE INDAGINI

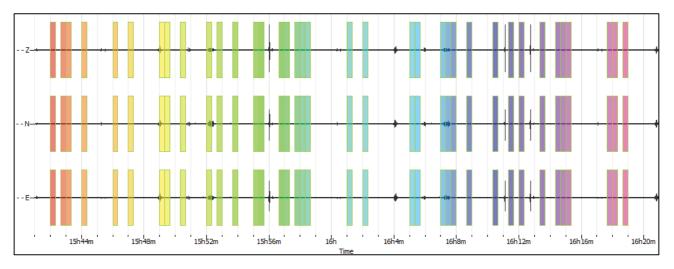
- ALLEGATO GRAFICO: ACQUISIZIONI MICROTREMORI – RAPPORTO SPETTRALE H/V – SPETTRO DELLE SINGOLE COMPONENTI – CRITERI DI AFFIDABILITÀ SESAME – CLASSIFICAZIONE PROPOSTA DA ALBARELLO ET ALII

Stazione	Castagneto_1
Strumento	Theremino
Data acquisizione	Giugno 2022
Durata registrazione	40 minuti
Freq. Campionamento	500 Hz
Lunghezza finestre	20 s
Numero di finestre analizzate	37 (31% del tracciato)
Tipo di lisciamento	Konno & Ohmachi
Lisciamento	40
Orientamento strumentazione	0° N
Terreno di misura	Suolo naturale
Meteo	Sereno

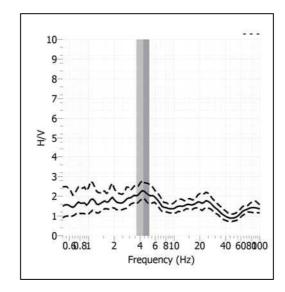


Frequenza del picco H/V	4.35 Hz
Ampiezza Media della frequenza	2.28

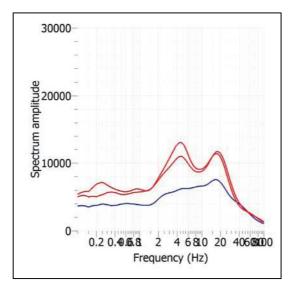
## ACQUISIZIONE E FINESTRE DI ELABORAZIONE



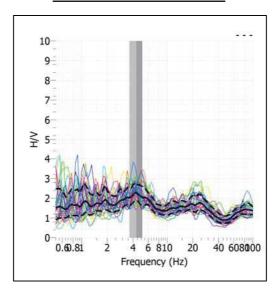
## RAPPORTO SPETTRALE H/V



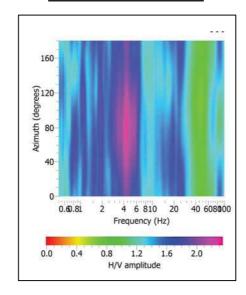
## SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



## **SERIE TEMPORALE H/V**



## DIREZIONALITA' H/V



# CRITERI SESAME

Window length l <sub>w</sub> [s]	of of of windows significant		Freque	ency statisti wind		dividual	cont	eder	o di nza	
[3]	n <sub>w</sub>	cycles n <sub>c</sub>	fo [Hz]	σ <sub>f</sub> [Hz]	Ao	$\sigma_A(f_0)$	sis	mic	a	
20.00	37	3219	4.350	0.78	2.28	1.20	BASSO			
	Criteri per una curva H/V affidabile [Tutti i tre requisiti dovrebbero essere soddisfatti]									
	f <sub>0</sub> >10/L v	V					4.350	>	0.500	OK
	$n_c(f_0) > 20$	00					3219	>	200	OK
	$\sigma_{A}(f) < 2 \text{ per } 0.5f_{0} < f < 2f_{0} \text{ se } f_{0} > 0.5Hz$ Superato 0 volte su $\sigma_{A}(f) < 3 \text{ per } 0.5f_{0} < f < 2f_{0} \text{ se } f_{0} < 0.5Hz$				volte su	ОК				
	Criteri per un picco H/V chiaro [Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]									
suc	Esiste f in $[f_0/4, f_0]   A_{H/V}(f) < A_0/2$					NO				
Amplitude conditions	Esiste f <sup>+</sup> in [fo, 4fo] $ A_{H/V}(f^+)  < A_0/2$						NO			
Am	$A_0 > 2$ 2.275						2.2756	>	2	OK
ity	$f_{\text{picco}}[A_{\text{H/V}}(\mathbf{f}) \pm \sigma_{\text{A}}(\mathbf{f})] = f_0 \pm 5\%$					OK				
abili	$ \begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$					0.2175	OK			
St						OK				

ULTERIORI CRITERI (D.Albarello, S.Castellaro, 2011)			
DURATA	Durata minima registrazione 20 minuti	SI	
STAZIONARIETA'	% (∑ Lw/durata registrazione) almeno 30%	SI	
ISOTROPIA	Le variazioni azimutali di ampiezza non superano il	SI	
	30% del massimo		
ASSENZA DISTURBI	Non ci sono indizi di rumore elettromagnetico nella	SI	
	banda di frequenza di interesse		
PLAUSIBILITA'	I massimi sono caratterizzati da una diminuzione	SI	
FISICA	localizzata di ampiezza dello spettro verticale		
ROBUSTEZZA	Verificati i tre Criteri SESAME per curva affidabile	SI	
STATISTICA			

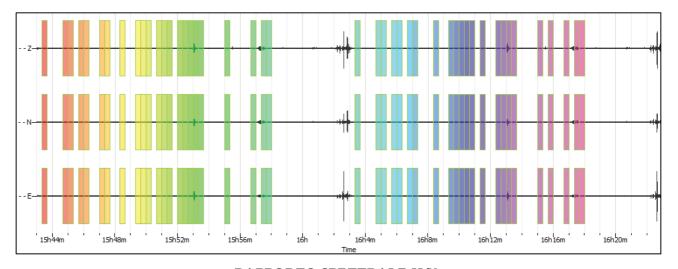
CLASSE A1

Stazione	Castagneto_2
Strumento	Theremino
Data acquisizione	Giugno 2022
Durata registrazione	40 minuti
Freq. Campionamento	500 Hz
Lunghezza finestre	20 s
Numero di finestre analizzate	46 (39% del tracciato)
Tipo di lisciamento	Konno & Ohmachi
Lisciamento	40
Orientamento strumentazione	0° N
Terreno di misura	Suolo naturale
Meteo	Sereno

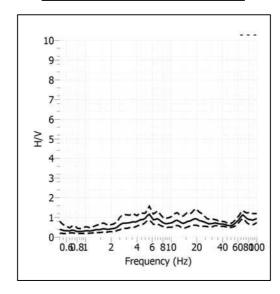


Frequenza del picco H/V	NP
Ampiezza Media della frequenza	-

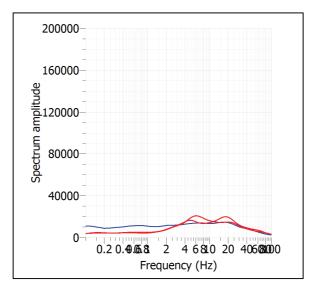
## ACQUISIZIONE E FINESTRE DI ELABORAZIONE



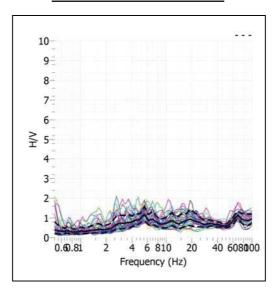
## **RAPPORTO SPETTRALE H/V**



## **SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI**



## SERIE TEMPORALE H/V



## **CRITERI SESAME**

ULTERIORI CRITERI (D.Albarello, S.Castellaro, 2011)			
DURATA	Durata minima registrazione 20 minuti	SI	
STAZIONARIETA'	% (∑ Lw/durata registrazione) almeno 30%	SI	
ISOTROPIA	Le variazioni azimutali di ampiezza non superano il	NO	
	30% del massimo		
ASSENZA DISTURBI	Non ci sono indizi di rumore elettromagnetico nella	SI	
	banda di frequenza di interesse		
PLAUSIBILITA'	I massimi sono caratterizzati da una diminuzione	NO	
FISICA	localizzata di ampiezza dello spettro verticale		
ROBUSTEZZA	Verificati i tre Criteri SESAME per curva affidabile	NO	
STATISTICA			

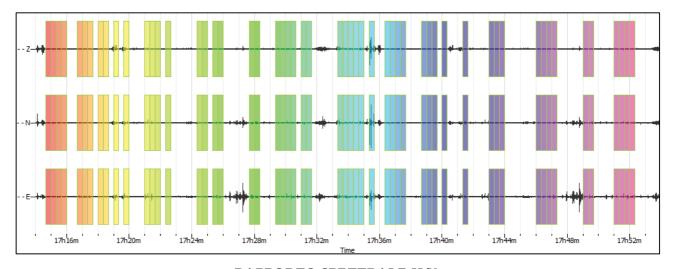
CLASSE A2

Stazione	Celle_1
Strumento	Theremino
Data acquisizione	Giugno 2022
Durata registrazione	40 minuti
Freq. Campionamento	500 Hz
Lunghezza finestre	20 s
Numero di finestre analizzate	55 (46% del tracciato)
Tipo di lisciamento	Konno & Ohmachi
Lisciamento	40
Orientamento strumentazione	0° N
Terreno di misura	Suolo naturale
Meteo	Sereno

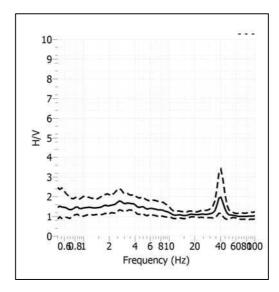


Frequenza del picco H/V	NP
Ampiezza Media della frequenza	-

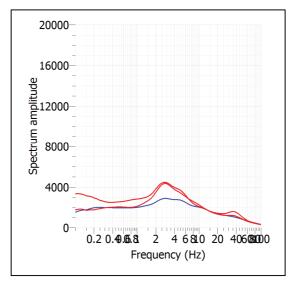
## ACQUISIZIONE E FINESTRE DI ELABORAZIONE



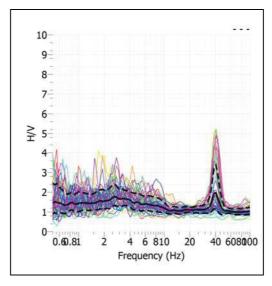
## **RAPPORTO SPETTRALE H/V**



## **SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI**



## SERIE TEMPORALE H/V



## **CRITERI SESAME**

ULTERIORI CRITERI (D.Albarello, S.Castellaro, 2011)			
DURATA	Durata minima registrazione 20 minuti	SI	
STAZIONARIETA'	% (∑ Lw/durata registrazione) almeno 30%	SI	
ISOTROPIA	Le variazioni azimutali di ampiezza non superano il	NO	
	30% del massimo		
ASSENZA DISTURBI	Non ci sono indizi di rumore elettromagnetico nella	SI	
	banda di frequenza di interesse		
PLAUSIBILITA'	I massimi sono caratterizzati da una diminuzione	NO	
FISICA	localizzata di ampiezza dello spettro verticale		
ROBUSTEZZA	Verificati i tre Criteri SESAME per curva affidabile	NO	
STATISTICA	1		

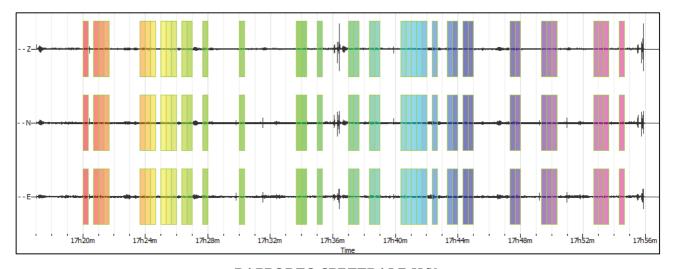
CLASSE A2

Stazione	Celle_2	
Strumento	Theremino	
Data acquisizione	Giugno 2022	
Durata registrazione	40 minuti	
Freq. Campionamento	500 Hz	
Lunghezza finestre	20 s	
Numero di finestre analizzate	40 (34% del tracciato)	
Tipo di lisciamento	Konno & Ohmachi	
Lisciamento 40		
Orientamento strumentazione	0° N	
Terreno di misura	Suolo naturale	
Meteo	Sereno	

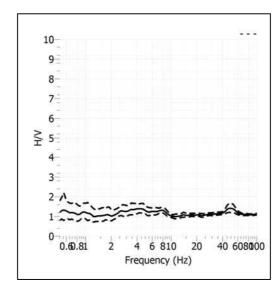


Frequenza del picco H/V	NP
Ampiezza Media della frequenza	=

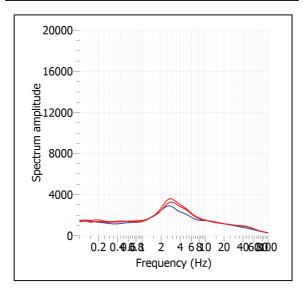
## ACQUISIZIONE E FINESTRE DI ELABORAZIONE



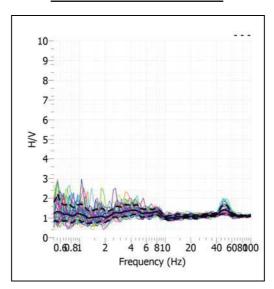
## RAPPORTO SPETTRALE H/V



## **SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI**



## SERIE TEMPORALE H/V



## **CRITERI SESAME**

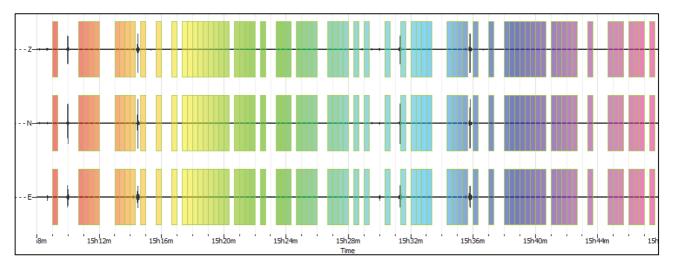
ULTERIORI CRITERI (D.Albarello, S.Castellaro, 2011)			
DURATA	Durata minima registrazione 20 minuti	SI	
STAZIONARIETA'	% (∑ Lw/durata registrazione) almeno 30%	SI	
ISOTROPIA	Le variazioni azimutali di ampiezza non superano il	NO	
	30% del massimo		
ASSENZA DISTURBI	Non ci sono indizi di rumore elettromagnetico nella	SI	
	banda di frequenza di interesse		
PLAUSIBILITA'	I massimi sono caratterizzati da una diminuzione	NO	
FISICA	localizzata di ampiezza dello spettro verticale		
ROBUSTEZZA	Verificati i tre Criteri SESAME per curva affidabile	NO	
STATISTICA			

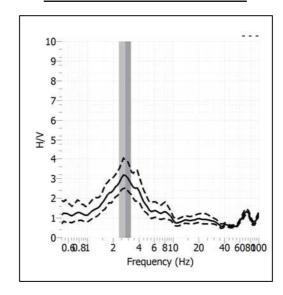
CLASSE A2

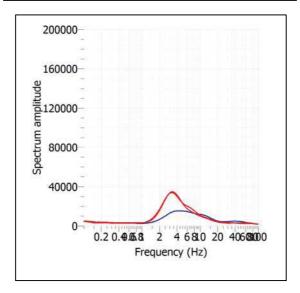
Stazione	Entrata_1
Strumento	Theremino
Data acquisizione	Giugno 2022
Durata registrazione	40 minuti
Freq. Campionamento	500 Hz
Lunghezza finestre	20 s
Numero di finestre analizzate	72 (61% del tracciato)
Tipo di lisciamento	Konno & Ohmachi
Lisciamento	40
Orientamento strumentazione	0° N
Terreno di misura	Suolo naturale
Meteo	Sereno



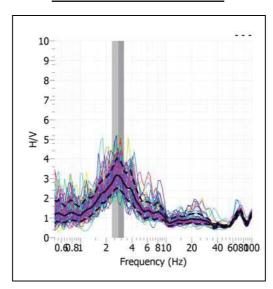
Frequenza del picco H/V	2.78 Hz
Ampiezza Media della frequenza	3.14

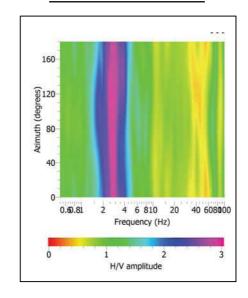






## **SERIE TEMPORALE H/V**





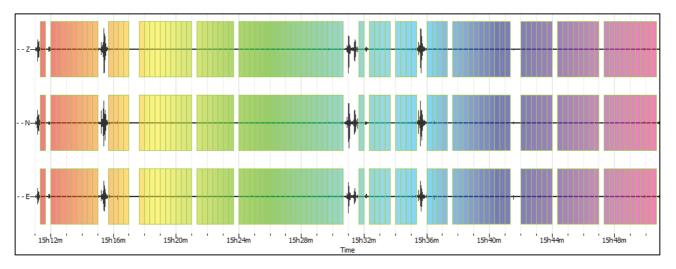
Window length l <sub>w</sub> [s]	Number of windows	Number of significant							windows contrasto di impedenza		
[0]	n <sub>w</sub>	cycles n <sub>c</sub>	fo [Hz]	σ <sub>f</sub> [Hz]	Ao	σ <sub>A</sub> (f <sub>0</sub> )	Sis	smic	a		
20.00	72	4004	2.781	0.43	3.14	1.27	MOE	DERA	OTA		
	_	er una cur requisiti dovr			ti]						
	f <sub>0</sub> >10/Lv	V					2.781	>	0.500	OK	
	$n_c(f_0) > 20$	00					4004	>	200	OK	
	$\sigma_A(f) < 2 \text{ per } 0.5f_0 < f < 2f_0 \text{ se } f_0 > 0.5Hz$ $\sigma_A(f) < 3 \text{ per } 0.5f_0 < f < 2f_0 \text{ se } f_0 < 0.5Hz$							Superato 0 volte su 27			
	Criteri per un picco H/V chiaro [Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]										
apr	Esiste f in $[f_0/4, f_0]   A_{H/V}(f) < A_0/2$									OK	
Amplitude conditions	Esiste $f^+$ in $[f_0, 4f_0]   A_{HV}(f^+) < A_0/2$									OK	
Arr	$\overline{S} \mid A_0 > 2$							>	2	OK	
ity	$f_{\text{picco}}[A_{\text{H/V}}(\mathbf{f}) \pm \sigma_{\text{A}}(\mathbf{f})] = f_0 \pm 5\%$									NO	
Stability conditions	$\sigma_{\rm f} < \epsilon({ m f_0})$								0.1390	OK	
St	$\sigma_A(f_0) < 0$	9(fo)					1.2727	<	1.5800	OK	

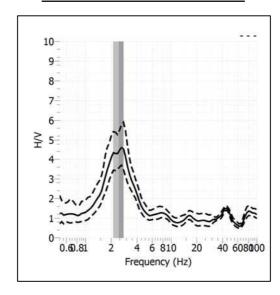
ULTERIORI CRITERI (D.Albarello, S.Castellaro, 2011)					
DURATA	Durata minima registrazione 20 minuti	SI			
STAZIONARIETA'	% (∑ Lw/durata registrazione) almeno 30%	SI			
ISOTROPIA	ISOTROPIA Le variazioni azimutali di ampiezza non superano il				
	30% del massimo				
ASSENZA DISTURBI	Non ci sono indizi di rumore elettromagnetico nella	SI			
	banda di frequenza di interesse				
PLAUSIBILITA'	I massimi sono caratterizzati da una diminuzione	SI			
FISICA	localizzata di ampiezza dello spettro verticale				
ROBUSTEZZA	Verificati i tre Criteri SESAME per curva affidabile	SI			
STATISTICA					

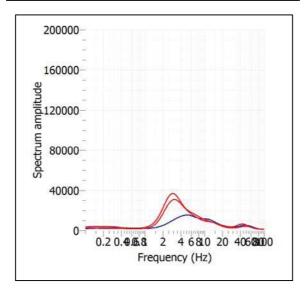
Stazione	Entrata_2
Strumento	Theremino
Data acquisizione	Giugno 2022
Durata registrazione	40 minuti
Freq. Campionamento	500 Hz
Lunghezza finestre	20 s
Numero di finestre analizzate	99 (83% del tracciato)
Tipo di lisciamento	Konno & Ohmachi
Lisciamento	40
Orientamento strumentazione	0° N
Terreno di misura	Suolo naturale
Meteo	Sereno



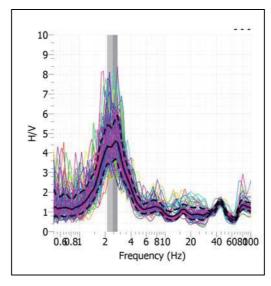
Frequenza del picco H/V	2.44 Hz
Ampiezza Media della frequenza	4.40

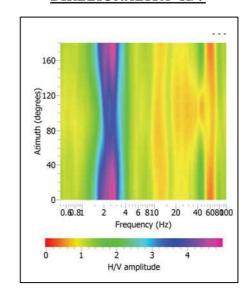






## **SERIE TEMPORALE H/V**





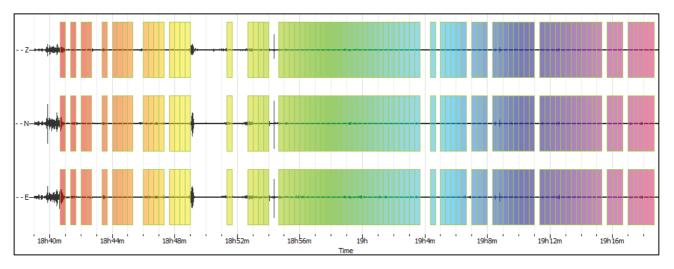
Window length l <sub>w</sub> [s]	Number of windows	Number of significant	windows contrasto di impedenza						o di nza	
[3]	n <sub>w</sub>	cycles n <sub>c</sub>	fo [Hz]	σ <sub>f</sub> [Hz]	Ao	σ <sub>A</sub> (f <sub>0</sub> )	sis	sismica		
20.00	99	4846	2.447	0.34	4.40	1.23	Α	LTO	)	
	_	<b>er una cur</b> requisiti dovr			ti]					
	f <sub>0</sub> >10/L v	V					2.447	>	0.500	OK
	$n_c(f_0) > 20$	00					4846	>	200	OK
	$\sigma_A(f) < 2 \text{ per } 0.5f_0 < f < 2f_0 \text{ se } f_0 > 0.5Hz$ $\sigma_A(f) < 3 \text{ per } 0.5f_0 < f < 2f_0 \text{ se } f_0 < 0.5Hz$							Superato 0 volte su 27		
	Criteri per un picco H/V chiaro [Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]									
suc	Esiste f in $[f_0/4, f_0]   A_{H/V}(f) < A_0/2$							OK		
Amplitude conditions	Esiste f <sup>+</sup> in [f <sub>0</sub> , 4f <sub>0</sub> ] $ A_{HN}(f^{+})  < A_{0}/2$								OK	
Am	A <sub>0</sub> > 2							>	2	OK
ity	$\mathbf{f}_{\text{picco}}[\mathbf{A}_{\text{H/V}}(\mathbf{f}) \pm \mathbf{\sigma}_{\mathbf{A}}(\mathbf{f})] = \mathbf{f}_0 \pm 5\%$								NO	
Stability conditions	$\sigma_{\rm f} < \epsilon({\rm f_0})$ 0.3422								0.1224	OK
St	$\sigma_{\rm A}({ m f}_0) < 0$	9(f <sub>0</sub> )	·				1.2341	<	1.5800	OK

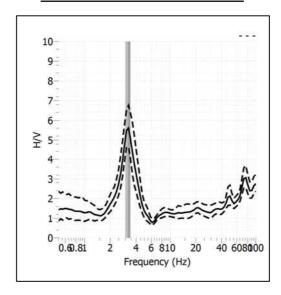
ULTERIORI CRITERI (D.Albarello, S.Castellaro, 2011)					
DURATA	Durata minima registrazione 20 minuti	SI			
STAZIONARIETA'	% (∑ Lw/durata registrazione) almeno 30%	SI			
ISOTROPIA	Le variazioni azimutali di ampiezza non superano il	SI			
	30% del massimo				
ASSENZA DISTURBI	Non ci sono indizi di rumore elettromagnetico nella	SI			
	banda di frequenza di interesse				
PLAUSIBILITA'	I massimi sono caratterizzati da una diminuzione	SI			
FISICA	localizzata di ampiezza dello spettro verticale				
ROBUSTEZZA	Verificati i tre Criteri SESAME per curva affidabile	SI			
STATISTICA					

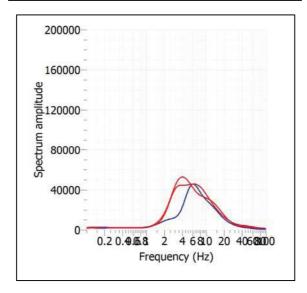
Stazione	Il Fattoio_1
Strumento	Theremino
Data acquisizione	Giugno 2022
Durata registrazione	40 minuti
Freq. Campionamento	500 Hz
Lunghezza finestre	20 s
Numero di finestre analizzate	86 (72% del tracciato)
Tipo di lisciamento	Konno & Ohmachi
Lisciamento	40
Orientamento strumentazione	O° N
Terreno di misura	Suolo naturale
Meteo	Sereno



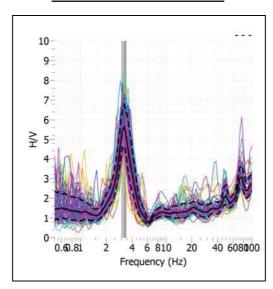
Frequenza del picco H/V	3.23 Hz
Ampiezza Media della frequenza	5.60

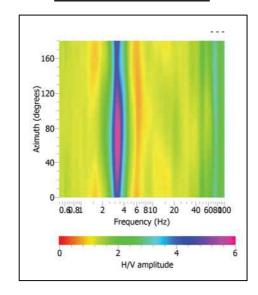






## **SERIE TEMPORALE H/V**





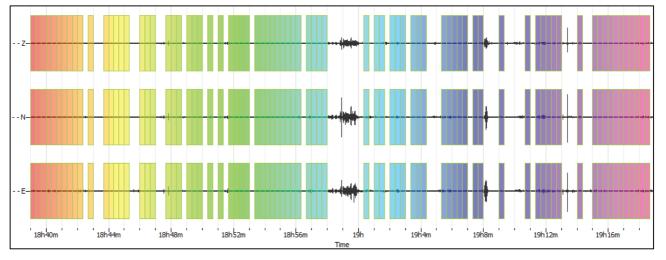
Window length l <sub>w</sub> [s]	Number of windows	Number of significant	windows contrasto di impedenza						o di nza	
	n <sub>w</sub>	cycles n <sub>c</sub>	fo [Hz]	σ <sub>f</sub> [Hz]	Ao	σ <sub>A</sub> (f <sub>0</sub> )	SIS	mic	а	
20.00	86	5559	3.232	0.23	5.60	1.20	А	LTO	)	
	_	er una cur requisiti dovr			ti]					
	f <sub>0</sub> >10/Lv	V					3.232	>	0.500	OK
	$n_c(f_0)>20$	00					5559	>	200	OK
	$\sigma_{A}(f) < 2 \text{ per } 0.5f_{0} < f < 2f_{0} \text{ se } f_{0} > 0.5Hz$ $\sigma_{A}(f) < 3 \text{ per } 0.5f_{0} < f < 2f_{0} \text{ se } f_{0} < 0.5Hz$							Superato 0 volte su 27		
	Criteri per un picco H/V chiaro [Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]									
apr	Esiste f in $[f_0/4, f_0]   A_{H/V}(f) < A_0/2$								ОК	
Amplitude conditions	Esiste f <sup>+</sup> in [f <sub>0</sub> , 4f <sub>0</sub> ] $ A_{HV}(f^{+})  < A_{0}/2$									OK
Arr	$\overline{8}$ $A_0 > 2$							>	2	OK
ity	$f_{\text{picco}}[A_{\text{H/V}}(\mathbf{f}) \pm \sigma_{\text{A}}(\mathbf{f})] = f_0 \pm 5\%$									OK
Stability conditions	$\sigma_{\rm f} < \epsilon({ m fo})$								0.1616	OK
St	$\sigma_A(f_0) < 0$	9(f <sub>0</sub> )					1.2026	<	1.5800	OK

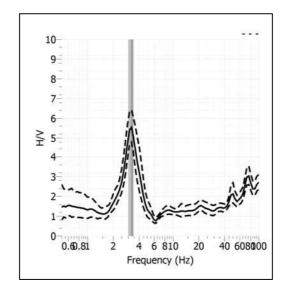
ULTERIORI CRITERI (D.Albarello, S.Castellaro, 2011)					
DURATA	Durata minima registrazione 20 minuti	SI			
STAZIONARIETA'	% (∑ Lw/durata registrazione) almeno 30%	SI			
ISOTROPIA	Le variazioni azimutali di ampiezza non superano il	SI			
	30% del massimo				
ASSENZA DISTURBI	Non ci sono indizi di rumore elettromagnetico nella	SI			
	banda di frequenza di interesse				
PLAUSIBILITA'	I massimi sono caratterizzati da una diminuzione	SI			
FISICA	localizzata di ampiezza dello spettro verticale				
ROBUSTEZZA	Verificati i tre Criteri SESAME per curva affidabile	SI			
STATISTICA					

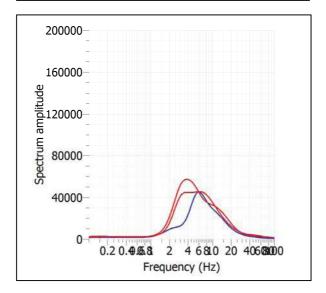
Stazione	Il Fattoio_2
Strumento	Theremino
Data acquisizione	Giugno 2022
Durata registrazione	40 minuti
Freq. Campionamento	500 Hz
Lunghezza finestre	20 s
Numero di finestre analizzate	79 (66% del tracciato)
Tipo di lisciamento	Konno & Ohmachi
Lisciamento	40
Orientamento strumentazione	0° N
Terreno di misura	Suolo naturale
Meteo	Sereno



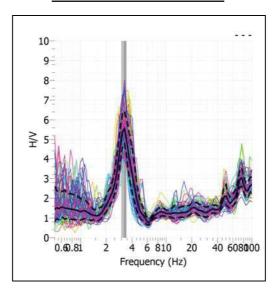
Frequenza del picco H/V	3.23 Hz
Ampiezza Media della frequenza	5.53

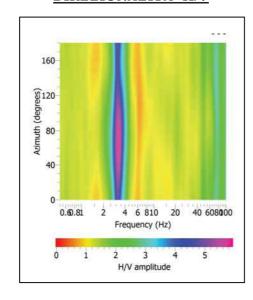






#### **SERIE TEMPORALE H/V**





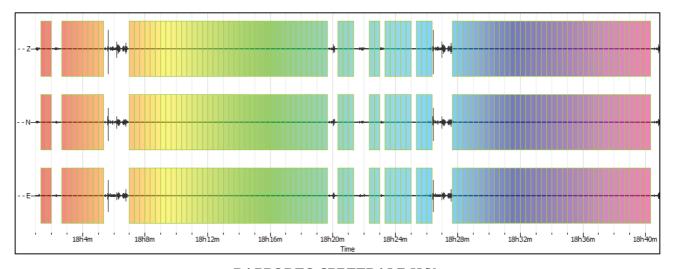
Window length l <sub>w</sub> [s]	Number of windows	Number of significant	Freque	ency statisti wind		dividual	cont	eder	o di nza	
[5]	n <sub>w</sub>	n <sub>w</sub> cycles n <sub>c</sub>		$n_w$ cycles $n_c$ $f_0[Hz]$ $\sigma_f[Hz]$ Ao $\sigma_A(f_0)$		σ <sub>A</sub> (f <sub>0</sub> )	Sis	sismica		
20.00	79	5099	3.227	0.23	5.53	1.16	ALTO			
	_	<b>er una cur</b> requisiti dovr			ti]					
	f <sub>0</sub> >10/Lv	V					3.227	>	0.500	OK
	$n_c(f_0) > 20$	00					5099	>	200	OK
	$\sigma_A(f) < 2 \text{ per } 0.5f_0 < f < 2f_0 \text{ se } f_0 > 0.5Hz$ $\sigma_A(f) < 3 \text{ per } 0.5f_0 < f < 2f_0 \text{ se } f_0 < 0.5Hz$ Superation						to 0 · 27	ОК		
	Criteri per un picco H/V chiaro [Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]									
apr	Esiste f in $[f_0/4, f_0]   A_{H/V}(f) < A_0/2$									OK
Amplitude conditions	Esiste f <sup>+</sup> in [f <sub>0</sub> , 4f <sub>0</sub> ] $ A_{H/V}(f^{+}) < A_{0}/2$								OK	
Am	$A_0 > 2$						5.5250	>	2	OK
ity	$f_{\text{picco}}[A_{\text{H/V}}(\mathbf{f}) \pm \sigma_{\text{A}}(\mathbf{f})] = f_0 \pm 5\%$									OK
Stability conditions	$\frac{1}{2}$ $\sigma_{\rm f} < \epsilon({ m fo})$							>	0.1614	OK
St								OK		

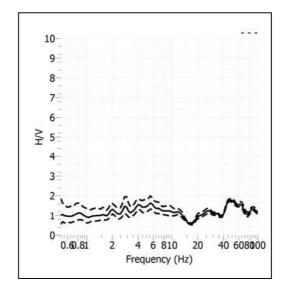
ULTERIORI CRITERI (D.Albarello, S.Castellaro, 2011)				
DURATA	Durata minima registrazione 20 minuti	SI		
STAZIONARIETA'	% (∑ Lw/durata registrazione) almeno 30%	SI		
ISOTROPIA	Le variazioni azimutali di ampiezza non superano il	SI		
	30% del massimo			
ASSENZA DISTURBI	Non ci sono indizi di rumore elettromagnetico nella	SI		
	banda di frequenza di interesse			
PLAUSIBILITA'	I massimi sono caratterizzati da una diminuzione	SI		
FISICA	localizzata di ampiezza dello spettro verticale			
ROBUSTEZZA	Verificati i tre Criteri SESAME per curva affidabile	SI		
STATISTICA				

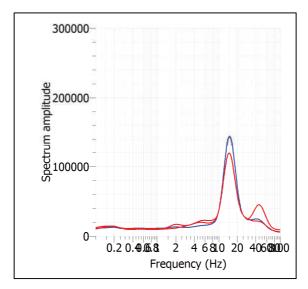
Stazione	La Borghetta_1
Strumento	Theremino
Data acquisizione	Giugno 2022
Durata registrazione	40 minuti
Freq. Campionamento	500 Hz
Lunghezza finestre	20 s
Numero di finestre analizzate	99 (83% del tracciato)
Tipo di lisciamento	Konno & Ohmachi
Lisciamento	40
Orientamento strumentazione	0° N
Terreno di misura	Suolo naturale
Meteo	Sereno



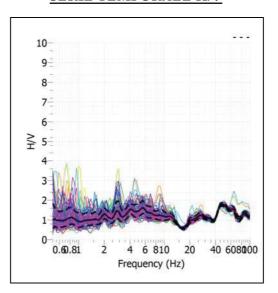
Frequenza del picco H/V	NP
Ampiezza Media della frequenza	-







## **SERIE TEMPORALE H/V**



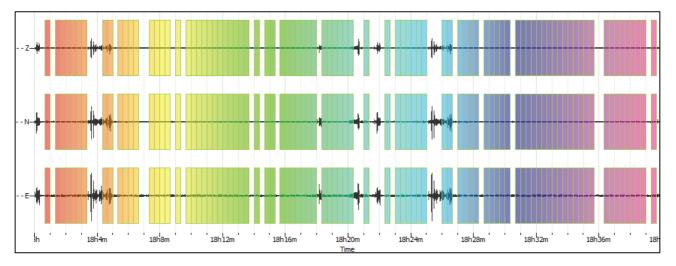
#### **CRITERI SESAME**

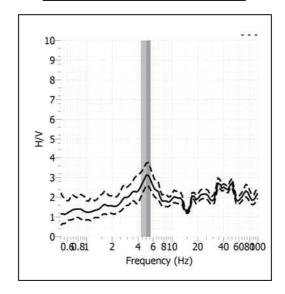
ULTERIORI CRITERI (D.Albarello, S.Castellaro, 2011)				
DURATA	DURATA Durata minima registrazione 20 minuti			
STAZIONARIETA'	% (∑ Lw/durata registrazione) almeno 30%	SI		
ISOTROPIA	Le variazioni azimutali di ampiezza non superano il	NO		
	30% del massimo			
ASSENZA DISTURBI	Non ci sono indizi di rumore elettromagnetico nella	SI		
	banda di frequenza di interesse			
PLAUSIBILITA'	I massimi sono caratterizzati da una diminuzione	NO		
FISICA	localizzata di ampiezza dello spettro verticale			
ROBUSTEZZA	Verificati i tre Criteri SESAME per curva affidabile	NO		
STATISTICA				

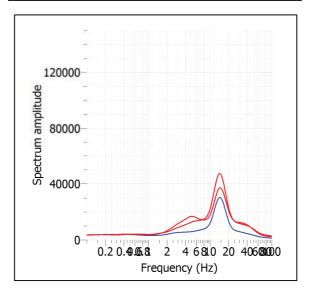
Stazione	La Borghetta_2		
Strumento	Theremino		
Data acquisizione	Giugno 2022		
Durata registrazione	40 minuti		
Freq. Campionamento	500 Hz		
Lunghezza finestre	20 s		
Numero di finestre analizzate	89 (75% del tracciato)		
Tipo di lisciamento	Konno & Ohmachi		
Lisciamento	40		
Orientamento strumentazione	0° N		
Terreno di misura	Suolo naturale		
Meteo	Sereno		



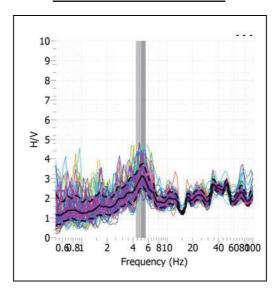
Frequenza del picco H/V	4.98 Hz
Ampiezza Media della frequenza	3.11

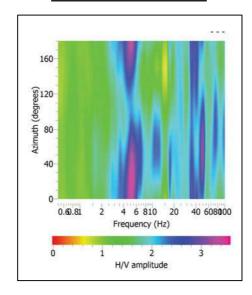






## **SERIE TEMPORALE H/V**





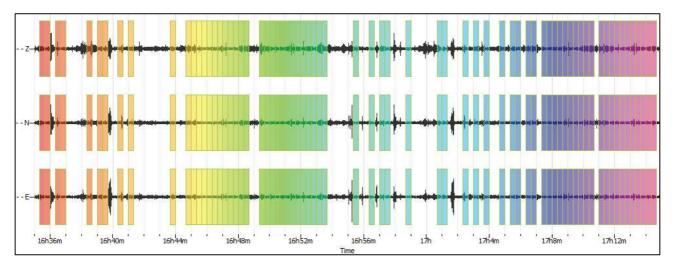
Window length l <sub>w</sub> [s]	Number of windows	Number of significant	Freque	ency statisti wind		dividual	cont	eder	o di nza	
[0]	n <sub>w</sub>	cycles n <sub>c</sub>	fo [Hz]	σ <sub>f</sub> [Hz]	Ao	$\sigma_A(f_0)$	Sis	smic	a	
20.00	89	8869	4.983	0.65	3.11	1.20	MOE	DER/	OTA	
	Criteri per una curva H/V affidabile [Tutti i tre requisiti dovrebbero essere soddisfatti]									
	f <sub>0</sub> >10/Lv	V					4.983	>	0.500	OK
	$n_c(f_0)>20$	00					8869	>	200	OK
	$\sigma_{A}(f) < 2 \text{ per } 0.5f_{0} < f < 2f_{0} \text{ se } f_{0} > 0.5Hz$ Superat $\sigma_{A}(f) < 3 \text{ per } 0.5f_{0} < f < 2f_{0} \text{ se } f_{0} < 0.5Hz$					to 0 · 26	ОК			
	Criteri per un picco H/V chiaro  [Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]									
suc	Esiste f in $[f_0/4, f_0]   A_{H/V}(f) < A_0/2$					OK				
Amplitude conditions	Esiste f <sup>+</sup> in [f <sub>0</sub> , 4f <sub>0</sub> ] $ A_{H/V}(f^{+})  < A_{0}/2$									OK
Arr	A <sub>0</sub> > 2						3.1104	>	2	OK
ity	$f_{\text{picco}}[A_{\text{H/V}}(\mathbf{f}) \pm \sigma_{\text{A}}(\mathbf{f})] = f_0 \pm 5\%$									NO
Stability conditions	$\sigma_{\rm f} < \epsilon({ m f_0})$						0.6524	>	0.2491	OK
St	$\sigma_A(f_0) < 0$	0(f <sub>0</sub> )					1.1993	<	1.5800	OK

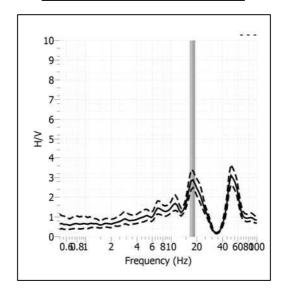
ULTERIORI CRITERI (D.Albarello, S.Castellaro, 2011)				
DURATA	Durata minima registrazione 20 minuti	SI		
STAZIONARIETA'	% (∑ Lw/durata registrazione) almeno 30%	SI		
ISOTROPIA	Le variazioni azimutali di ampiezza non superano il	SI		
	30% del massimo			
ASSENZA DISTURBI	Non ci sono indizi di rumore elettromagnetico nella	SI		
	banda di frequenza di interesse			
PLAUSIBILITA'	I massimi sono caratterizzati da una diminuzione	SI		
FISICA	localizzata di ampiezza dello spettro verticale			
ROBUSTEZZA	Verificati i tre Criteri SESAME per curva affidabile	SI		
STATISTICA				

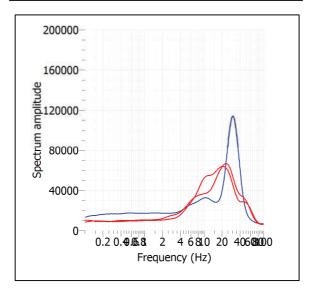
	T
Stazione	Palagina_1
Strumento	Theremino
Data acquisizione	Giugno 2022
Durata registrazione	40 minuti
Freq. Campionamento	500 Hz
Lunghezza finestre	20 s
Numero di finestre analizzate	71 (54% del tracciato)
Tipo di lisciamento	Konno & Ohmachi
Lisciamento	40
Orientamento strumentazione	0° N
Terreno di misura	Suolo naturale
Meteo	Sereno



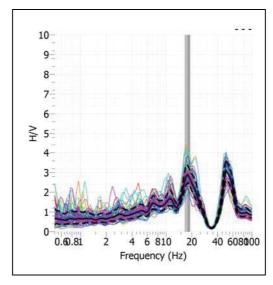
Frequenza del picco H/V	17.79 Hz
Ampiezza Media della frequenza	2.87

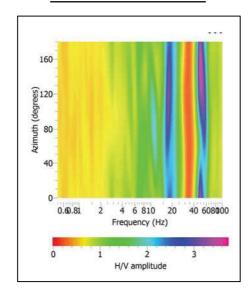






## **SERIE TEMPORALE H/V**





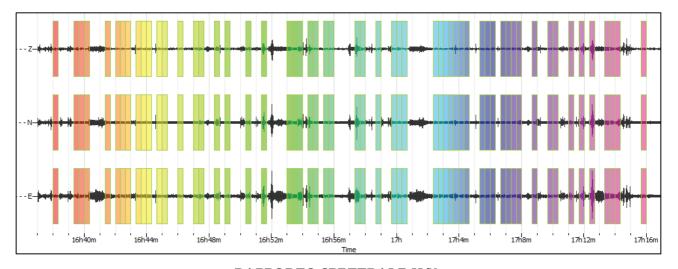
Window length l <sub>w</sub> [s]	Number of windows	Number of significant	Frequency statistics from individual windows			Grado del contrasto di impedenza		o di nza		
[3]	n <sub>w</sub> cy	cycles n <sub>c</sub>	fo [Hz]	σ <sub>f</sub> [Hz]	Ao	σ <sub>A</sub> (f <sub>0</sub> )	sis	mic	a	
20.00	71	25274	17.799	1.34	2.87	1.17	BA	ASSO	)	
	Criteri per una curva H/V affidabile [Tutti i tre requisiti dovrebbero essere soddisfatti]									
	f <sub>0</sub> >10/Lw					17.799	>	0.500	OK	
	$n_c(f_0) > 20$	00					25274	>	200	OK
	$\sigma_A(f) < 2 \text{ per } 0.5f_0 < f < 2f_0 \text{ se } f_0 > 0.5Hz$ $\sigma_A(f) < 3 \text{ per } 0.5f_0 < f < 2f_0 \text{ se } f_0 < 0.5Hz$				Superato 0 volte su 27			ОК		
	Criteri per un picco H/V chiaro [Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]									
apr	Esiste f	in [f <sub>0</sub> /4, f <sub>0</sub> ]	A <sub>H/V</sub> (f-)	< A <sub>0</sub> /2						ОК
nplitu nditi	Esiste f in $[f_0/4, f_0]   A_{H/V}(f) < A_0/2$ Esiste f in $[f_0, 4f_0]   A_{H/V}(f^+) < A_0/2$ $A_0 > 2$									OK
ළි වි <mark>A₀&gt; 2</mark>							2.8722	>	2	OK
ity	fpicco[AH/	$v(f) \pm \sigma_A(f)$	$= f_0 \pm 5\%$	6						NO
$ \begin{array}{c} \text{Applies of } f_{\text{picco}}[A_{\text{H/V}}(\mathbf{f}) \pm \sigma_{\text{A}}(\mathbf{f})] = f_0 \pm 5\% \\ \hline \sigma_{\text{f}} < \varepsilon(f_0) \\ \hline \sigma_{\text{A}}(f_0) < \theta(f_0) \end{array} $						1.3397	>	0.8899	OK	
St	$\sigma_{\rm A}({ m f}_0) < 0$	9(f <sub>0</sub> )					1.1726	<	1.5800	OK

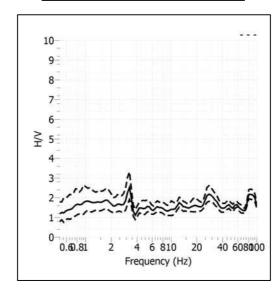
ULTERIORI CRITERI (D.Albarello, S.Castellaro, 2011)		
DURATA	Durata minima registrazione 20 minuti	SI
STAZIONARIETA'	% (∑ Lw/durata registrazione) almeno 30%	SI
ISOTROPIA	Le variazioni azimutali di ampiezza non superano il SI	
	30% del massimo	
ASSENZA DISTURBI	Non ci sono indizi di rumore elettromagnetico nella	SI
	banda di frequenza di interesse	
PLAUSIBILITA'	I massimi sono caratterizzati da una diminuzione	SI
FISICA	localizzata di ampiezza dello spettro verticale	
ROBUSTEZZA	Verificati i tre Criteri SESAME per curva affidabile	SI
STATISTICA		

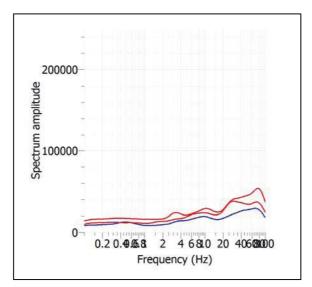
Stazione	Palagina_2	
Strumento	Theremino	
Data acquisizione	Giugno 2022	
Durata registrazione	40 minuti	
Freq. Campionamento	500 Hz	
Lunghezza finestre	20 s	
Numero di finestre analizzate	57 (48% del tracciato)	
Tipo di lisciamento	Konno & Ohmachi	
Lisciamento	40	
Orientamento strumentazione	0° N	
Terreno di misura	Suolo naturale	
Meteo	Sereno	



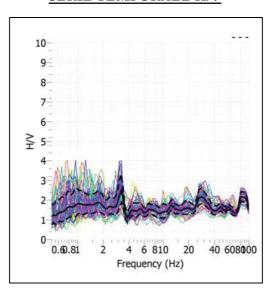
Frequenza del picco H/V	NP
Ampiezza Media della frequenza	-







## **SERIE TEMPORALE H/V**

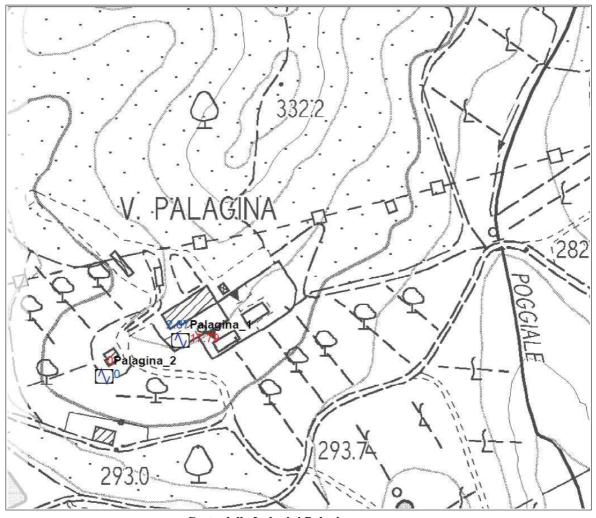


## **CRITERI SESAME**

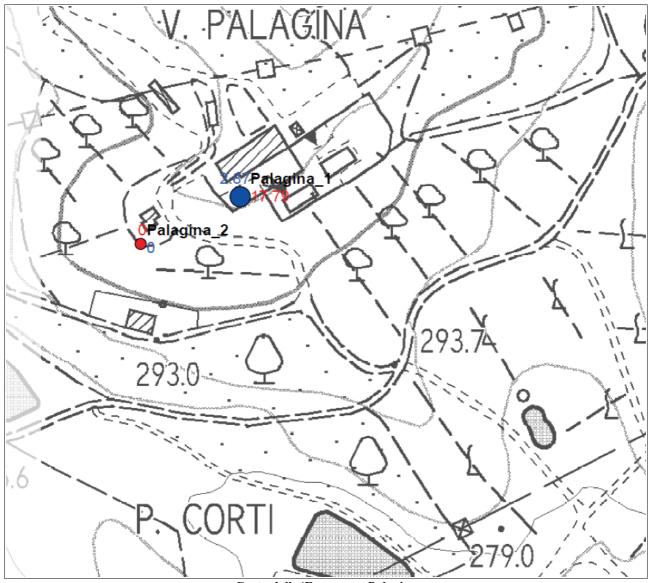
ULTERIORI CRITERI (D.Albarello, S.Castellaro, 2011)			
DURATA	Durata minima registrazione 20 minuti SI		
STAZIONARIETA'	% (∑ Lw/durata registrazione) almeno 30%	SI	
ISOTROPIA	Le variazioni azimutali di ampiezza non superano il	NO	
	30% del massimo		
ASSENZA DISTURBI	Non ci sono indizi di rumore elettromagnetico nella	SI	
	banda di frequenza di interesse		
PLAUSIBILITA'	I massimi sono caratterizzati da una diminuzione	NO	
FISICA	localizzata di ampiezza dello spettro verticale		
ROBUSTEZZA	Verificati i tre Criteri SESAME per curva affidabile	NO	
STATISTICA			

ALLEGATO GRAFICO: UBICAZIONE DELLE INDAGINI

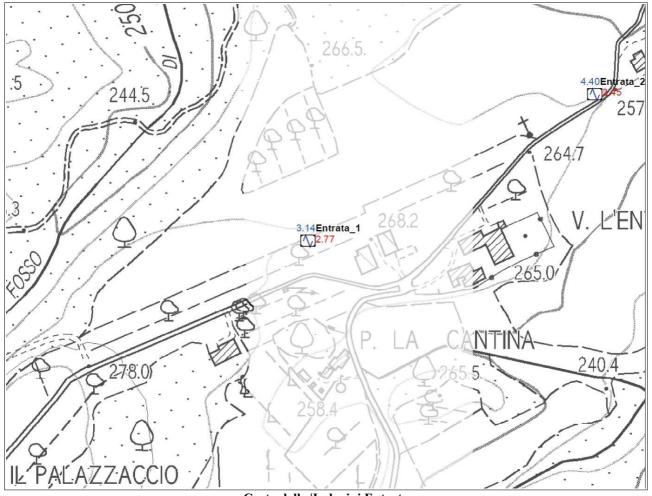
- ALLEGATO GRAFICO: UBICAZIONE DELLE INDAGINI – SCALA 1: 2.000



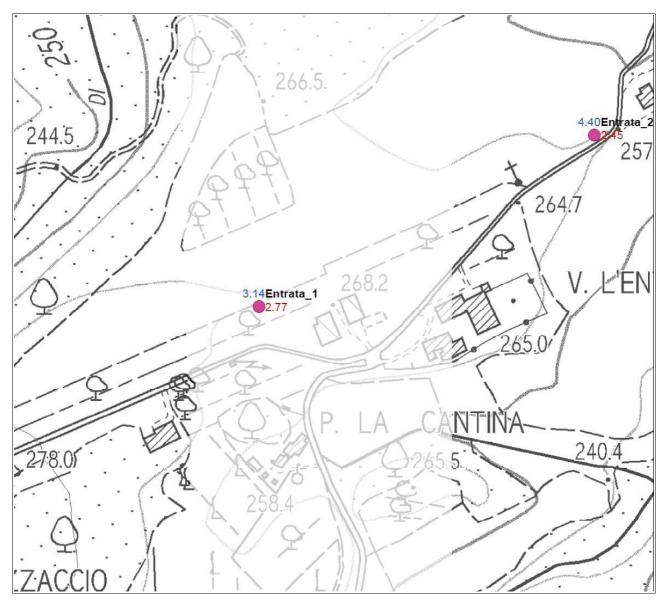
Carta delle Indagini Palagina



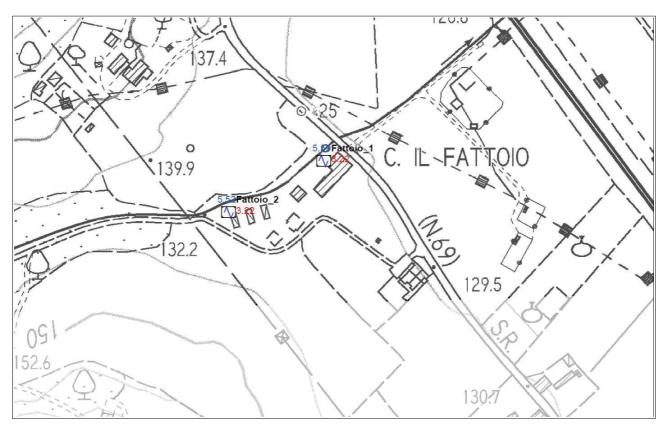
Carta delle |Frequenze Palagina



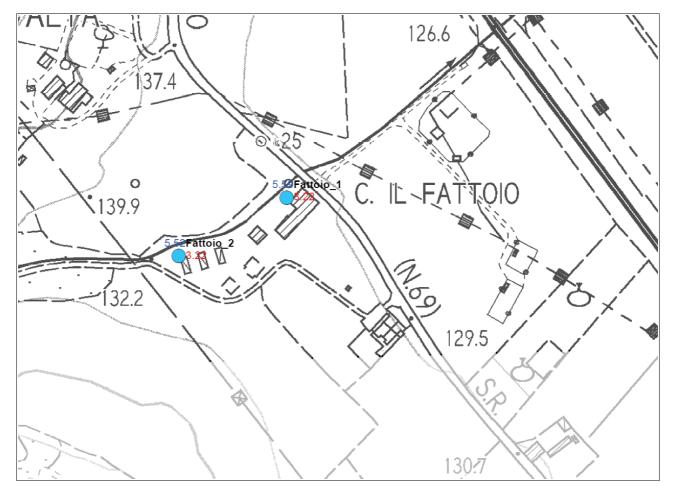
Carta delle |Indagini Entrata



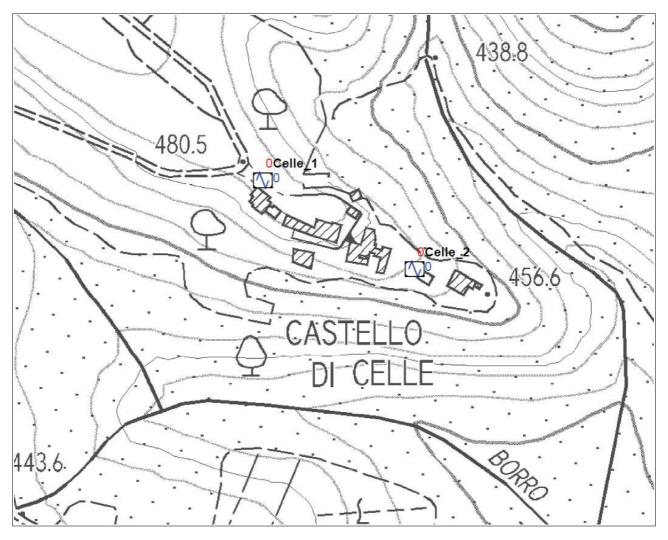
Carta delle |Frequenze Entrata



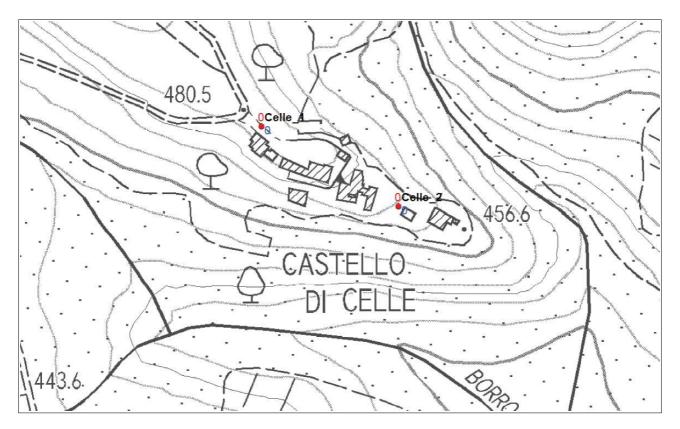
Carta delle Indagini Fattoio



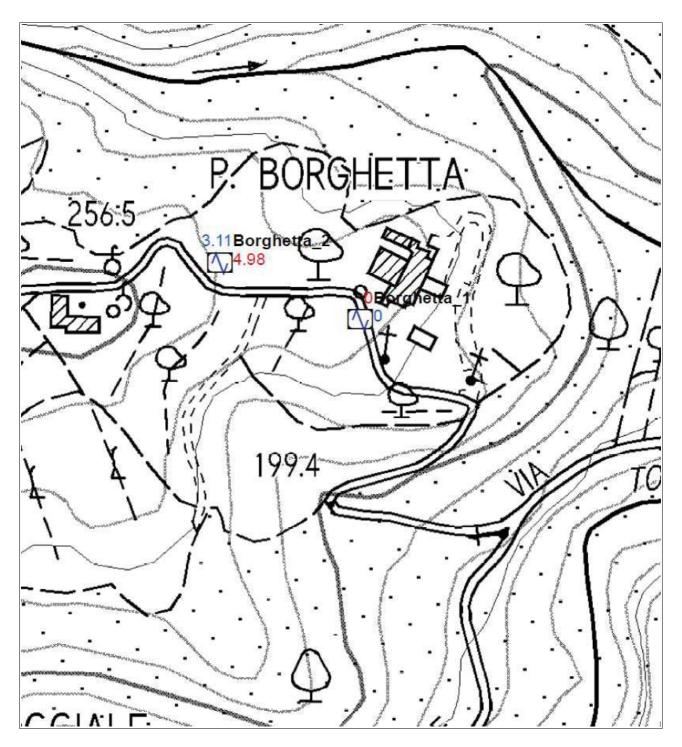
Carta delle Frequenze Fattoio



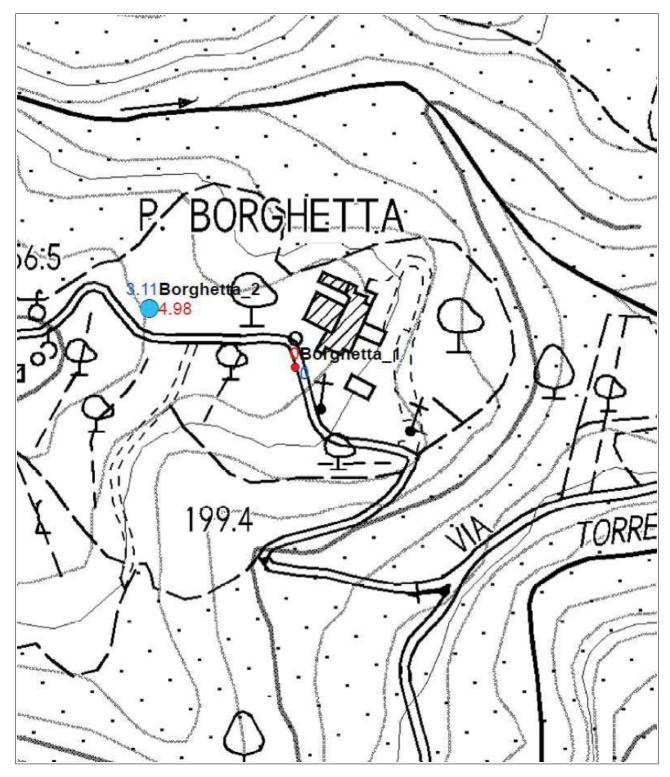
Carta delle Indagini Castello di Celle



Carta delle Frequenze Castello di Celle



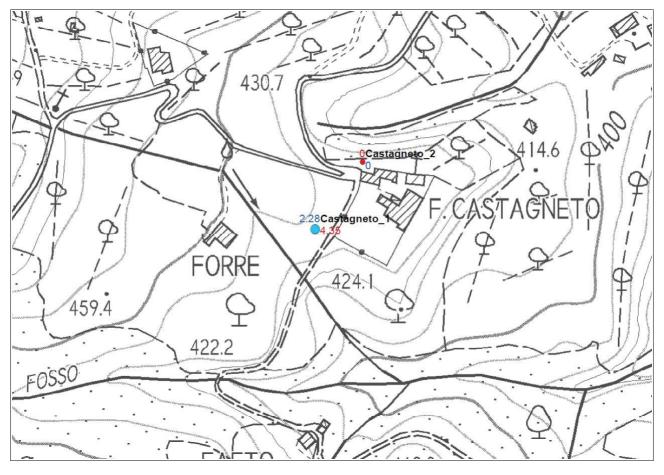
Carta delle Indagini



Carta delle Frequenze Borghetta



Carta delle Indagini Castagneto



Carta delle Frequenze Castagneto



# ALLEGATO 2 DATI DI BASE (RELAZIONE PUC LA BORGHETTA)

Dott. Geol. Alberto lotti - nº 1438 - OdG Regione Toscana

Località Castiglioni 56 50068 Rufina (FI)
Tel. 055/8397382 Fax: 055/8397382
C.F. TTI LRT 67 S04 F 704I Part.IVA 02574710964

#### **BUREAU MAGHRABY ITALIA S.R.L.**

# RELAZIONE GEOLOGICA FINALIZZATA ALLA REALIZZAZIONE DI UN PUC PER L'IMPLEMENTAZIONE TURISTICO RICETTIVA DELL'HOTEL RESORT VILLA LA BORGHETTA, POSTA IN LOCALITÀ "LA BORGHETTA", IN COMUNE DI FIGLINE E INCISA VALDARNO (FI).

(ai sensi del N.T.C 2018, D.P.G.R. 53 /R 2011, D.P.G.R. 36 /R 2009, Legge Forestale della Toscana e sua modifica L.R. 02.01.2003, n.1)

Ottobre 2019



#### 1. PREMESSA

su incarico affidatoci dalla committenza, è stata condotta un'indagine finalizzata al PUC per l'implementazione turistico ricettiva dell'Hotel Resort Villa la Borghetta, posta in località "la Borghetta", in comune di Figline e Incisa Valdarno (Fi). (TAV. 1).

A tale scopo verranno realizzati i seguenti interventi:

- Realizzazione nuovo fabbricato con incremento del numero delle camere di 23 unità.
- Riorganizzazione spazi nell'attuale edificio denominato Villa La Borghetta.
- Realizzazione ex novo la SPA nel nuovo edificio, sito dall'altra parte della strada comunale, realizzando in interrato (senza utilizzazione di SUL), anche alcuni locali di appoggio, quali servizi igienici, spogliatoi, depositi, di altezza non superiore a ml. 2,40, oltre a cavedi tecnici.
- Realizzazione di un collegamento interrato che collegherà la hall-living sita nel corpo originale di Villa la Borghetta al grande atrio della zona fitness sito nel nuovo corpo di fabbrica.

Lo studio in oggetto è stato condotto in ottemperanza alle normative: N.T.C. 2018, DPGR 53R 2011, DPGR 36R 2009 e Legge Forestale n.1/2003 e ss mm.

#### 2. METODOLOGIA E FINALITÀ

Sulla base di quanto richiesto dalle normative sopracitate, per la definizione delle classi di fattibilità degli interventi previsti dal Piano Unitario Convenzionato (P.U.C.) in oggetto, sono state utilizzate le carte tematiche redatte a supporto dello Strumento Urbanistico Generale del Comune di Figline Valdarno.

Inoltre, come indicato dalle N.T.C. 2018, la presente indagine comprende la Relazione Geologica. L'indagine in oggetto è stata quindi articolata secondo le seguenti fasi:

#### Relazione Geologica

- a) rilievi geologici, geomorfologici ed idrogeologici di superficie;
- b) osservazione di foto aeree stereoscopiche dell'area in esame;
- c) esecuzione n. 2 sondaggi a carotaggio continuo con istallazione di un tubo per Indagine Sismica Down Hole (S2) e di un piezometro (S1).
- c) esecuzione n. 2 prove penetrometriche dinamiche superpesanti DPSH
- e) esecuzione indagine sismica Down Hole nel Foro di Sondaggio S2 ed esecuzione di sismica a rifrazione e indagine MASW su uno stendimento di lunghezza 100 mt; n.2 misurazioni di Microtremori per indagine HVSR con sistema Tromino
- f) analisi di laboratorio su campioni di terreno.
- g) carta della Pericolosità e carta della Fattibilità degli interventi
- h) considerazioni conclusive

#### 3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO

Dal punto di vista geologico, nella cartografia geologica allegata al PS del Comune di Figline e Incisa Valdarno, l'area di studio è caratterizzata dalla presenza del substrato roccioso che risulta costituito dalle arenarie della formazione del "Macigno" (mg): arenarie torbiditiche quarzoso-feldspatiche alternanti a straterelli di scisti siltosi, affioranti sui versanti del dosso della Borghetta e lungo il Borro del Cesto.

In particolare, come rilevato dalle indagini geognostiche condotte in sito, l'area d'intervento è caratterizzata nella parte superficiale da un'alternanza di strati arenacei molto alterati con superfici delle fratture di colore bruno scuro (patina di ossidazione) e strati Siltitico Marnosi prevalenti con rari livelli Argillitici, che presentano nel sondaggio S1 uno spessore di circa 14 mt dal p.c.; mentre nel sondaggio S2 uno spessore di circa 9 mt dal p.c.; tale litofacies alterata ricopre le sottostanti marne, siltiti prevalenti compatte di colore grigio più o meno chiaro anch'essi con all'interno livelli arenacei e che rappresentano una litofacies Marnoso Siltitica non alterata presente nel Macigno.

Tali spessori sono confermati sia dall'indagine sismica a rifrazione di superficie, sia dall'Indagine DownHole effettuata sul Foro di Sondaggio S2.

Al di sotto di tali formazioni sono presenti arenarie grossolane stratificate compatte grigie (rilevate nel solo sondaggio S2 ad una profondità di circa 25 mt).

#### 4. INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO

L'area interessata dal P.U.C. è ubicata sulla sommità di un dosso, in sponda sinistra del Borro del Cesto, ad una quota di circa 233 m. s.l.m.. Tale dosso presenta versanti acclivi, la cui pendenza è rotta da numerosi terrazzamenti antropici coltivati ad olivi.

Anticamente, come evidenziato dalle foto aerea del 1965 (Geoscopio Regione Toscana) si può osservare che l'intera area risultava coltivata; attualmente invece sia i terrazzamenti dove era presente l'oliveta, sia la sottostante zona un tempo coltivata, risultano in stato di abbandono.

Nella Carta geomorfologia allegata al P.S del Comune di Figline e Incisa Valdarno, risultano annotate due frane attive, una posta a NNO rispetto al Fabbricato de La Borghetta esistente, ed una posta a OSO che si sviluppa fino al sottostante Torrente Cesto, a valle dell'attuale parcheggio in prossimità dell'area dove è prevista la realizzazione del nuovo Fabbricato.

L'area dove sono previste le strutture oggetto di PUC risultano comunque esterne alla perimetrazione del corpo di frana ed anche dalle Carte di Pericolosità Geomorfologica molto elevata del PAI, nella quale è considerato anche il Buffer di possibile evoluzione.

Nella Carta geomorfologica sono inoltre annotate anche delle scarpate morfologiche.

Nell'area non sono presenti Permanent Scatterers (Interferometria SAR - Dati ERS e ENVISAT - Fonte Geoportale Nazionale).

#### 5. INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO

La regimazione delle acque superficiali è scarsamente regolata in zona da fossi campestri in quanto l'area, un tempo coltivata e con olivete su terrazzamenti antropici, risulta attualmente in stato di abbandono. La regimazione delle acque è regolata solamente da canalette laterali alla strada della Borghetta che convoglia le acque raccolte fino al borro del Cesto presente a Sud.

Per quanto concerne la permeabilità dei terreni affioranti, l'area in esame è caratterizzata da terreni mediamente permeabili in superficie, mentre in profondità, la presenza di fratturazione all'interno delle arenarie fa presupporre una buona circolazione idrica che risulta comunque da ricercarsi ad elevate profondità. Nel Piezometro installato nel foro di perforazione del Sondaggio S1 nella misura del 22 Dicembre 2018 e del 10 Ottobre 2019 non risulta presenza di acqua.

#### 6. INDAGINI GEOTECNICHE IN SITO (TAV.9)

Trattandosi della realizzazione nuovi volumi per l'implementazione turistico ricettiva dell'Hotel Resort Villa la Borghetta, la Classe geologica di indagine dell'intervento in oggetto, così come normato dal D.P.G.R. n.36/R del 09/07/2009, risulta CLASSE DI INDAGINE N.4. Nell'area di intervento, per caratterizzare i terreni sotto il profilo litostratigrafico e geomeccanico, sono stati eseguiti n. 2 sondaggi fino alla profondità di 20 mt (S1 - installato piezometro) e 35 mt (S2 - installato tubo per inclinometro e Down Hole) e sono state effettuate n. 4 prove penetrometriche SPT. Sono state inoltre effettuate n. 2 Prove penetrometriche DPSH (TAV 8)

#### Sondaggi a carotaggio continuo

S1	Quota 232.4	s.l.m.	Camp.	SPT
Liv.	prof. p.c.	Litologia	prof.	
a <sub>0</sub> )	0.00 - 1.80	Terreno Vegetale, limi sabbioso argillosi litico marnosi		
b <sub>1</sub> )	1.80 - 14.40	Alternanza di strati Arenacei fortemente alterati, marne, siltiti prevalenti e rari livelli argillitici, alterati, di colore ocra con superfici delle fratture di colore bruno scuro (patine di ossidazione).	C1S1 2.5 mt	SPT1 2.80 mt (rifiuto)  SPT2 7.40 mt (rifiuto)
C <sub>1</sub> )	14.40 - 20.00	Alternanza irregolare di Siltiti e Marne prevalenti compatte, di colore grigio più o meno chiaro anc'h'essi con all'interno livelli arenacei.		

Camp.S1C1  $\Phi' = 22.0^{\circ}$  c' = 43.8 kPa  $\gamma = 19 \text{ kN/m}^3$ 

S2	Quota 223.9	s.l.m.	Camp.	SPT
Liv.	prof. p.c.	Litologia	prof.	
a <sub>0</sub> )	0.00 - 1.50	Terreno Vegetale, limi sabbioso argillosi litico marnosi		
b <sub>1</sub> )	1.50 - 9.00	Alternanza di strati Arenacei fortemente alterati, Marne, siltiti prevalenti e rari livelli argillitici alterati, di colore ocra con superfici delle fratture di colore bruno scuro (patine di ossidazione).	C1S2 2.8 mt C1S2 6.0 mt	SPT1 3.0 mt (rifiuto)  SPT2 6.2 mt (rifiuto)
C <sub>1</sub> )	9.00 - 25.00	Alternanza irregolare di Siltiti e Marne prevalenti compatte, di colore grigio più o meno chiaro anc'h'essi con all'interno livelli arenacei.		
d₁)	25.00- 35.00	Arenarie grossolane compatte di colore grigio intercalate a sottili livelli di siltili		

#### Prova penetrometrica (DPSH1) quota 230 mt.

- a) 0,00 1.40 mt.
- Terreno Vegetale, limi sabbioso argillosi litico marnosi
- b) 1.40 10.00 mt.
- Alternanza di strati arenacei alterati, Marne, siltiti prevalenti e rari livelli argillitici, alterati. Nella prova è presente un livello meno compatto tra 5 e 7 mt dal p.c.

#### Prova penetrometrica (DPSH2) quota 232.5 mt.

- a) 0,00 1.40 mt.
- Terreno Vegetale, limi sabbioso argillosi litico marnosi
- b) 1.40 6.20 mt.
- Alternanza di strati arenacei alterati, marne, siltiti prevalenti e rari livelli argillitici, alterati.

Entrambe le prove sono andate a rifiuto all'infissione

#### Parametri Caratteristici

Vista la natura dei terreni, considerata l'impossibilità di prelevare campioni in fustella, i parametri geologico tecnici sono stati definiti sulla base dei risultati effettuati su un campione (estremamente disturbato e prelevato da cassetta); sulla base delle prove SPT effettuate nei fori di sondaggio (essendo andate tutte a rifiuto nei primi centimetri, le prove SPT possono essere utilizzate soltanto

per evidenziare le buone caratteristiche geotecniche dei terreni indagati); dalle prove penetrometriche superpesanti (DPSH) e da dati di letteratura sui litotipi presenti, oltre all'utilizzo del Software RocLAb per la stima cautelativa dei parametri:

Livello b (Livello alterato – siltiti, marne con livelli arenacei fortemente alterati)

$$\phi'=22.0^{\circ}$$
 c' = 0.438 kg/c<sup>2</sup>  $\gamma=19$  (kN/m<sup>3</sup>) (derivanti dall'analisi di laboratorio)

Livello c (Substrato – siltiti, marne con livelli maggiormente arenacei)

$$\phi$$
'= 22.0° c' = 1.0 kg/c<sup>2</sup>  $\gamma$  = 19 (kN/m<sup>3</sup>) (derivati da classificazione ammassi rocciosi)

Livello d (Arenarie compatte intercalate a sottili livelli di siltiti)

$$\varphi'=35.0^{\circ}$$
 c' = 3.0 kg/c<sup>2</sup>  $\gamma=22$  (kN/m<sup>3</sup>) (derivati da classificazione ammassi rocciosi)

#### 7. AZIONE SISMICA LOCALE

#### 7.1 Indagine sismica a rifrazione

Nell'area in oggetto, al fine di poter correlare spazialmente le stratigrafie evidenziate nei fori di sondaggio, è stata effettuata un'indagine sismica a rifrazione che ha evidenziato la presenza di n. tre orizzonti. È possibile riconoscere tre orizzonti un primo orizzonte con velocità di propagazione delle onde p fino a 600-800 m/s con spessore massimo varabile da 1 a 6 m interpretabile come depositi copertura alterazione, un secondo orizzonte con velocità delle onde p fino a 1500 m/s con spessore massimo investigato di circa 8-10 m, interpretato come roccia-substrato alterato, al di sotto si hanno velocità maggiori legate ad un rifrattore interpretabile come roccia substrato non alterato.

#### 7.2 MASW sullo stendimento

Sullo stendimento sismico è stata effettuata un'indagine MASW per la definizione del tipo di suolo sismico.

In base a quanto definito nelle NTC 2018 la categoria di suolo deve essere definita in funzione della velocità equivalente calcolata secondo l'espressione:

$$V_{S,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^{N} \frac{h_i}{V_{S,i}}}$$
[3.2.1]

con:

h<sub>i</sub> spessore dell'i-esimo strato;

 $\dot{V}_{S,i}$  velocità delle onde di taglio nell'i-esimo strato;

N numero di strati;

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

La tabella 3 riporta le categorie di suolo come definite nelle NTC 2018.

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

Tabella 3 - Categorie di suolo NTC 2018

La velocità Ve per il terreno in esame è pari a 410 riconducibile ad un suolo di categoria B.

#### 7.3 Down Hole

Nel Foro di Sondaggio S2, per la definizione della Categoria Sismica dei terreni di fondazione e per la misurazione della velocità media delle onde sismiche di taglio "s" nei primi 30 mt. di profondità (Veq), è stata eseguita una misurazione Down Hole, per la valutazione dell'andamento della velocità delle onde di taglio Vs nei primi 35 m. (allegato 5).

L'acquisizione dei dati in campagna è stata eseguita utilizzando un sistema composto da:

sismografo Daq LinkIII 24 bit 24 canali,

In base al valore di velocità misurato, il suolo (**Veq = 586 m/s**) può essere classificato come suolo di **tipo B**, che prevede un valore di velocità di propagazione delle onde di taglio compreso tra 360 e 800 m/s.

Osservando le misurazioni Down Hole effettuate nel foro di sondaggio ed in particolare le Onde P, si può notare un notevole incremento di Velocità a 8 mt di profondità, ben correlabili con il passaggio tra i terreni di copertura e i livelli sottostanti rilevati nel sondaggio S2.

#### 7.4 Letture HVSR

Nell'area sono state effettuate n. 2 misure con sistema Tromino per la verifica di contrasti d'impedenza e quindi la determinazione di eventuali fenomeni di amplificazione.

Nelle curve Frequenza-Ampiezza si nota, nelle frequenze di interesse, nella misura 1 un picco con frequenza 5.02 e ampiezza 2.47 e nella misura 2 un picco con frequenza 5.59 e ampiezza 2.22 (Vedi Allegato)

#### 7.5 <u>Definizione dei parametri sismici</u>

Nell'area di studio sono stati definiti i parametri sismici relativi al sito di interesse in riferimento alla Delib. GRT 431/06 ed alla normativa NTC 2018. Tali parametri dovranno essere utilizzati dal progettista per i calcoli strutturali.

Sottozona sismica regionale	Zona 3
Accelerazione orizzontale max regionale	0.15 g
Categoria Sismica terreno di fondazione	B (360 <veq <800)<="" td=""></veq>
Coefficiente di importanza ( $\gamma$ i)	1.0 (opera ordinaria)
Classe d'uso dell'opera di progetto	II
Coefficiente amplificazione stratigrafica (Ss)	1.20
	Cat. Suolo Tipo B
Coefficiente di amplificazione topografica (St)	1.20
	(T3)
Attitudine alla liquefazione	nulla

#### 8. VERIFICHE DI STABILITÀ

Le verifiche di stabilità del versante sono state effettuate su n. 2 sezioni (TAV.8) ricavate utilizzando il DTM Lidar (fonte Regione Tosccana - Geoportale Nazionale), facendo riferimento ai parametri litostratigrafici e geomeccanici riportati nella presente relazione.

A tali parametri sono state applicate le riduzioni relative alle N.T.C. 2018.

Le verifiche sono state effettuate utilizzando il programma Slope di Geostru. Tale programma utilizza la metodologia di verifica di stabilità secondo vari modelli, nell'analisi è stato impiegato il metodo di Bishop che rappresenta un metodo cautelativo rispetto ad altri disponibili (Janbu). Questa metodologia permette di ottenere il valore del Fattore di Sicurezza (Fs, rapporto tra le forze resistenti e quelle destabilizzanti) di una data superficie di scivolamento, utilizzando una tecnica di integrazione numerica (metodo dei conci).

Ripetendo tale metodo *n* volte, si definiscono *n* fattori di sicurezza per *n* superfici di scivolamento. In questo modo è possibile definire la superficie di scivolamento più critica, calcolando quindi il Fattore di Sicurezza minimo. Le verifiche sono state eseguite considerando una riduzione dei parametri caratteristici e l'applicazione della sollecitazione sismica come da normativa considerando parametri drenati quindi secondo un approccio maggiormente cautelativo,

#### I Fattori di sicurezza calcolati risultano essere:

Stato Attuale Sezione 1 Fs= 1.52

Stato Attuale Sezione 2 Fs= 1.22

## RELAZIONE DI CALCOLO

#### **Stato Attuale Sezione 1**

#### Analisi di stabilità dei pendii con BISHOP

Lat./Long.	43.594764/11.450076	
Normativa	NTC 2018	
Numero di strati	4.0	
Numero dei conci	30.0	
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1.1	
Coefficiente parziale resistenza	1.1	
Analisi	Condizione drenata	
Superficie di forma circolare		

\_\_\_\_\_

#### Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	72.28 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	250.23 m
Ascissa vertice destro superiore xs	108.7 m
Ordinata vertice destro superiore ys	275.63 m
Passo di ricerca	10.0
Numero di celle lungo x	10.0
Numero di celle lungo y	10.0

-----

#### Coefficienti sismici [N.T.C.]

\_\_\_\_\_\_

#### Dati generali

Tipo opera: 2 - Opere ordinarie Classe d'uso: Classe II Vita nominale: 50.0 [anni]

Vita nominale: 50.0 [anni] Vita di riferimento: 50.0 [anni]

#### Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo: B Categoria topografica: T3

S.L.	TR	ag	F0	TC*
Stato limite	Tempo ritorno	$[m/s^2]$	[-]	[sec]
	[anni]			
S.L.O.	30.0	0.43	2.58	0.26
S.L.D.	50.0	0.52	2.61	0.27
S.L.V.	475.0	1.22	2.39	0.3
S.L.C.	975.0	1.55	2.4	0.3

#### Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera:

Stabilità dei pendii e Fondazioni

S.L.	amax	beta	kh	kv
Stato limite	$[m/s^2]$	[-]	[-]	[sec]
S.L.O.	0.6192	0.2	0.0126	0.0063
S.L.D.	0.7488	0.2	0.0153	0.0076
S.L.V.	1.7568	0.24	0.043	0.0215
S.L.C.	2.232	0.24	0.0546	0.0273

Coefficiente azione sismica orizzontale Coefficiente azione sismica verticale 0.043 0.0215

Vertici profilo

N	X	у
	m	m
1	53.65	186.92
2	62.36	187.61
3	66.97	188.62
4	74.14	190.82
5	79.27	192.64
6	84.39	194.65
7	88.49	195.3
8	95.66	196.53
9	97.71	197.96
10	98.73	197.96
11	104.88	199.99
12	106.93	201.31
13	108.98	201.37
14	112.06	202.25
15	115.13	204.73
16	118.2	205.0
17	120.25	206.29
18	121.28	206.74
19	123.33	207.04
20	124.35	207.58
21	126.4	209.57
22	128.45	210.3
23	129.48	210.48
24	131.01	210.54
25	135.11	211.15

26	140.75	211.48
27	142.8	212.01
28	153.04	212.74
29	162.27	213.16

# Falda

Nr.	X	у
	m	m
1	53.65	184.48
2	54.58	184.64
3	78.83	188.65
4	123.31	195.54
5	162.05	200.28

#### Vertici strato .....1

veruci strato1				
N	X	y		
	m	m		
1	53.65	179.75		
2	67.16	184.63		
3	95.66	196.53		
4	97.71	197.96		
5	98.73	197.96		
6	104.88	199.99		
7	106.93	201.31		
8	108.98	201.37		
9	112.06	202.25		
10	115.13	204.73		
11	118.2	205.0		
12	120.25	206.29		
13	121.28	206.74		
14	123.33	207.04		
15	124.35	207.58		
16	126.4	209.57		
17	128.45	210.3		
18	129.48	210.48		
19	131.01	210.54		
20	135.11	211.15		
21	140.75	211.48		
22	142.8	212.01		
23	162.27	213.16		

# Vertici strato ......2

N	X	У
	m	m
1	53.65	179.75
2	67.16	184.63
3	67.16	184.63
4	72.86	187.01
5	110.77	192.8
6	136.3	196.4
7	162.27	199.15

#### Vertici strato .....3

N	X	у
	m	m
1	53.65	169.44
2	110.45	176.84
3	162.27	183.48

#### Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Tangente angolo di resistenza al taglio	1.25	
Coesione efficace	1.25	
Coesione non drenata	1.4	
Riduzione parametri geotecnici terreno	Si	

#### Stratigrafia

c: coesione; cu: coesione non drenata; Fi: Angolo di attrito; G: Peso Specifico; Gs: Peso Specifico Saturo; K: Modulo di Winkler

Strato	С	cu	Fi	G	Gs	K	Litologia	
	(kg/cm <sup>2</sup> )	(kg/cm <sup>2</sup> )	(°)	$(Kg/m^3)$	$(Kg/m^3)$	(Kg/cm³)		
1	0.05		22	1900	2100.00	0.00		
2	0.4		22	1900	2100	0.00		
3	1		22	2000	2100	0.00		
4	3		35	2200	2300	0.00		

#### Risultati analisi pendio [NTC 2018: [A2+M2+R2]]

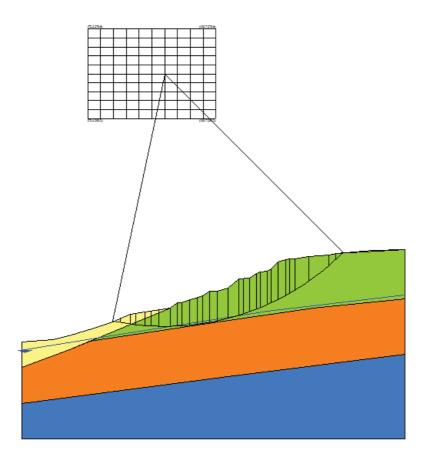
Fs minimo individuato	1.52
Ascissa centro superficie	94.14 m
Ordinata centro superficie	262.93 m
Raggio superficie	71.75 m

B: Larghezza del concio; Alfa: Angolo di inclinazione della base del concio; Li: Lunghezza della base del concio; Wi: Peso del concio; Ui: Forze derivanti dalle pressioni neutre; Ni: forze agenti normalmente alla direzione di scivolamento; Ti: forze agenti parallelamente alla superficie di scivolamento; Fi: Angolo di attrito; c: coesione.

#### Analisi dei conci. Superficie...xc = 94.136 yc = 262.932 Rc = 71.754 Fs=1.5194

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kg/cm²)	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	2.18	-11.0	2.22 26	574.45	115.0	57.5	0.04	17.9	0.0	2936.81	099.5
2	2.79	-8.9	2.83 108	387.56	468.17	234.08	0.04	17.9	0.0	11476.62	895.9
3	1.57	-7.2	1.58 90	35.52	388.53	194.26	0.32	17.9	0.0	9724.94	908.8
4	2.53	-5.5	2.54 172	224.35	740.65	370.32	0.32	17.9	0.0	18115.28	369.2
5	1.83	-3.8	1.84 143	34.35	616.38	308.19	0.32	17.9	0.0	14786.96	374.3
6	2.18	-2.2	2.18 189	23.46	813.71	406.85	0.32	17.9	0.0	19237.67	898.5

7	3.16	0.0	3.16 30488.66	1311.01 655.51	0.32	17.9	0.0	30497.911949.4
8	2.05	2.0	2.05 23514.28	1011.11 505.56	0.32	17.9	195.1	22832.58341.9
9	1.33	3.4	1.33 16938.37	728.35 364.18	0.32	17.9	376.8	16129.55673.9
10	2.18	4.8	2.19 29187.26	1255.05 627.53	0.32	17.9	523.1	27350.19479.0
11	2.18	6.5	2.19 31326.32	1347.03 673.52	0.32	17.9	644.3	28992.19809.3
12	1.48	8.0	1.49 22313.49	959.48 479.74	0.32	17.9	693.9	20534.56832.3
13	2.05	9.4	2.08 33371.22	1434.96 717.48	0.32	17.9	696.2	30733.19921.3
14	2.05	11.1	2.09 34589.25	1487.34 743.67	0.32	17.9	642.1	31912.010170.2
15	3.07	13.2	3.16 51311.8	2206.41 1103.2	0.32	17.9	487.1	47589.615249.0
16	3.07	15.7	3.19 56300.55	2420.921210.46	0.32	17.9	170.0	53321.216426.9
17	1.36	17.6	1.42 26451.48	1137.41 568.71	0.32	17.9	0.0	25331.77624.6
18	1.72	18.9	1.81 32255.56	1386.99 693.49	0.32	17.9	0.0	30860.49442.3
19	2.05	20.5	2.19 38684.02	1663.41 831.71	0.32	17.9	0.0	37053.111354.1
20	1.02	21.8	1.1 19879.46	854.82 427.41	0.32	17.9	0.0	19088.65804.4
21	2.05	23.1	2.23 38746.38	1666.09 833.05	0.32	17.9	0.0	37233.911467.1
22	1.02	24.5	1.13 18872.08	811.5 405.75	0.32	17.9	0.0	18155.15666.3
23	2.05	25.8	2.28 39864.3	1714.17 857.08	0.32	17.9	0.0	38566.911817.3
24	2.05	27.6	2.31 41143.66	1769.18 884.59	0.32	17.9	0.0	40067.312178.2
25	1.02	29.0	1.17 19843.79	853.28 426.64	0.32	17.9	0.0	19371.25990.2
26	1.54	30.2	1.78 27989.02	1203.53 601.76	0.32	17.9	0.0	27328.48690.7
27	4.1	32.9	4.88 63780.98	2742.581371.29	0.32	17.9	0.0	62136.921360.8
28	5.64	37.7	7.12 55926.14	2404.821202.41	0.32	17.9	0.0	52317.723749.5
29	1.91	41.5	2.55 9126.73	392.45 196.22	0.32	17.9	0.0	6720.46177.5
30	2.18	43.8	3.02 4093.99	176.04 88.02	0.32	17.9	0.0	113.35801.8



## **Stato Attuale Sezione 2**

#### Analisi di stabilità dei pendii con BISHOP

Lat./Long.	43.594764/11.450076	
Normativa	NTC 2018	
Numero di strati	3.0	
Numero dei conci	30.0	
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1.1	
Coefficiente parziale resistenza	1.1	
Analisi	Condizione drenata	
Superficie di forma circolare		

#### Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	139.54 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	267.64 m
Ascissa vertice destro superiore xs	252.76 m
Ordinata vertice destro superiore ys	343.35 m
Passo di ricerca	10.0
Numero di celle lungo x	10.0
Numero di celle lungo y	10.0

#### Coefficienti sismici [N.T.C.]

#### Dati generali

Tipo opera: 2 - Opere ordinarie Classe d'uso: Classe II

Vita nominale: 50.0 [anni]
Vita di riferimento: 50.0 [anni]

#### Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo: B Categoria topografica: T3

S.L.	TR	ag	F0	TC*
Stato limite	Tempo ritorno	$[m/s^2]$	[-]	[sec]
	[anni]			
S.L.O.	30.0	0.43	2.58	0.26
S.L.D.	50.0	0.52	2.61	0.27
S.L.V.	475.0	1.22	2.39	0.3
S.L.C.	975.0	1.55	2.4	0.3

#### Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Stabilità dei pendii e Fondazioni

S.L.	amax	beta	kh	kv
Stato limite	$[m/s^2]$	[-]	[-]	[sec]
S.L.O.	0.6192	0.2	0.0126	0.0063
S.L.D.	0.7488	0.2	0.0153	0.0076
S.L.V.	1.7568	0.24	0.043	0.0215
S.L.C.	2.232	0.24	0.0546	0.0273

Coefficiente azione sismica orizzontale Coefficiente azione sismica verticale 0.043 0.0215

Vertici profilo

N N	X	у
1 4	m	m
1	155.6	170.66
2	168.12	174.51
3	175.64	175.07
4	191.3	180.42
5		
6	200.69	186.27
	208.21	191.71
7	216.97	198.18
8	223.86	198.63
9	229.5	202.65
10	238.27	204.06
11	243.28	204.73
12	250.79	207.97
13	252.05	208.03
14	257.06	210.34
15	258.31	210.65
16	265.82	211.95
17	267.08	213.41
18	270.83	215.93
19	272.09	216.13
20	274.59	217.45
21	274.59	217.45
22	280.85	218.44
23	283.36	219.21
24	288.37	220.13
25	297.14	221.0
26	307.16	221.94
27	318.43	222.5
28	348.49	224.35

#### Falda

Nr.	X	у
	m	m
1	156.05	169.54
2	183.18	176.18
3	196.08	182.07

4	216.32	192.49
5	223.59	195.91
6	229.58	198.27
7	237.5	200.4
8	253.76	204.04
9	301.18	208.63
10	348.42	210.33

#### Vertici strato .....1

N	X	у
	m	m
1	155.6	167.76
2	162.12	169.54
3	165.34	170.3
4	169.9	171.44
5	177.11	173.34
6	188.49	176.75
7	194.37	179.98
8	203.1	185.1
9	217.39	190.99
10	227.87	195.48
11	245.2	200.4
12	289.9	207.04
13	313.6	208.26
14	348.49	209.37

#### Vertici strato .....2

N	X	у
	m	m
1	155.6	163.35
2	219.93	182.31
3	281.6	190.48
4	313.6	194.26
5	348.49	195.4

#### Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Tangente angolo di resistenza al taglio	1.25
Coesione efficace	1.25
Coesione non drenata	1.4
Riduzione parametri geotecnici terreno	Si

#### Stratigrafia

c: coesione; cu: coesione non drenata; Fi: Angolo di attrito; G: Peso Specifico; Gs: Peso Specifico Saturo; K: Modulo di Winkler

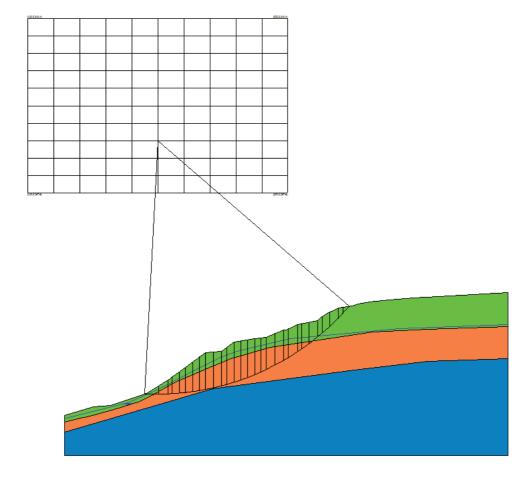
Saturo, K. Wodalo di Wilkici									
Strato	c	cu	Fi	G	Gs	K	Litologia		
	(kg/cm <sup>2</sup> )	(kg/cm <sup>2</sup> )	(°)	$(Kg/m^3)$	$(Kg/m^3)$	(Kg/cm³)			
1	0.4		22	1900	2100	0.00			
2	1		22	2000	2100	0.00			
3	3		35	2200	2300	0.00			

# Risultati analisi pendio [NTC 2018: [A2+M2+R2]]

Fs minimo individuato	1.22	
Ascissa centro superficie	196.15 m	
Ordinata centro superficie	290.35 m	
Raggio superficie	110.34 m	

# Analisi dei conci. Superficie...xc = 196.152 yc = 290.351 Rc = 110.337 Fs=1.2208

	D	A 1.Co	т:					 T2:	тт:	NII:	 т:
Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	(Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kg/cm <sup>2</sup> )	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
		· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	111	(Kg)	(Kg)	(Kg)	(Kg/CIII )	· ( )	(Kg)	(IXg)	(IXg)
1	0.76	-2.7	0.76	212.86	9.15	4.58	0.32	17.9	0.0	302.4	1878.7
2	5.19	-1.2	5.19 2	20703.13	890.23	445.12	0.32	17.9	1028.7	15703.91	16138.7
3	4.21	1.3	4.21	42097.0	1810.17	905.09	0.8	17.93	3314.7	27452.83	31688.8
4	1.73	2.8	1.74 2	23863.27	1026.12	513.06	0.8	17.9	4739.3	14984.41	3944.5
5	2.97	4.0	2.98 5	0361.77	2165.561	082.78	0.8	17.9	5810.2	31397.12	25301.3
6	2.81	5.5	2.82 5	8235.02	2504.111	252.05	0.8	17.9	7057.3	36102.52	25515.0
7	3.13	7.1	3.16 7	6588.24	3293.291	646.65	0.8	17.93	8258.7	47363.43	30197.4
8	2.97	8.7	3.01 8	33679.35	3598.211	799.11	0.8	17.99	9407.3	51735.83	30358.3
9	2.67	10.2	2.71 8	3763.84	3601.851	800.92	0.8	17.91	10390.7	51826.32	28608.7
10	3.28	11.7	3.35 1	06724.8	4589.172	2294.58	0.8	17.91	11243.5	64029.63	35348.7
11	3.61	13.6	3.72 1	14514.8	4924.142	2462.07	0.8	17.91	12090.0	63816.63	37501.0
12	2.33	15.2	2.41 7	4921.73	3221.641	610.82	0.8	17.91	12616.4	40623.12	24157.6
13	3.31	16.7	3.45 1	14126.7	4907.452	2453.73	0.8	17.91	12922.3	63763.63	35915.1
14	2.64	18.3	2.78 9	3266.41	4010.462	2005.23	0.8	17.91	13001.4	52495.82	29172.6
15	2.97	19.9	3.16 1	02094.8	4390.082	2195.04	0.8	17.91	12785.6	556456.33	32407.4
16	3.16	21.6	3.4 1	04430.1	4490.492	2245.25	0.8	17.91	12451.5	56577.23	33868.7
17	2.78	23.2	3.03 8	37419.79	3759.051	879.53	0.8	17.91	11929.4	46493.62	29217.3
18	2.23	24.6	2.45	66556.8	2861.941		0.8			34771.02	
19	3.71	26.4	4.14 1	06971.1	4599.762	2299.88	0.8	17.91	10626.2	256395.83	38258.6
20	3.8	28.6	4.33 1	06320.5	4571.782	2285.89	0.8	17.99	9515.1	58190.03	39799.2
21	2.14	30.3	2.48 5	6108.46	2412.661	206.33	0.8	17.93	8503.4	30932.92	22211.8
22	4.12	32.2	4.87 1	02832.1	4421.782	2210.89	0.8	17.9	7145.3	59407.94	13340.6
23	1.82	34.1	2.2 4	2116.21	1811.0	905.5	0.8	17.9	5492.4	25745.31	19278.4
24	2.97	35.6	3.65 6	1019.64	2623.851	311.92	0.8	17.9	4057.8	38074.23	30930.9
25	3.98	37.8	5.04 6	4863.79	2789.141	394.57	0.32	17.9	1803.2	53690.32	24927.7
26	1.96	39.8	2.56 2	27952.41	1201.95	600.98	0.32	17.9	0.0	26078.91	12371.4
27	3.05	41.5	4.07 4	1383.68	1779.5	889.75	0.32	17.9	0.0	38490.01	8962.0
28	3.76	44.0	5.22 3	9690.11	1706.68	853.34	0.32	17.9		35014.92	
29	2.11	46.1	3.04 1	5129.94	650.59	325.29	0.32	17.9	0.0	11427.81	10000.5
30	2.97	48.0	4.44	8180.97	351.78	175.89	0.32	17.9	0.0	360.61	10676.8



Le verifiche di stabilità dello stato di progetto dovranno essere predisposte sulla base della definitiva progettazione strutturale utilizzando i parametri geotecnici presenti nella presente relazione e/o da implementare sulla base delle indicazioni fornite dai progetti strutturali.

#### 9. CARTA DELLE MOPS (TAV 6a)

la Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS) individua, sulla base di osservazioni geologiche, geomorfologiche e dell'acquisizione, valutazione ed analisi dei dati geognostici e geofisici, le microzone ove possono verificarsi diverse tipologie di effetti locali o di sito prodotti dall'azione sismica. Nell'area in oggetto l'esecuzione di sondaggi geognostici e indagini sismiche in foro e di superficie, nonché l'esecuzione di misurazioni HVSR, dove sono stati evidenziati picchi di risonanza di ampiezza superiore a 2 (2,47 e 2,22) a frequenze di 5.02 e 5.47 Hz.; hanno permesso di individuare zone stabili suscettibili di amplificazione del moto sismico, come effetto della situazione litostratigrafica e topografica, e zone suscettibili di instabilità di versante per le aree di frana mappate nelle cartografie allegate al PS di Figline e Incisa Valdarno.

#### 10. CARTE DELLE PERICOLOSITÀ GEOMORFOLOGICA, SISMICA E IDRAULICA

#### **Piano Strutturale**

In riferimento alle classi di pericolosità dello strumento urbanistico del Comune di Figline e Incisa Valdarno, realizzate in scala 1:10.000, si riporta quanto segue:

#### Carta della Pericolosità Geomorfologica (Tav.4):

L area in oggetto ricade in Classe di Pericolosità Geomorfologica G.2, G.3 e G.4.

#### Carta della Pericolosità Idraulica (Tav.5):

Per quanto riguarda la pericolosità Idraulica, l'area di PUC risulta esterna a perimetrazioni di carattere idraulico.

#### Carta della Pericolosità Sismica (Tav.6b):

L'area in oggetto ricade in Classe di Pericolosità Sismica S.2, mentre le aree interessate dalla da coltri di frana (mappatura del Piano Strutturale) sono inserite in pericolosità S.4. Durante la campagna di indagine Sismica (Sismica di Superficie, Down Hole e Microtremori) è stata misurata una velocità delle onde sismiche Veq nel Down Hole pari a 586 m/s e sono stati evidenziati picchi di risonanza di ampiezza superiore a 2 (2,47 e 2,22) a frequenze di 5.02 e 5.47 Hz.

#### Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Settentrionale PAI (TAV.7)

In riferimento alla Cartografia del PAI redatta dall'Autorità di Bacino, l'area in oggetto ricade in classe di pericolosità P.F.1 e P.F.4 rispettivamente per le aree esterne o interne alle perimetrazioni delle frane e relativi Buffer. Le strutture oggetto di PUC sono state posizionate in area PF1 relativamente al PAI.

#### 11. FATTIBILITÀ DEGLI INTERVENTI

Le condizioni di attuazione delle previsioni urbanistiche ed infrastrutturali possono essere differenziate secondo le seguenti categorie di fattibilità:

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 previsioni 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.

Fattibilità condizionata (F3): si riferisce alle previsioni urbanistiche ed infrastrutturali per le quali, ai fini della individuazione delle condizioni di compatibilità degli interventi con le situazioni di pericolosità riscontrate, è necessario definire la tipologia degli approfondimenti di indagine da svolgersi in sede di predisposizione dei piani complessi di intervento o dei piani attuativi o, in loro assenza, in sede di predisposizione dei progetti edilizi.

Fattibilità limitata (F4): si riferisce alle previsioni urbanistiche ed infrastrutturali la cui attuazione è subordinata alla realizzazione di interventi di messa in sicurezza che vanno individuati e definiti in sede di redazione del medesimo regolamento urbanistico, sulla base di studi, dati da attività di monitoraggio e verifiche atte a determinare gli elementi di base utili per la predisposizione della relativa progettazione.

La definizione delle Classi di Fattibilità deriva dalla sovrapposizione delle Carte della Pericolosità e delle destinazioni d'uso previste nell'area di intervento.

All'area in oggetto, sulla base delle classi di pericolosità definite rispettivamente nella Carta della Pericolosità Geomorfologica, nella Carta della Pericolosità Idraulica e nella Carta della Pericolosità Sismica, sono state attribuite le Classi di Fattibilità Geomorfologica, Idraulica e Sismica.

#### Fattibilità Geomorfologica

Come riportato in Tav.9, all'area del PUC è stata attribuita una **Fattibilità Geomorfologica condizionata (FG3)** per le aree dove è prevista la realizzazione dei nuovi fabbricati. La condizione di Fattibilità risulta essere la realizzazione nella zona a valle rispetto ai nuovi fabbricati, di una paratia di pali di presidio ubicata come da Tavole 9,10,11.

Nelle aree di Pericolosità P.G.4 derivanti dalla perimetrazione dei corpi di frana e relativi Buffer posti a valle della palificata di presidio non devono essere previste infrastrutture.

#### Carta della Fattibilità Sismica

Come riportato in Tav.10, all'area di Variante è stata attribuita una **Fattibilità Condizionata (F.S.2)**, per le aree ricadenti in classe P.S.2 di Pericolosità Sismica dove risultano ubicati gli edifici di progetto , una **Fattibilità Condizionata (F.S.3**) per le aree ricadenti in Classe di Pericolosità P.S.4.

dove risulta essere prevista la realizzazione di un parcheggio che dovrà comunque essere realizzato a raso e senza movimenti terra. Nelle aree di Pericolosità S.4. dove non sono previste infrastrutture, viene assegnata una Fattibilità F.S.2.

#### Carta della Fattibilità Idraulica

Come riportato in Tav.11, vista l'assenza di perimetrazioni di aree di Pericolosità di carattere idraulico, all'area in oggetto viene assegnata una **Fattibilità Idraulica senza Condizioni F.I.1.** 

#### 12. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE E PRESCRIZIONI

Sulla base di quanto precedentemente esposto, gli interventi previsti nel PUC in oggetto risultano fattibili a condizione del rispetto delle seguenti prescrizioni di carattere geologico:

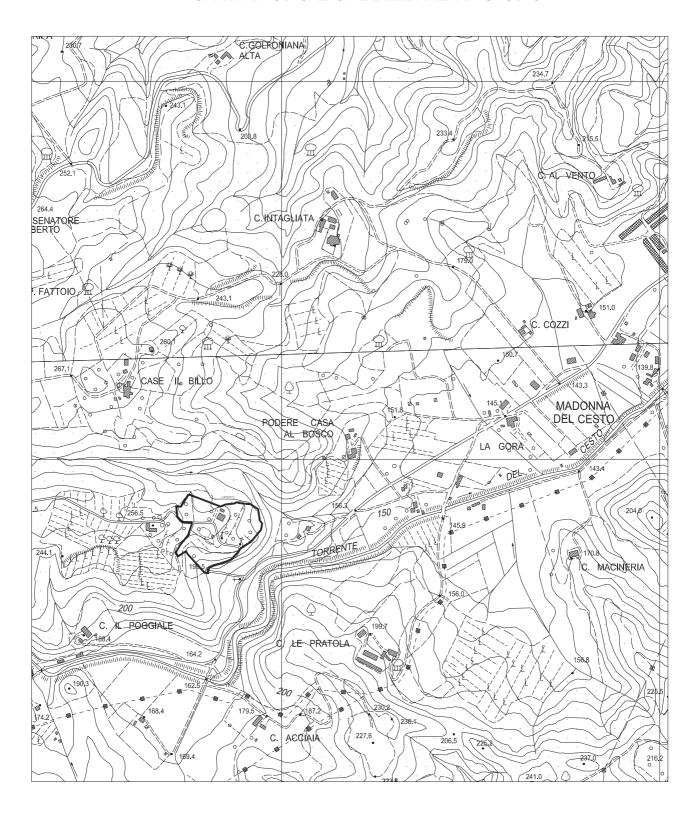
- Per la prevista porzione di edificio interrata, dovendo procedere con uno scavo profondo in prossimità della strada Comunale presente a monte, si prescrive di realizzare, prima di effettuare sbancamenti, una struttura di contenimento costituita da paratia di pali o Micropali per procedere allo scavo in piena sicurezza. Si rimanda comunque al progettista la valutazione della paratia da realizzare e le modalità di esecuzione degli scavi. Per la realizzazione del collegamento interrato tra l'Attuale edificio denominato Villa La Borghetta ed il nuovo fabbricato di progetto, dovranno essere previsti scavi protetti (micropali).
- Una volta effettuati gli sbancamenti, vista la tipologia di intervento, visti i terreni di fondazione superficiali (Alternanza di strati arenacei alterati, marne, siltiti prevalenti e rari livelli argillitici, alterati, di colore ocra con superfici delle fratture di colore bruno scuro) e vista la presenza di una frana a valle dell'area in oggetto, mappata sia dallo SU del Comune di Figline e Incisa, sia dal PAI dell'Autorità di Bacino del Fiume Arno, si prescrive la realizzazione di una paratia di pali e/o micropali a presidio della struttura di progetto da realizzarsi nella zona a valle dello stesso edificio, tale da garantire in modo inequivocabile la stabilità generale dell'area.
- Ricadendo gli interventi previsti dal PUC in classe F.S.2, per i calcoli strutturali dovranno essere utilizzati i dati evidenziati dall'indagine sismica Down Hole definiti nel paragrafo 7.
- Nelle aree ricadenti in Pericolosita molto elevata G.4 e S.4, presenti a valle della paratia di Presidio, non dovranno essere previste infrastrutture. In tali aree potranno essere realizzate soltanto opere di manutenzione ordinaria dello stato dei luoghi o la realizzazione di soli percorsi pedonali. Si prescrive comunque la realizzazione, all'interno delle suddette aree, di sistemazioni ambientali atte alla manutenzione dell'attuale morfologia con particolare riguardo alla corretta regimazione delle acque meteoriche che rappresentano sicuramente un aspetto migliorativo dell'attuale stato di abbandono di tali aree.
- La progettazione degli interventi edilizi previsti dal PUC dovrà in ogni caso prevedere le necessarie opere per la corretta regimazione delle acque superficiali; suddette opere di

drenaggio dovranno garantire il deflusso delle acque meteoriche a valle senza determinare fenomeni erosivi o di ristagno.

 Per la progettazione delle palificate di monte e di valle, si prescrive di implementare l'attuale campagna geognostica sulla base delle indicazioni dei progettisti strutturali. Tali indagini hanno la funzione di definire puntualmente e in maggior dettaglio quelle che sono le caratteristiche meccaniche dei terreni presenti, oltre a dare la possibilità di implementare il sistema di monitoraggio che al momento consiste di un solo punto di controllo.



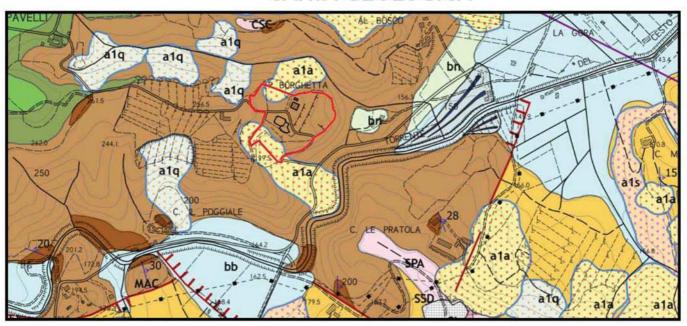
#### CARTA DI UBICAZIONE DELL'AREA DI STUDIO





Scala 1:10.000

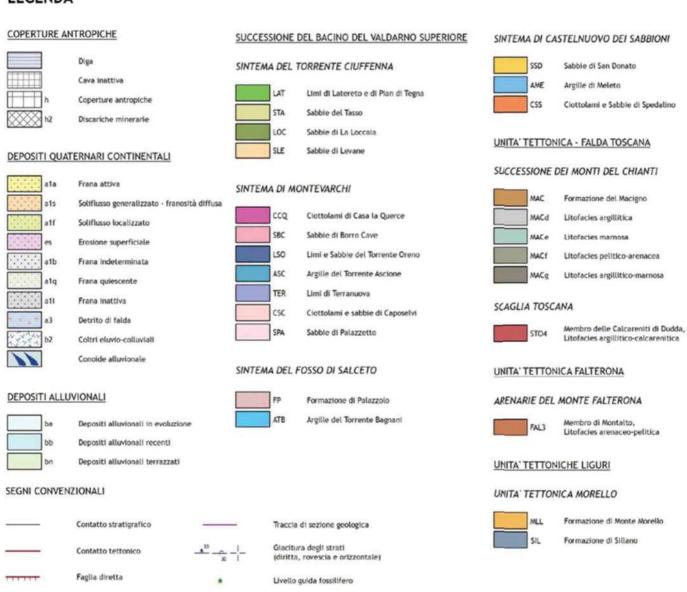
#### CARTA GEOLOGICA



#### **LEGENDA**

Faglia inversa

Faglia incerta o sepolta



Località di Interesse mineralogico e petrografico

Cava a cielo aperto attiva

Cava a cielo aperto inattiva

U

#### CARTA GEOMORFOLOGICA

# Legenda

#### PROCESSI E FORME DI ORIGINE GRAVITATIVA





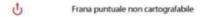












Orlo di scarpata morfologica

Orlo di scarpata morfologica in erosione attiva

Nicchia di distacco di frana quiescente

Orlo di scarpata e/o nicchia di distacco di frana in evoluzione

#### PROCESSI E FORME DI ORIGINE FLUVIALE

Orlo di terrazzo o scarpata fluviale

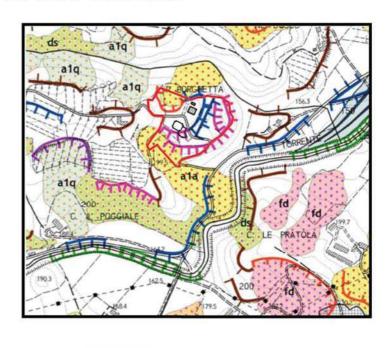
Scarpata fluviale in erosione attiva

Erosione incanalata

Traccia di paleoalveo

▲ ▲ Erosione laterale di sponda

Difesa fluviale di sponda, argini e briglie





#### PROCESSI E FORME DI ORIGINE ANTROPICA

















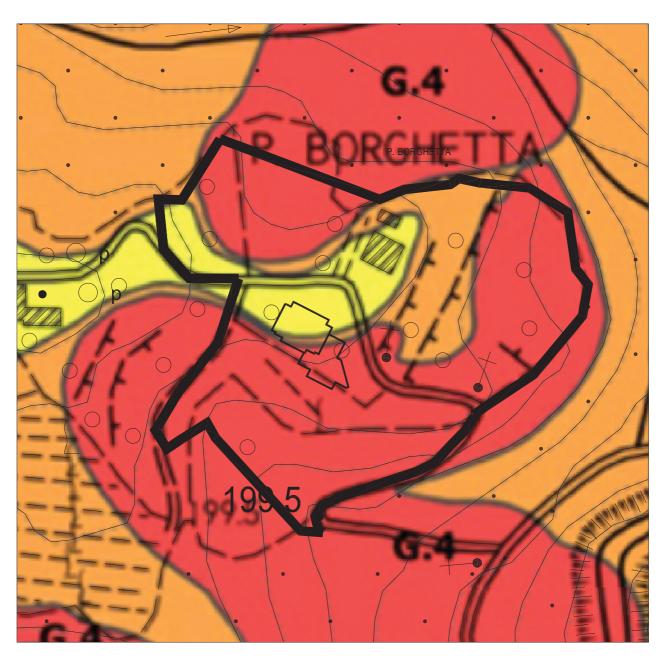


Cava a cielo aperto inattiva

#### SEGNI CONVENZIONALI



# CARTA DELLA PERICOLOSITA' GEOMORFOLOGICA PIANO STRUTTURALE

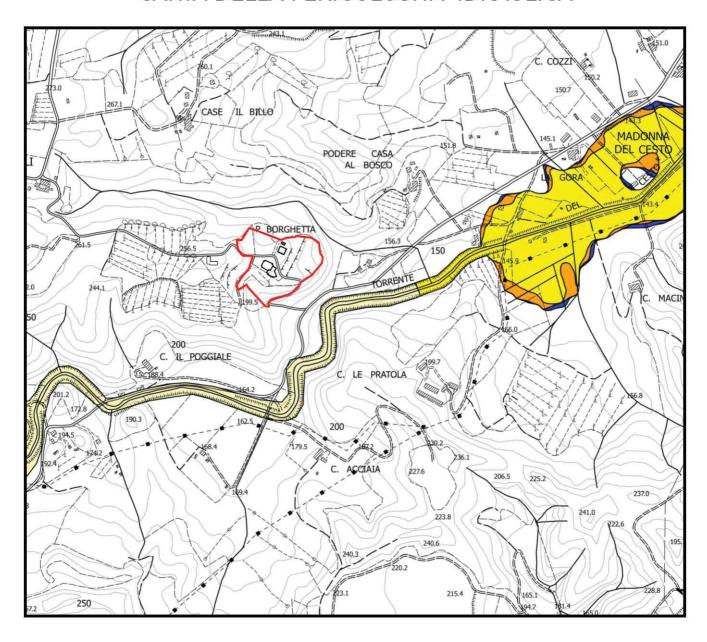


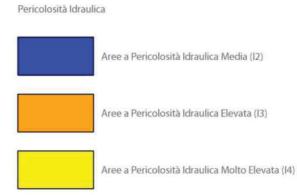
# Legenda

G.1 G.2 G.3

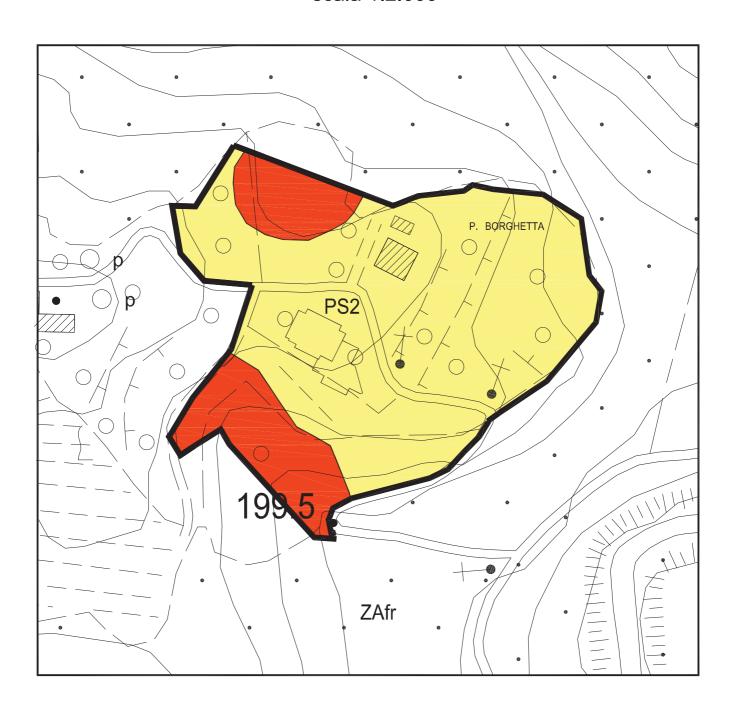
G.4

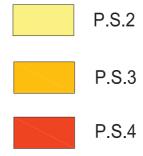
# CARTA DELLA PERICOLOSITA' IDRAULICA



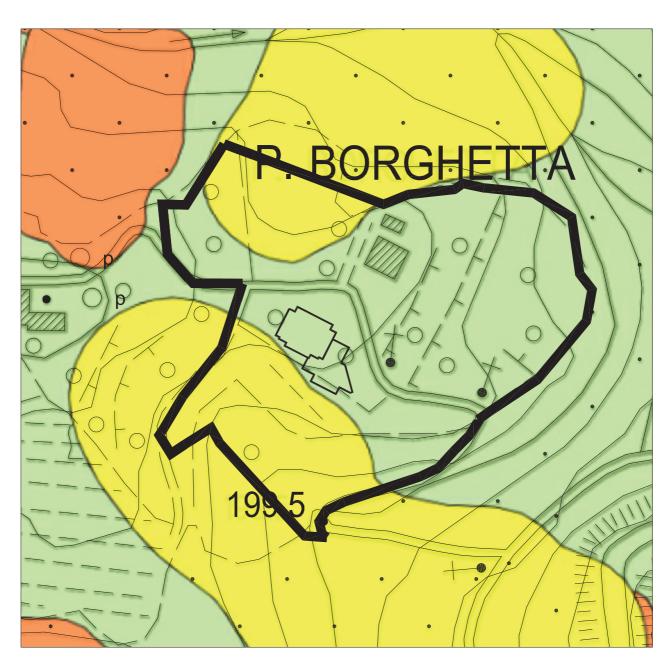


# CARTA DELLA PERICOLOSITA' SISMICA scala 1:2.000

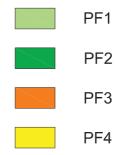




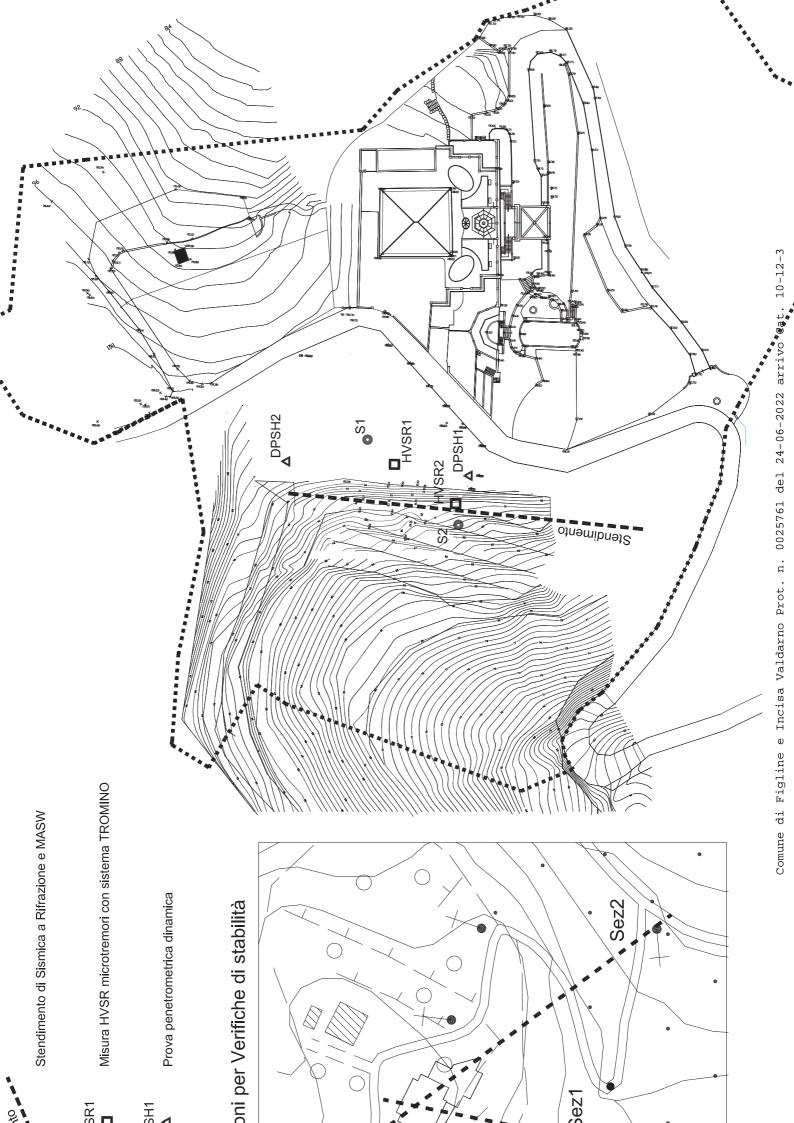
#### AUTORITA' DI BACINO DEL FIUME ARNO PERICOLOSITA' GEOMORFOLOGICA (PAI)



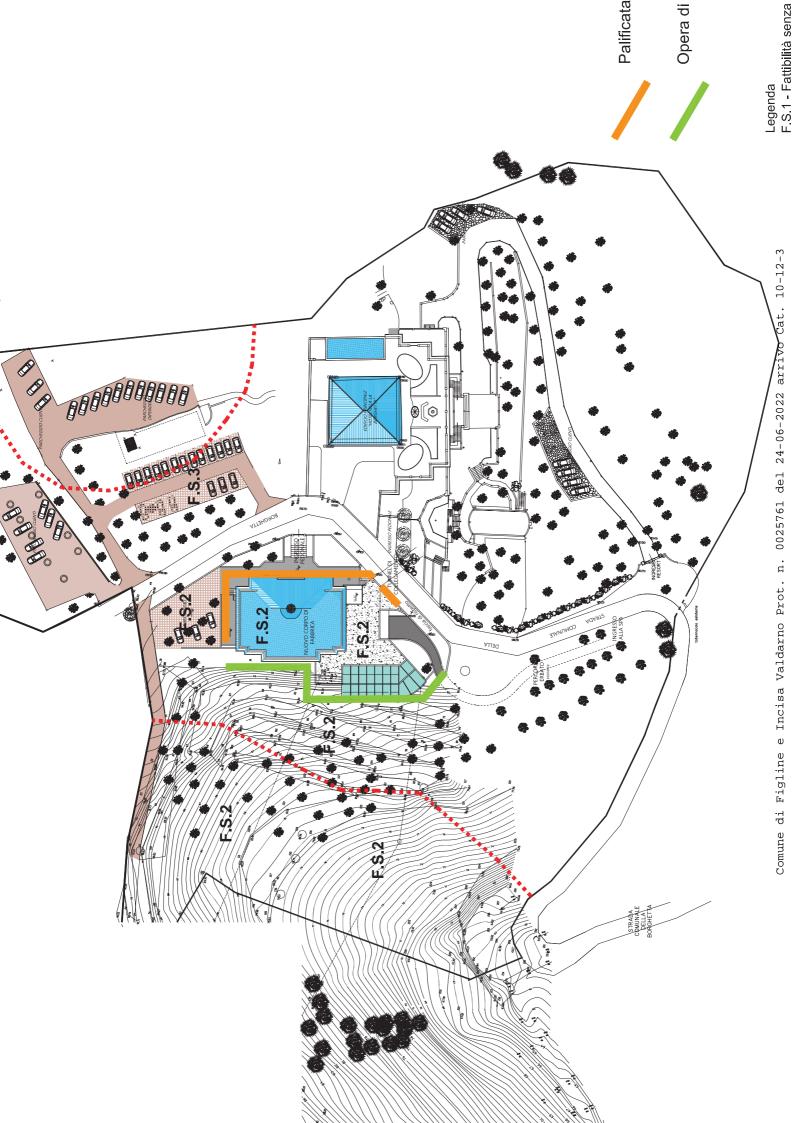
Legenda



Scala 1:2.000









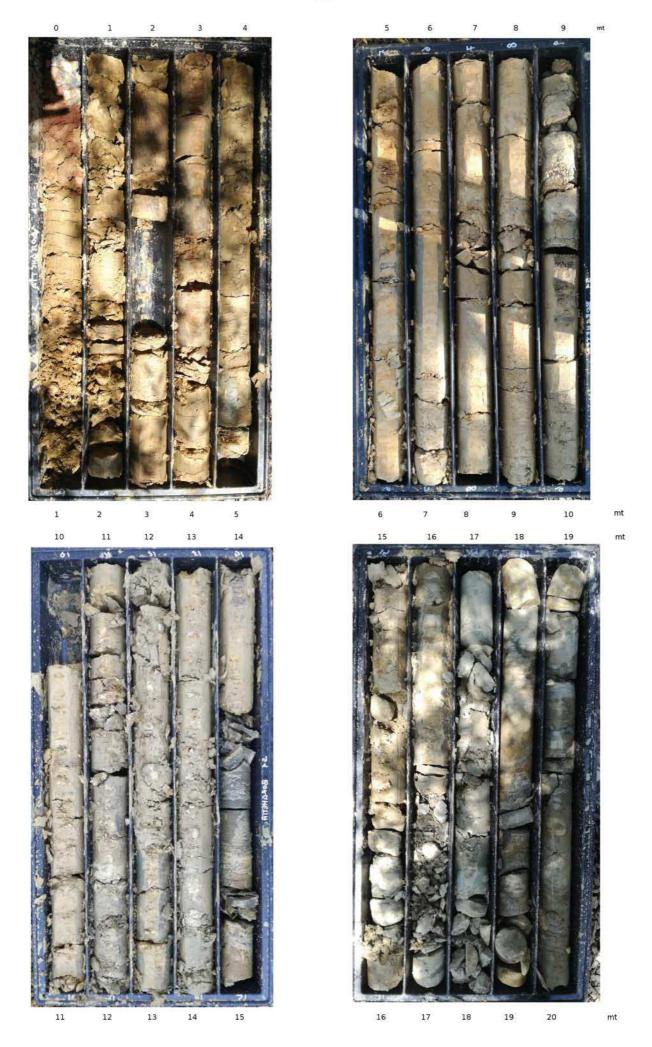
# **ALLEGATO 1**

Sondaggi a Carotaggio continuo analisi di Laboratorio

Committente: Bureau Maghraby Italia s.r.l.

Cantiere: La Borghetta - Comune di Figline e Incisa Valdarno

Dlametro del foro (mm)	Profondità (m)	Spessore strati (m)	Campione	Prof. Campione (m)	SPT	Carotaggio % di recupero	Plezometria Scala riferimento	Profilo	Dlametro del foro (mm)	Descrizione litologica	Poket 3 penetrometrico	Vane test
	0.30	0.30				10 30 60 90		* * * * * *		Massicciata piazzale	(kg/cmq)	
	1.90	1.50					1	* * * * * * * * * * * * * * * * * * * *		Terreno vergetale e suoll		
	1.80	12.60			2.80 50 colpi Rifiuto dopo 11 cm  7.40 50 colpi rifiuto dopo 13 cm		2 1 3 1 4 1 5 1 6 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1			Alternanza di arenarie , marne, siltiti e rari livelli argillitid, fortemente alterate e o alterate, di colore ocra con patine di ossidazione di colore bruno scuro. (livello b)		
	14.40						14					
	20.00	5.60					15 .			Alternanza irregolare di Silitii e Marne prevalenti compatte, di colore da grigio a ocra, con sottili livelli arenacel.		



Committente: Bureau Maghraby Italia s.r.l.

Data Luglio 2018

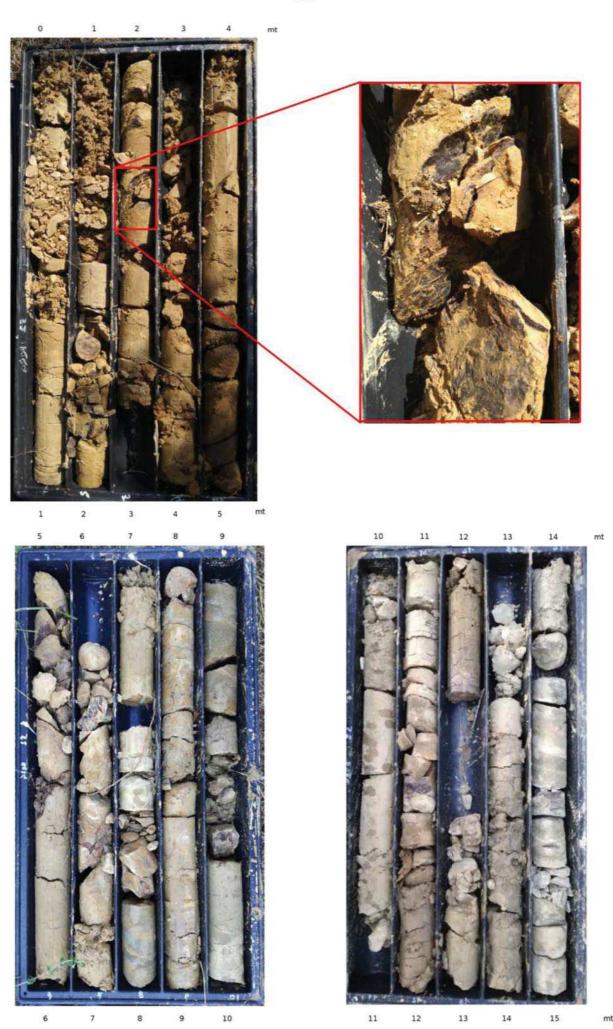
Sondaggio n°2

Cantiere: La Borghetta - Comune di Figline e Incisa Valdarno

			T		di Figline e	, III					$\top$	$\top$				
Dlametro del foro (mm)	Profondità (m)	Spessore strati (m)	Campione	Prof. Camplone (m)	SPT	40	% d		upero	Diefruzione	Distinctions	Scala riferimento	(m)	Prof <b>il</b> o	Dlametro del foro (mm)	Nane test
	1.50	1.50				10	30	60	90			1				Massicciata piazzale  Terreno vergetale e suoli
	9.00	7.50			3.00 50 colpi Rifluto dopo 10 cm  6.00 50 colpi rifluto dopo 11 cm	-							2 3 3 3 4 4 4 5 5 6 6 6 9 9			Alternanza di arenarie , marne, slittiti e rari livelili argillitici, fortemente alterate e o alterate, di colore ocra con patine di ossidazione di colore bruno scuro. (tivello b)
		16.00										100 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1				Alternanza irregolare di Siltiti e Marne prevalenti compatte, di colore da grigio a ocra, con sottili livelli arenacei.

Cantiere: La Borghetta - Comune di Figline e Incisa Valdarno

(mm)	ProfondItà (m)	Spessore stratl (m)	Campione	Prof. Campione (m)	SPT	10	rotag recu	0	DIStruzione	Piezometria	Scala rifermento (m) oliflora	Diametro del foro (mm)	Descrizione litologica	(kg/cmq) (kg/cmq)	Vane test
	25.00										25		Alternanza irregolare di Siltiti e Marne prevalenti compatte, di colore da grigio a ocra, con sottili livelli arenacei.		
		10.00									26		Arenarie medio grossolane compatte di colore grigio intercalate a sottili livelli di siltili		
	35.00		_								334				



mt















#### Autorizzazione del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti

Settore A – Prove di laboratorio su terre

Decreto 2436 del 14/03/2013 – ART. 59 DPR 380/2001 – Circolare 7618/STC 2010

# LABOTER snc di Paolo Tognelli e C. Lab. Geotecnico - C.S.Ll.PP. Decr. 2436/13

Committente: Dott. Geologo Carlo Staderini

Cantiere: La Borghetta - Figline-Incisa

Verbale Accettazione  $n^{\circ}$ : 38 del 21/01/2019

Data Certificazione: 24/01/2019

Campioni n°: 3

Certificati da n° a n° : 00237 a 00239





ato Nº 111177-2012-AQ-ITA-ACC UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015) che di Laboratorio su terre (Set

Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI

Settore A - Prove di Laboratorio su terre Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010

Dott. Geologo Carlo Staderini COMMITTENTE:

RIFERIMENTO: La Borghetta - Figline-Incisa

SONDAGGIO: CAMPIONE: PROFONDITA': m 2.5-2.8

#### **CARATTERISTICHE FISICHE**

Umidità naturale	12,8	%
Peso di volume	19,0	kN/m³
Peso di volume secco	16,9	$kN/m^3$
Peso di volume saturo	20,4	kN/m³
Peso specifico	26,5	kN/m³
Indice dei vuoti	0,568	
Porosità	36,2	%
Grado di saturazione	60,7	%
Limite di liquidità		%
Limite di plasticità		%
Indice di plasticità		%
Indice di consistenza		
Passante al set. nº 40		
Limite di ritiro		%
CNR-UNI 10006/00		

#### **ANALISI GRANULOMETRICA**

Ghiaia	%
Sabbia	%
Limo	%
Argilla	%
D 10	mm
D 50	mm
D 60	mm
D 90	mm
Passante set. 10	%
Passante set. 42	%
Passante set. 200	%

#### PERMEABILITA'

Coefficiente k cm/sec

#### **COMPRESSIONE**

σ	kPa
cu	kPa
$\sigma_{Rim}$	kPa
c <sub>u Rim</sub>	kPa

#### TAGLIO DIRETTO

Prova cor	nsolidata-ler	nta
С	43,8	kPa
ф	22,0	0
C <sub>Res</sub>		kPa °

#### **COMPRESSIONE TRIASSIALE**

C.D.	Cd	kPa	фа	0
C.U.	C'cu	kPa	φ' <sub>cu</sub>	0
0.0.	C <sub>cu</sub>	kPa	фси	0
U.U.	Cu	kPa	фu	0

#### PROVA EDOMETRICA

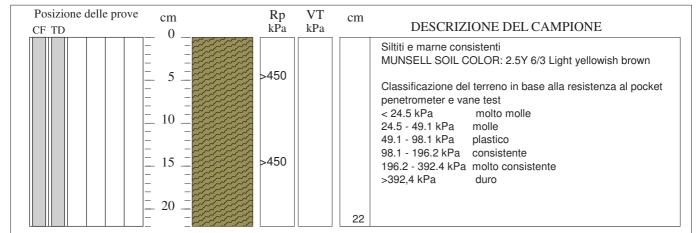
<b>♂</b> kPa	E kPa	Cv cm²/sec	k cm/sec

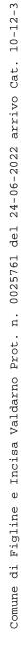
#### **FOTOGRAFIA**



#### **OSSERVAZIONI**

Tipo di campione: Cilindrico Qualità del campione: Q 5







DNV Business Assurance
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA: 35)

# Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI Settore A - Prove di Laboratorio su terre

Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010

CERTIFICATO DI PROVA N°:	00237	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE:	24/01/19	Inizio analisi:	21/01/19
VERBALE DI ACCETTAZIONE	N°: 38 del	21/01/19	Apertura campione:	21/01/19	Fine analisi:	22/01/19
COMMITTENTE: Dott. Geol	ogo Carlo Stad	derini				
RIFERIMENTO: La Borghet	ta - Figline-Inci	isa				
SONDAGGIO: 1		CAMPIONE:	1	PRO	FONDITA': m	2.5-2.8
	CONTE	NUTO D'ACQU	A ALLO STATO NATURAL	. <u>E</u>		
	Moda	alità di prova: N	Norma ASTM D 2216-10			

12,8 %

Omogeneo

Stratificato

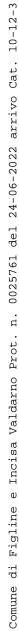
□ Caotico

Temperatura di essiccazione: 110 °C

Struttura del materiale:

Wn = contenuto d'acqua allo stato naturale =







DNV Business Assurance
Certiflicato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA : 35

Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI Settore A - Prove di Laboratorio su terre

Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010

 CERTIFICATO DI PROVA N°:
 00238
 Pagina 1/1
 DATA DI EMISSIONE:
 24/01/19
 Inizio analisi:
 21/01/19

 VERBALE DI ACCETTAZIONE N°:
 38 del 21/01/19
 Apertura campione:
 21/01/19
 Fine analisi:
 21/01/19

COMMITTENTE: Dott. Geologo Carlo Staderini

RIFERIMENTO: La Borghetta - Figline-Incisa

SONDAGGIO: 1 CAMPIONE: 1 PROFONDITA': m 2.5-2.8

#### PESO DI VOLUME ALLO STATO NATURALE

Modalità di prova: Norma BS 1377 T 15/E

Determinazione eseguita mediante fustella tarata

Peso di volume allo stato naturale = 19,0 kN/m<sup>3</sup>

Lo sperimentatore Dott. Geologo Paolo Tognelli



700



**CERTIFICATO DI PROVA Nº: 00239** 

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°:

DNV Business Assurance
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA : 35)

38 del 21/01/19

Pagina 1/4

# Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI Settore A - Prove di Laboratorio su terre

Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010

DATA DI EMISSIONE: 24/01/19 Inizio analisi: 22/01/19
Apertura campione: 21/01/19 Fine analisi: 24/01/19

COMMITTENTE: Dott. Geologo Carlo Staderini

RIFERIMENTO: La Borghetta - Figline-Incisa

SONDAGGIO: 1 CAMPIONE: 1 PROFONDITA': m 2.5-2.8

#### PROVA DI TAGLIO DIRETTO

#### Modalità di prova: Norma ASTM D 3080-04

Provino n°:		1	2	2	,	3	
Condizione del provino:	Indist	urbato	Indist	urbato	Indisturbato		
Pressione verticale (kPa):	19	96	29	94	392		
Tensione a rottura (kPa):	1:	24	16	61	204		
Deformazione orizzontale a rottura (mm):	2,	95	4,	52	6,68		
Deformazione verticale a rottura (mm):	0,	19	0,	35	0,54		
Umidità iniziale e umidità finale (%):		23,6		22,0		21,8	
Peso di volume iniziale e finale (kN/m³):	18,5	23,8	19,0	25,5	19,6	26,5	

500

τ

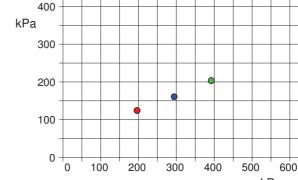
#### **DIAGRAMMA**

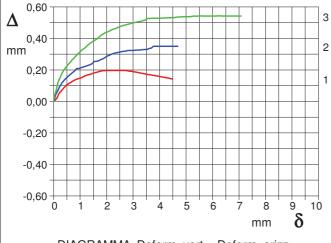
#### Tensione - Pressione verticale

Tipo di prova: Consolidata - lenta

Velocità di deformazione: 0,010 mm / min

Tempo di consolidazione (ore): 24





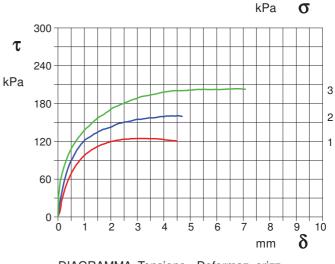


DIAGRAMMA Deform. vert. - Deform. orizz.

DIAGRAMMA Tensione - Deformaz. orizz.





CERTIFICATO DI PROVA Nº: 00239

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°:

DNV Business Assurance
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)
rove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA: 35)

38 del 21/01/19

Pagina 2/4

Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI Settore A - Prove di Laboratorio su terre Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010

DATA DI EMISSIONE: 24/01/19 Inizio analisi: 22/01/19

Fine analisi:

24/01/19

21/01/19

COMMITTENTE: Dott. Geologo Carlo Staderini

RIFERIMENTO: La Borghetta - Figline-Incisa

SONDAGGIO: 1 CAMPIONE: 1 PROFONDITA': m 2.5-2.8

#### PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Apertura campione:

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080-04

	Provino 1			Provino 2		Provino 3				
Spostam. mm	Tensione kPa	Deform. vert.	Spostam. mm	Tensione kPa	Deform. vert. mm	Spostam. mm	Tensione kPa	Deform. vert.		
0,009	0,9	0,00	0,075	23,0	0,04	0,026	32,5	0,03		
0,046	4,9	0,01	0,224	54,4	0,09	0,233	79,9	0,15		
0,072	8,5	0,01	0,385	77,4	0,13	0,461	104,6	0,22		
0,099	13,0	0,02	0,545	92,6	0,16	0,691	120,8	0,26		
0,126	21,2	0,02	0,708	105,7	0,18	0,922	133,6	0,30		
0,148	26,4	0,03	0,872	115,2	0,21	1,164	143,8	0,34		
0,282	46,4	0,07	1,033	122,6	0,21	1,405	153,4	0,37		
0,441	63,1	0,10	1,202	126,9	0,22	1,650	160,8	0,40		
0,600	76,2	0,12	1,364	131,4	0,23	1,893	167,5	0,43		
0,763	86,2	0,13	1,532	135,3	0,25	2,137	174,2	0,45		
0,937	95,3	0,15	1,693	138,9	0,26	2,380	178,4	0,47		
1,116	101,7	0,16	1,863	140,6	0,27	2,633	182,7	0,48		
1,290	106,8	0,17	2,024	142,8	0,29	2,885	186,9	0,49		
1,463	111,1	0,18	2,193	146,6	0,30	3,129	190,8	0,50		
1,637	114,4	0,19	2,356	148,8	0,31	3,378	192,6	0,51		
1,813	116,8	0,19	2,522	150,5	0,31	3,629	194,7	0,53		
1,990	119,6	0,20	2,690	151,6	0,32	3,876	197,2	0,53		
2,163	121,1	0,20	2,853	153,4	0,32	4,128	198,9	0,53		
2,346	122,3	0,20	3,021	155,1	0,32	4,380	200,4	0,53		
2,520	123,5	0,20	3,188	155,5	0,33	4,631	200,4	0,54		
2,700	123,8	0,20	3,353	156,5	0,33	4,884	200,7	0,54		
2,876	124,1	0,19	3,523	157,2	0,33	5,138	201,8	0,54		
3,064	124,4	0,19	3,688	157,6	0,34	5,389	202,1	0,54		
3,243	124,4	0,18	3,854	159,4	0,35	5,646	202,1	0,54		
3,414	124,1	0,18	4,019	159,4	0,35	5,888	202,1	0,54		
3,591	124,1	0,17	4,184	160,1	0,35	6,128	202,1	0,54		
3,769	123,8	0,17	4,357	160,4	0,35	6,366	202,8	0,54		
3,959	123,2	0,16	4,521	160,8	0,35	6,601	203,2	0,54		
4,140	122,0	0,15	4,686	159,6	0,35	6,835	203,5	0,54		
4,309	121,4	0,15	.,000	,	0,00	7,076	202,6	0,54		
4,488	120,5	0,14					,	,		







**CERTIFICATO DI PROVA Nº: 00239** 

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°:

DNV Business Assurance
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA
UNI EN ISO 9001-2015 (ISO 9001-2015)
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA : 35)

38 del 21/01/19

Pagina 3/4

Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI

Settore A - Prove di Laboratorio su terre Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010

DATA DI EMISSIONE: 24/01/19 Inizio analisi: 22/01/19
Apertura campione: 21/01/19 Fine analisi: 24/01/19

COMMITTENTE: Dott. Geologo Carlo Staderini

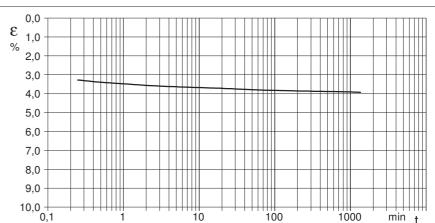
RIFERIMENTO: La Borghetta - Figline-Incisa

SONDAGGIO: 1 CAMPIONE: 1 PROFONDITA': m 2.5-2.8

#### PROVA DI TAGLIO DIRETTO - FASE DI CONSOLIDAZIONE

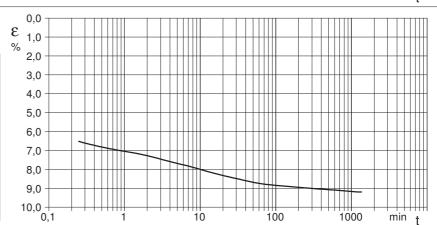
Modalità di prova: Norma ASTM D 3080-04

#### Diagramma TEMPO - CEDIMENTO PROVINO 1 Pressione (kPa) 196 Altezza iniziale (cm) 2,000 Altezza finale (cm) 1,921 Sezione (cm²): 28,27 $T_{50}$ (min) 0,0 Df (mm) 7 Vs (mm/min) 0,000



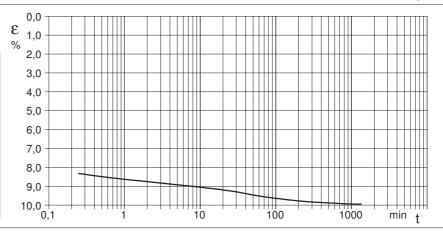
#### <u>Diagramma</u> TEMPO - CEDIMENTO

PROVINO 2	
Pressione (kPa)	294
Altezza iniziale (cm)	2,000
Altezza finale (cm)	1,816
Sezione (cm²):	28,27
T <sub>50</sub> (min)	0,0
Df (mm)	7
Vs (mm/min)	0,000



#### <u>Diagramma</u> <u>TEMPO - CEDIMENTO</u>

PROVINO 3	
Pressione (kPa)	392
Altezza iniziale (cm)	2,000
Altezza finale (cm)	1,801
Sezione (cm²):	28,27
T <sub>50</sub> (min)	0,0
Df (mm)	7
Vs (mm/min)	0,000



Vs = Velocità stimata di prova Df = Deformazione a rottura stimata

 $tf = 50 \times T_{50}$ 

Vs = Df / tf





DNV Business Assurance
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)
rove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA: 35)

# Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI Settore A - Prove di Laboratorio su terre

Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010

CERTIFICATO DI PROVA N°:00239Pagina 4/4DATA DI EMISSIONE:24/01/19Inizio analisi:22/01/19VERBALE DI ACCETTAZIONE N°:38 del 21/01/19Apertura campione:21/01/19Fine analisi:24/01/19

COMMITTENTE: Dott. Geologo Carlo Staderini

RIFERIMENTO: La Borghetta - Figline-Incisa

SONDAGGIO: 1 CAMPIONE: 1 PROFONDITA': m 2.5-2.8

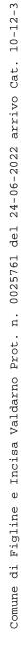
#### PROVA DI TAGLIO DIRETTO - FASE DI CONSOLIDAZIONE

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080-04

	Provino 1		Provino 2			Provino 2 Provino 3			
Tempo	Cedim.	Cedim.	Tempo	Cedim.	Cedim.	Tempo	Cedim.	Cedim.	
minuti	mm/100	%	minuti	mm/100	%	minuti	mm/100	%	
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
0,25	65,50	3,28	0,25	130,50	6,53	0,25	166,50	8,33	
0,50	67,90	3,40	0,50	136,40	6,82	0,50	169,79	8,49	
1,00	69,50	3,48	1,00	140,90	7,05	1,00	172,60	8,63	
2,00	71,20	3,56	2,00	145,60	7,28	2,00	175,09	8,75	
4,00	72,40	3,62	4,00	151,80	7,59	4,00	177,65	8,88	
8,00	73,30	3,67	8,00	157,80	7,89	8,00	180,10	9,01	
15,00	74,00	3,70	15,00	164,00	8,20	15,00	182,60	9,13	
30,00	74,93	3,75	30,00	169,70	8,49	30,00	185,90	9,30	
60,00	76,08	3,80	60,00	174,80	8,74	60,00	190,30	9,52	
120,00	76,65	3,83	120,00	177,50	8,88	120,00	193,50	9,68	
240,00	77,20	3,86	240,00	179,60	8,98	240,00	196,05	9,80	
480,00	77,70	3,89	480,00	181,40	9,07	480,00	197,54	9,88	
900,00	78,00	3,90	900,00	183,10	9,16	900,00	198,63	9,93	
1210,00	78,40	3,92	1210,00	183,90	9,20	1200,00	198,93	9,95	
1375,12	78,60	3,93	1367,17	183,90	9,20	1367,95	198,80	9,94	
	mio 6.1 2019		. 1			. 1			









DNV Business Assurance
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA: 35)

# Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI Settore A - Prove di Laboratorio su terre

Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010

CERTIFICATO DI PROVA N°:	00237	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE:	24/01/19	Inizio analisi:	21/01/19	
VERBALE DI ACCETTAZIONE	N°: 38 del	21/01/19	Apertura campione:	21/01/19	Fine analisi:	22/01/19	
COMMITTENTE: Dott. Geol	ogo Carlo Stad	derini					
RIFERIMENTO: La Borghet	ta - Figline-Inci	isa					
SONDAGGIO: 1		CAMPIONE:	1	PRO	FONDITA': m	2.5-2.8	
CONTENUTO D'ACQUA ALLO STATO NATURALE							
	Moda	alità di prova: N	Norma ASTM D 2216-10				

12,8 %

Omogeneo

Stratificato

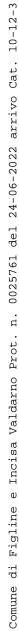
□ Caotico

Temperatura di essiccazione: 110 °C

Struttura del materiale:

Wn = contenuto d'acqua allo stato naturale =







DNV Business Assurance
Certiflicato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA : 35

Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI Settore A - Prove di Laboratorio su terre

Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010

 CERTIFICATO DI PROVA N°:
 00238
 Pagina 1/1
 DATA DI EMISSIONE:
 24/01/19
 Inizio analisi:
 21/01/19

 VERBALE DI ACCETTAZIONE N°:
 38 del 21/01/19
 Apertura campione:
 21/01/19
 Fine analisi:
 21/01/19

COMMITTENTE: Dott. Geologo Carlo Staderini

RIFERIMENTO: La Borghetta - Figline-Incisa

SONDAGGIO: 1 CAMPIONE: 1 PROFONDITA': m 2.5-2.8

#### PESO DI VOLUME ALLO STATO NATURALE

Modalità di prova: Norma BS 1377 T 15/E

Determinazione eseguita mediante fustella tarata

Peso di volume allo stato naturale = 19,0 kN/m<sup>3</sup>

Lo sperimentatore Dott. Geologo Paolo Tognelli



700



**CERTIFICATO DI PROVA Nº: 00239** 

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°:

DNV Business Assurance
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA : 35)

38 del 21/01/19

Pagina 1/4

# Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI Settore A - Prove di Laboratorio su terre

Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010

DATA DI EMISSIONE: 24/01/19 Inizio analisi: 22/01/19
Apertura campione: 21/01/19 Fine analisi: 24/01/19

COMMITTENTE: Dott. Geologo Carlo Staderini

RIFERIMENTO: La Borghetta - Figline-Incisa

SONDAGGIO: 1 CAMPIONE: 1 PROFONDITA': m 2.5-2.8

#### PROVA DI TAGLIO DIRETTO

#### Modalità di prova: Norma ASTM D 3080-04

Provino n°:		1		2		3
Condizione del provino:	Indist	urbato	Indist	urbato	Indisturbato	
Pressione verticale (kPa):	19	96	29	94	392	
Tensione a rottura (kPa):	124		161		204	
Deformazione orizzontale a rottura (mm):	2,95		4,52		6,68	
Deformazione verticale a rottura (mm):	0,19		0,35		0,	54
Umidità iniziale e umidità finale (%):	23,6			22,0		21,8
Peso di volume iniziale e finale (kN/m³):	18,5	23,8	19,0	25,5	19,6	26,5

500

τ

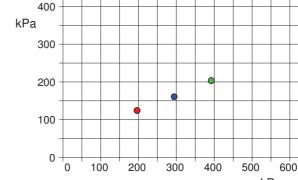
#### **DIAGRAMMA**

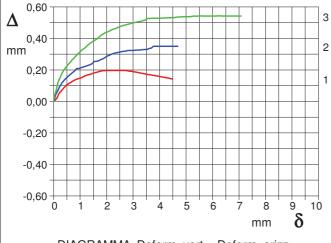
#### Tensione - Pressione verticale

Tipo di prova: Consolidata - lenta

Velocità di deformazione: 0,010 mm / min

Tempo di consolidazione (ore): 24





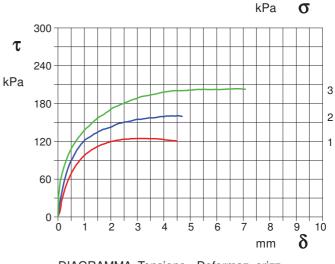


DIAGRAMMA Deform. vert. - Deform. orizz.

DIAGRAMMA Tensione - Deformaz. orizz.





CERTIFICATO DI PROVA Nº: 00239

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°:

DNV Business Assurance
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)
rove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA: 35)

38 del 21/01/19

Pagina 2/4

Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI Settore A - Prove di Laboratorio su terre Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010

DATA DI EMISSIONE: 24/01/19 Inizio analisi: 22/01/19

Fine analisi:

24/01/19

21/01/19

COMMITTENTE: Dott. Geologo Carlo Staderini

RIFERIMENTO: La Borghetta - Figline-Incisa

SONDAGGIO: 1 CAMPIONE: 1 PROFONDITA': m 2.5-2.8

#### PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Apertura campione:

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080-04

	Provino 1 Provino 2 Provino 3							
Spostam. mm	Tensione kPa	Deform. vert.	Spostam. mm	Tensione kPa	Deform. vert. mm	Spostam. mm	Tensione kPa	Deform. vert.
0,009	0,9	0,00	0,075	23,0	0,04	0,026	32,5	0,03
0,046	4,9	0,01	0,224	54,4	0,09	0,233	79,9	0,15
0,072	8,5	0,01	0,385	77,4	0,13	0,461	104,6	0,22
0,099	13,0	0,02	0,545	92,6	0,16	0,691	120,8	0,26
0,126	21,2	0,02	0,708	105,7	0,18	0,922	133,6	0,30
0,148	26,4	0,03	0,872	115,2	0,21	1,164	143,8	0,34
0,282	46,4	0,07	1,033	122,6	0,21	1,405	153,4	0,37
0,441	63,1	0,10	1,202	126,9	0,22	1,650	160,8	0,40
0,600	76,2	0,12	1,364	131,4	0,23	1,893	167,5	0,43
0,763	86,2	0,13	1,532	135,3	0,25	2,137	174,2	0,45
0,937	95,3	0,15	1,693	138,9	0,26	2,380	178,4	0,47
1,116	101,7	0,16	1,863	140,6	0,27	2,633	182,7	0,48
1,290	106,8	0,17	2,024	142,8	0,29	2,885	186,9	0,49
1,463	111,1	0,18	2,193	146,6	0,30	3,129	190,8	0,50
1,637	114,4	0,19	2,356	148,8	0,31	3,378	192,6	0,51
1,813	116,8	0,19	2,522	150,5	0,31	3,629	194,7	0,53
1,990	119,6	0,20	2,690	151,6	0,32	3,876	197,2	0,53
2,163	121,1	0,20	2,853	153,4	0,32	4,128	198,9	0,53
2,346	122,3	0,20	3,021	155,1	0,32	4,380	200,4	0,53
2,520	123,5	0,20	3,188	155,5	0,33	4,631	200,4	0,54
2,700	123,8	0,20	3,353	156,5	0,33	4,884	200,7	0,54
2,876	124,1	0,19	3,523	157,2	0,33	5,138	201,8	0,54
3,064	124,4	0,19	3,688	157,6	0,34	5,389	202,1	0,54
3,243	124,4	0,18	3,854	159,4	0,35	5,646	202,1	0,54
3,414	124,1	0,18	4,019	159,4	0,35	5,888	202,1	0,54
3,591	124,1	0,17	4,184	160,1	0,35	6,128	202,1	0,54
3,769	123,8	0,17	4,357	160,4	0,35	6,366	202,8	0,54
3,959	123,2	0,16	4,521	160,8	0,35	6,601	203,2	0,54
4,140	122,0	0,15	4,686	159,6	0,35	6,835	203,5	0,54
4,309	121,4	0,15	.,000	,	0,00	7,076	202,6	0,54
4,488	120,5	0,14					,	,







**CERTIFICATO DI PROVA Nº: 00239** 

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°:

DNV Business Assurance
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA
UNI EN ISO 9001-2015 (ISO 9001-2015)
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA : 35)

38 del 21/01/19

Pagina 3/4

Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI

Settore A - Prove di Laboratorio su terre Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010

DATA DI EMISSIONE: 24/01/19 Inizio analisi: 22/01/19
Apertura campione: 21/01/19 Fine analisi: 24/01/19

COMMITTENTE: Dott. Geologo Carlo Staderini

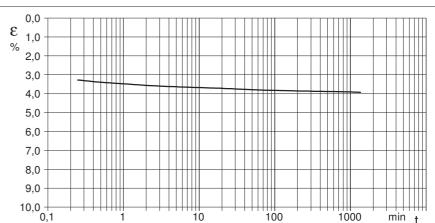
RIFERIMENTO: La Borghetta - Figline-Incisa

SONDAGGIO: 1 CAMPIONE: 1 PROFONDITA': m 2.5-2.8

#### PROVA DI TAGLIO DIRETTO - FASE DI CONSOLIDAZIONE

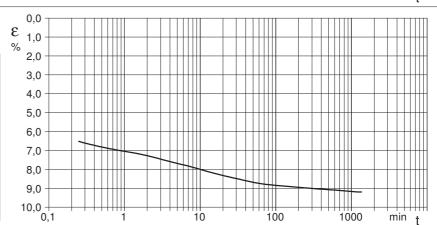
Modalità di prova: Norma ASTM D 3080-04

#### Diagramma TEMPO - CEDIMENTO PROVINO 1 Pressione (kPa) 196 Altezza iniziale (cm) 2,000 Altezza finale (cm) 1,921 Sezione (cm²): 28,27 $T_{50}$ (min) 0,0 Df (mm) 7 Vs (mm/min) 0,000



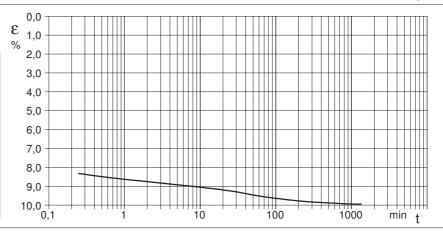
#### <u>Diagramma</u> TEMPO - CEDIMENTO

PROVINO 2	
Pressione (kPa)	294
Altezza iniziale (cm)	2,000
Altezza finale (cm)	1,816
Sezione (cm²):	28,27
T <sub>50</sub> (min)	0,0
Df (mm)	7
Vs (mm/min)	0,000



#### <u>Diagramma</u> <u>TEMPO - CEDIMENTO</u>

PROVINO 3	
Pressione (kPa)	392
Altezza iniziale (cm)	2,000
Altezza finale (cm)	1,801
Sezione (cm²):	28,27
T <sub>50</sub> (min)	0,0
Df (mm)	7
Vs (mm/min)	0,000



Vs = Velocità stimata di prova Df = Deformazione a rottura stimata

 $tf = 50 \times T_{50}$ 

Vs = Df / tf





DNV Business Assurance
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)
rove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA: 35)

# Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI Settore A - Prove di Laboratorio su terre

Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010

CERTIFICATO DI PROVA N°:00239Pagina 4/4DATA DI EMISSIONE:24/01/19Inizio analisi:22/01/19VERBALE DI ACCETTAZIONE N°:38 del 21/01/19Apertura campione:21/01/19Fine analisi:24/01/19

COMMITTENTE: Dott. Geologo Carlo Staderini

RIFERIMENTO: La Borghetta - Figline-Incisa

SONDAGGIO: 1 CAMPIONE: 1 PROFONDITA': m 2.5-2.8

#### PROVA DI TAGLIO DIRETTO - FASE DI CONSOLIDAZIONE

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080-04

	Provino 1		Provino 2			Provino 2 Provino 3			
Tempo	Cedim.	Cedim.	Tempo	Cedim.	Cedim.	Tempo	Cedim.	Cedim.	
minuti	mm/100	%	minuti	mm/100	%	minuti	mm/100	%	
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
0,25	65,50	3,28	0,25	130,50	6,53	0,25	166,50	8,33	
0,50	67,90	3,40	0,50	136,40	6,82	0,50	169,79	8,49	
1,00	69,50	3,48	1,00	140,90	7,05	1,00	172,60	8,63	
2,00	71,20	3,56	2,00	145,60	7,28	2,00	175,09	8,75	
4,00	72,40	3,62	4,00	151,80	7,59	4,00	177,65	8,88	
8,00	73,30	3,67	8,00	157,80	7,89	8,00	180,10	9,01	
15,00	74,00	3,70	15,00	164,00	8,20	15,00	182,60	9,13	
30,00	74,93	3,75	30,00	169,70	8,49	30,00	185,90	9,30	
60,00	76,08	3,80	60,00	174,80	8,74	60,00	190,30	9,52	
120,00	76,65	3,83	120,00	177,50	8,88	120,00	193,50	9,68	
240,00	77,20	3,86	240,00	179,60	8,98	240,00	196,05	9,80	
480,00	77,70	3,89	480,00	181,40	9,07	480,00	197,54	9,88	
900,00	78,00	3,90	900,00	183,10	9,16	900,00	198,63	9,93	
1210,00	78,40	3,92	1210,00	183,90	9,20	1200,00	198,93	9,95	
1375,12	78,60	3,93	1367,17	183,90	9,20	1367,95	198,80	9,94	
	mio 6.1 2019		. 1			. 1			





COMMITTENTE: Dott. Geologo Carlo Staderini

RIFERIMENTO: La Borghetta - Figline-Incisa

SONDAGGIO: 1 CAMPIONE: 1 PROFONDITA': m 2.5-2.8

#### PROVA DI TAGLIO DIRETTO

#### Modalità di prova: Norma ASTM D 3080-04

Provino n°:	1		2		3	
Condizione del provino:	Indisturbato		Indist	urbato	Indisturbato	
Pressione verticale (kPa):	19	)6	29	294		92
Tensione a rottura (kPa):	12	24	161		204	
Deformazione orizzontale a rottura (mm):	2,9	95	4,52		6,	68
Deformazione verticale a rottura (mm):	0,	19	0,35		0,54	
Umidità iniziale e umidità finale (%):		23,6		22,0		21,8
Peso di volume iniziale e finale (kN/m³):	18,5	23,8	19,0	25,5	19,6	26,5

#### **DIAGRAMMA**

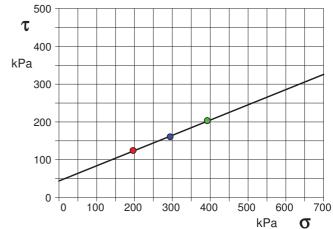
#### Tensione - Pressione verticale

Coesione: 43,8 kPa Angolo di attrito interno: 22,0  $^{\circ}$ 

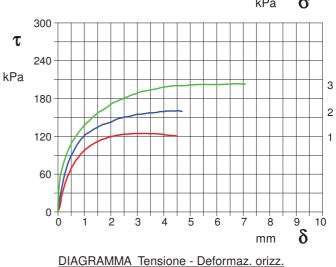
Tipo di prova: Consolidata - lenta

Velocità di deformazione: 0,010 mm / min

Tempo di consolidazione (ore): 24









DNV Business Assurance
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA
UNI EN ISO 9001-2015 (ISO 9001-2015)
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA : 35)

Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI

Settore A - Prove di Laboratorio su terre

Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010

COMMITTENTE: Dott. Geologo Carlo Staderini

RIFERIMENTO: La Borghetta - Figline-Incisa

SONDAGGIO: 2 CAMPIONE: 1 PROFONDITA': m 2.8-3.0

#### **CARATTERISTICHE FISICHE**

Umidità naturale	%
Peso di volume	kN/m³
Peso di volume secco	kN/m³
Peso di volume saturo	kN/m³
Peso specifico	kN/m³
Indice dei vuoti	
Porosità	%
Grado di saturazione	%
Limite di liquidità	%
Limite di plasticità	%
Indice di plasticità	%
Indice di consistenza	
Passante al set. nº 40	
Limite di ritiro	%
CNR-UNI 10006/00	

#### **ANALISI GRANULOMETRICA**

Ghiaia       %         Sabbia       %         Limo       %         Argilla       %         D 10       mm         D 50       mm         D 60       mm         D 90       mm         Passante set. 10       %         Passante set. 42       %         Passante set. 200       %		
Limo       %         Argilla       %         D 10       mm         D 50       mm         D 60       mm         D 90       mm         Passante set. 10       %         Passante set. 42       %	Ghiaia	%
Argilla       %         D 10       mm         D 50       mm         D 60       mm         D 90       mm         Passante set. 10       %         Passante set. 42       %	Sabbia	%
D 10 mm D 50 mm D 60 mm D 90 mm  Passante set. 10 % Passante set. 42 %	Limo	%
D 50 mm D 60 mm D 90 mm  Passante set. 10 % Passante set. 42 %	Argilla	%
D 60 mm D 90 mm  Passante set. 10 % Passante set. 42 %	D 10	mm
D 90 mm  Passante set. 10 %  Passante set. 42 %	D 50	mm
Passante set. 10 % Passante set. 42 %	D 60	mm
Passante set. 42 %	D 90	mm
	Passante set. 10	%
Passante set. 200 %	Passante set. 42	%
	Passante set. 200	%
		·

#### TAGLIO DIRETTO

**COMPRESSIONE** 

kPa kPa

kPa

kPa

σ

 $c_{\text{u}}$ 

 $\sigma_{\mathsf{Rim}}$ 

C<sub>u Rim</sub>

Prova consolidata-le	nta
С	kPa
ф	0
C <sub>Res</sub>	kPa
φ <sub>Res</sub>	0

### PERMEABILITA'

Coefficiente k cm/sec

#### **COMPRESSIONE TRIASSIALE**

C.D.	Cd	kPa	фа	0
C.U.	C'cu	kPa	φ' <sub>cu</sub>	0
0.0.	C <sub>cu</sub>	kPa	фси	0
U.U.	Cu	kPa	фи	0

#### PROVA EDOMETRICA

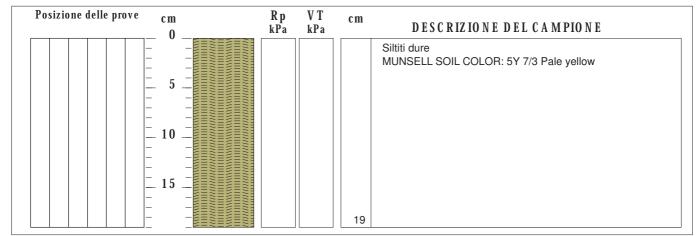
<b>♂</b> kPa	E kPa	Cv cm²/sec	k cm/sec

#### FOTOGRAFIA



#### **OSSERVAZIONI**

Tipo di campione: Cilindrico Qualità del campione: Q 5





ato Nº 111177-2012-AQ-ITA-ACC UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015) he di Laboratorio su terre (Se

Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI

Settore A - Prove di Laboratorio su terre Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010

σ

 $c_{\,u}$ 

 $\sigma_{\mathsf{Rim}}$ 

C<sub>u Rim</sub>

Dott. Geologo Carlo Staderini COMMITTENTE:

RIFERIMENTO: La Borghetta - Figline-Incisa

SONDAGGIO: CAMPIONE: PROFONDITA': m 6.0-6.2

PERMEABILITA'

#### **CARATTERISTICHE FISICHE**

**COMPRESSIONE TRIASSIALE** 

Umidità naturale	%
Peso di volume	kN/m³
Peso di volume secco	kN/m³
Peso di volume saturo	kN/m³
Peso specifico	kN/m³
Indice dei vuoti	
Porosità	%
Grado di saturazione	%
Limite di liquidità	%
Limite di plasticità	%
Indice di plasticità	%
Indice di consistenza	
Passante al set. nº 40	
Limite di ritiro	%
CNR-UNI 10006/00	

#### **ANALISI GRANULOMETRICA**

Ghiaia       %         Sabbia       %         Limo       %         Argilla       %         D 10       mm         D 50       mm         D 60       mm         D 90       mm         Passante set. 10       %         Passante set. 42       %         Passante set. 200       %		
Limo       %         Argilla       %         D 10       mm         D 50       mm         D 60       mm         D 90       mm         Passante set. 10       %         Passante set. 42       %	Ghiaia	%
Argilla       %         D 10       mm         D 50       mm         D 60       mm         D 90       mm         Passante set. 10       %         Passante set. 42       %	Sabbia	%
D 10 mm D 50 mm D 60 mm D 90 mm  Passante set. 10 % Passante set. 42 %	Limo	%
D 50 mm D 60 mm D 90 mm  Passante set. 10 % Passante set. 42 %	Argilla	%
D 60 mm D 90 mm  Passante set. 10 % Passante set. 42 %	D 10	mm
D 90 mm  Passante set. 10 %  Passante set. 42 %	D 50	mm
Passante set. 10 % Passante set. 42 %	D 60	mm
Passante set. 42 %	D 90	mm
	Passante set. 10	%
Passante set. 200 %	Passante set. 42	%
	Passante set. 200	%
		·

### TAGLIO DIRETTO

**COMPRESSIONE** 

kPa

kPa kPa

kPa

Prova consolidata-l	enta
С	kPa
ф	0
C <sub>Res</sub>	kPa
φ <sub>Res</sub>	0

#### Coefficiente k

C.D.	Cd	kPa	фd	0
C.U.	c' <sub>cu</sub>	kPa	<b>φ'</b> cu	0
0.0.	C <sub>cu</sub>	kPa	фси	0
U.U.	Cu	kPa	фu	0

#### PROVA EDOMETRICA

<b>σ</b> kPa	E kPa	Cv cm²/sec	k cm/sec

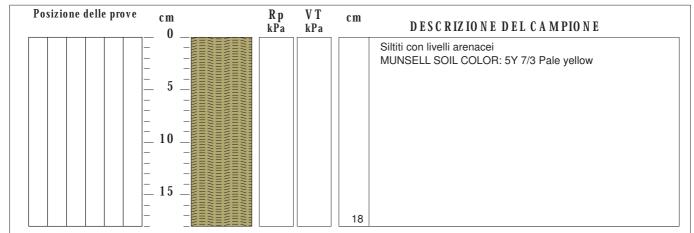
cm/sec

#### **FOTOGRAFIA**



#### **OSSERVAZIONI**

Tipo di campione: Cilindrico Qualità del campione: Q 5



### **ALLEGATO 2**

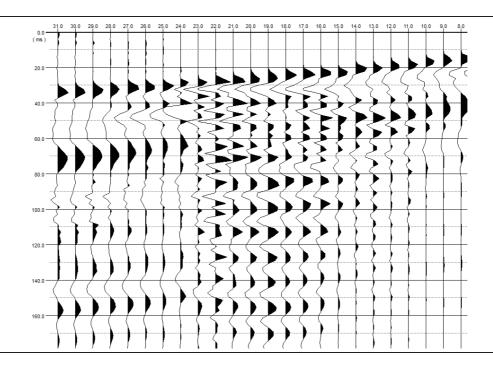
Down Hole
Prospezione Superficiale Sismica a Rifrazione
Indagine MASW

### Dott. Geol. Alberto lotti – n° 1438 - OdG Regione Toscana

Località Castiglioni 56 50068 Rufina (FI) Tel. 055/8397382 Fax: 055/8397382

C.F. TTI LRT 67 S04 F 704I Part.IVA 02574710964

# Comune di Figline e Incisa Valdarno Località La Borghetta Indagine Down Hole



**Committente:** 

Bureau Maghraby Italia S.r.l.

FIRENZE, GENNAIO 2019

### SOMMARIO

1 - PREMESSA	•••••	3
2 - PROSPEZIONI SISMICHE IN FO	RO	3
Riconoscimento dei picchi di risonanza	<u>e</u>	
Riconoscimento della Vs 30 e del profilo di	appartenenza7	
ALL. 1 – TABELLA DATI INDAGINE SISMICA DOWN	IHOLE	
ALL. 2 – GRAFICO VELOCITÀ/PROFONDITÀ		
ALL. 3 – GRAFICO TEMPI/PROFONDITÀ		

#### 1 - PREMESSA

Per incarico della Società Bureau Maghraby Italia S.r.l. è stata eseguita una prova downhole in Località la Borghetta, Comune di Incisa e Figline Valdarno (FI) (Fig. 1).



Figura 1 IMMAGINE AEREA DELL'AREA DI STUDIO

#### 2 - PROSPEZIONI SISMICHE IN FORO

Considerando che l'intervento in progetto appartiene alla classe d'indagine n. 4 secondo il D.P.G.R. n. 36/R, per la determinazione della categoria di sottosuolo e delle geometrie sepolte si è fatto ricorso a prove sismiche in foro

Il metodo downhole, il più utilizzato, prevede la sistemazione della sorgente in superficie e la misura delle onde d'arrivo in foro. La sonda, contenente il geofono a 3 componenti (una verticale e due orizzontali disposte ortogonalmente tra di loro), si fissa meccanicamente alle pareti del tubo in PVC all'interno del foro di sondaggio.

Tale tubo in PVC viene preventivamente reso solidale con le pareti del foro a mezzo di cementazione con opportune malte introdotte nell'intercapedine tra le pareti del foro e il tubo stesso.

Tale prospezione viene a determinare i parametri elastici del terreno, utilizzando onde S a polarizzazione orizzontale (SH) e onde P, quale componente delle onde trasmesse con una predisposta piastra di battuta ancorata al terreno mediante sovrapposizione di carico adeguato, e consente di qualificare i suoli nella profondità di investigazione e verificare la situazione stratigrafico tecnica con maggiore dettaglio.

L'apparato impiegato nell'indagine e' consistito in un "geofono" tridimensionale dotato di sensori da 14 Hz, del diametro esterno di mm 48, della lunghezza complessiva di mm 700 della Geostuff, connesso ad un sismografo della Seismic Source DaqLink III.

L'energizzazione e' stata prodotta mediante massa battente di Kg 10 in caduta con movimento rotatorio sulla piastra di battuta. La direzione di impatto è perpendicolare alla direttrice energizzazione/perforo come illustrato nello schema di seguito riportato (Fig. 2).

Una preliminare analisi qualitativa dei dati, opportunamente filtrati mediante contrasto del segnale, attenuazione delle interferenze ed analisi di fase, ha permesso di determinare i tempi di arrivo delle onde prime e seconde ai sensori in foro, in corrispondenza delle successive postazioni di prova, programmate ad intervalli di m 1 da bocca foro con la prima rilevazione a 1.00 m di profondità.

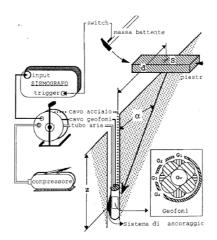


Figura 2 SCHEMA DI ACQUISIZIONE DOWN HOLE

L'indagine sismica in foro ha fornito risultati che collocano i terreni oggetto d'indagine in categoria B del NTC 2018 (Tab. 1).

Questa categoria è stata ricavata, come da normativa, dalla relazione:

$$Vs_{30} = 30/\Sigma(hi/Vi)$$

dove hi e Vi indicano lo spessore in metri e la velocità delle onde di taglio (per deformazioni di taglio  $\gamma < 10^{-6}$ ) dello strato i-esimo per un totale di N strati presenti nei primi 30 m di profondità.

		Categoria Suoli di
Prospezione sismica	V <sub>eq</sub> (m/s)	Fondazione
		(NTC 2018)
DOWNHOLE	586 (da piano campagna)	В

In allegato sono riportati tutti i dati relativi ai tempi e le velocità ottenuti ad ogni metro dell'indagine.

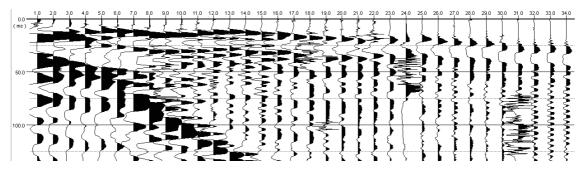


Figura 2 TRACCE ONDE P REGISTRATE SUL SITO IN ESAME

Dall'indagine sismica effettuata nell'area in esame, è stato possibile derivare i seguenti parametri dinamici, tenendo presente che la densità geofisica può essere calcolata indirettamente in condizioni dinamiche in relazione alla velocità delle onde compressionali P attraverso la relazione

$$\rho = 0.51 \cdot (V_P)^{0.19}$$

Modulo di taglio a piccole deformazioni (G₀)

$$G_0 = \rho \cdot (V_s)^2$$

Modulo di elasticità o di Young dinamico

$$Ed = V_p^2 \cdot \rho \cdot \frac{(1+\upsilon)\cdot (1-2\upsilon)}{(1-\upsilon)}$$

dove:

 $V_p$  = velocità delle onde longitudinali

 $\upsilon = \text{modulo di Poisson}$ 

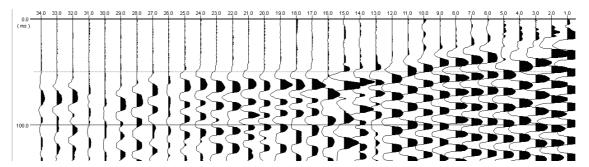


Figura 3 TRACCE ONDE SH REGISTRATE SUL SITO IN ESAME

Modulo di compressibilità o di bulk dinamico

$$Kd = \frac{2 \cdot G_0 \cdot (1 + \upsilon)}{3 \cdot (1 - 2 \cdot \upsilon)}$$

dove:

Go = modulo di taglio

v = modulo di Poisson

Nella tabella viene inoltre riportato il valore del Modulo di elasticità statico (Es) che deriva dalla seguente relazione sperimentale di Rzhevsky e Novik (1971)

$$Edin = 8.3(Es) + 0.97$$

#### RICONOSCIMENTO DELLA VS 30 E DEL PROFILO DI APPARTENENZA

La velocità Veq per il terreno in esame è pari a 586 m/s; per quanto concerne la velocità di propagazione delle onde di taglio è possibile classificare il terreno in esame come **un suolo di categoria B** che prevede velocità delle onde Vs maggiori di comprese tra 360 e 800 m/s nello spessore compreso tra il piano campagna ed il substrato sismico.



### Dott. Alberto lotti n° 1438 Ordine dei Geologi della Regione Toscana

strato	prof. (m)	<b>Vp</b> (m/s)	<b>Vs</b> (m/s)	V	ρ (kg/m3)	<b>G0</b> (kg/cm2)	Ed (kg/cm2)	Kd (kg/cm2)	Es (kg/cm2)	<b>R</b> (t/s*m2)
h1	1	800	350	0.38	1816.17	2225	6148	8657	740.6	636
h2	2	802	370	0.37	1817.25	2485	6784	8390	817.3	672
h3	3	825	355	0.39	1826.91	2302	6383	9371	769.0	649
h4	4	912	363	0.41	1862.13	2451	6893	12235	830.4	676
h5	5	909	373	0.40	1860.90	2591	7248	11931	873.1	694
h6	6	1027	385	0.42	1904.44	2828	8020	16316	966.1	734
h7	7	997	391	0.41	1893.76	2893	8152	14969	982.1	740
h8	8	1458	406	0.46	2035.66	3348	9763	38832	1176.2	826
h9	9	2168	441	0.48	2194.85	4263	12604	97439	1518.4	967
h10	10	1868	569	0.45	2133.75	6898	19989	65282	2408.1	1213
h11	11	2254	621	0.46	2211.29	8524	24873	101021	2996.6	1373
h12	12	1758	617	0.43	2109.32	8028	22958	54516	2765.9	1301
h13	13	1901	624	0.44	2140.74	8328	23980	66235	2889.1	1335
h14	14	2607	626	0.47	2273.15	8915	26199	142576	3156.4	1424
h15	15	2701	648	0.47	2288.57	9607	28234	154165	3401.6	1483
h16	16	2681	642	0.47	2285.32	9422	27694	151704	3336.5	1467
h17	17	2315	632	0.46	2222.48	8881	25927	107276	3123.6	1405
h18	18	2668	638	0.47	2283.17	9284	27290	150117	3287.8	1456
h19	19	2379	649	0.46	2234.04	9411	27476	113911	3310.2	1450
h20	20	2741	654	0.47	2294.95	9829	28892	159317	3480.8	1502
h21	21	2431	663	0.46	2243.18	9852	28765	119414	3465.6	1487
h22	22	2800	668	0.47	2304.28	10283	30227	166963	3641.7	1539
h23	23	2467	672	0.46	2249.47	10167	29684	123341	3576.3	1512
h24	24	2555	696	0.46	2264.58	10980	32058	133240	3862.3	1577
h25	25	2322	701	0.45	2223.82	10913	31647	105398	3812.8	1558
h26	26	2743	747	0.46	2295.29	12820	37431	155628	4509.7	1715
h27	27	3149	751	0.47	2356.29	13274	39022	215991	4701.3	1769
h28	28	2394	784	0.44	2236.67	13731	39545	109878	4764.3	1752
h29	29	2655	801	0.45	2281.02	14620	42398	141244	5108.0	1826
h30	30	3111	847	0.46	2350.89	16883	49298	205073	5939.3	1992
h31	30	2711	887	0.44	2290.21	18034	51938	144314	6257.5	2032
h32	30	2979	899	0.45	2331.60	18823	54587	181869	6576.6	2095
h33	30	3315	903	0.46	2379.31	19387	56608	235548	6820.1	2148
h34	30	3799	905	0.47	2441.76	19991	58771	325705	7080.7	2209
Ciarre 4		I A DIA	001111	77 5 7 5		- III I I I I I I I I I I I I I I I I I				

Figura 4 - TABELLA RIASSUNTIVA PARAMETRI DINAMICI.

Data:	25/01/19		Down-Hole:	DH1	Pı	ofondità: (m)	34
Sondaggio :					nza foro sorge	nte (onde P):	1.6
Quota:				Dista	nza foro sorge		
	Dott. Carlo S	staderini			· ·	o (m da p.c.):	•
Riferimen					Vs eq da	p.c. (m/s)	586
ocalită:	Borghett				14 1 163		
Profondità	Tempi misurati	Tempi misurati	Tempi corretti	Tempi corretti	Velocità intervallo	Velocità intervallo	Coeff.
Froiondita	onde P	onde S	onde P	onde S	onde P	onde S	Poisson
m	ms	ms	ms	ms	m/s	m/s	
1	1.19	2.70	0.63	1.43	800	350	0.38
2	2.40	5.29	1.87	4.13	802	370	0.36
3	3.50	7.88	3.09	6.95	825	355	0.37
4	4.50	10.45	4.18	9.71	912	363	0.39
5	5.55	13.01	5.28	12.39	909	363	0.41
6	6.47	15.51	6.26	14.98	1027	385	0.40
7	7.45	17.99	7.26	17.54	997	391	0.42
8	8.10	20.40	7.26	20.01	1458	406	0.41
9	8.54	22.62	8.41	22.28	2168	441	0.48
10	9.05	24.34	8.94	24.03	1868	569	0.45
11	9.48	25.91	9.38	25.64	2254	621	0.45
12	10.04	27.51	9.95	27.27	1758	617	0.40
13	10.56	29.09	10.48	28.87	1901	624	0.43
14	10.93	30.66	10.46	30.47	2607	626	0.44
15	11.30	32.19	11.23	32.01	2701	648	0.47
16	11.66	33.73	11.61	33.57	2681	642	0.47
17	12.09	35.30	12.04	35.15	2315	632	0.46
18	12.46	36.86	12.41	36.72	2668	638	0.47
19	12.88	38.39	12.83	38.26	2379	649	0.46
20	13.24	39.91	13.20	39.79	2741	654	0.47
21	13.65	41.41	13.61	41.29	2431	663	0.46
22	14.00	42.90	13.97	42.79	2800	668	0.47
23	14.41	44.39	14.37	44.28	2467	672	0.46
24	14.80	45.82	14.76	45.72	2555	696	0.46
25	15.23	47.24	15.19	47.14	2322	701	0.45
26	15.59	48.57	15.56	48.48	2743	747	0.46
27	15.90	49.90	15.88	49.81	3149	751	0.47
28	16.32	51.17	16.29	51.09	2394	784	0.44
29	16.70	52.42	16.67	52.34	2655	801	0.45
30	17.02	53.59	16.99	53.52	3111	847	0.46
31	17.38	54.72	17.36	54.65	2711	887	0.44
32	17.72	55.83	17.70	55.76	2979	899	0.45
33	18.02	56.93	18.00	56.87	3315	903	0.46
34	18.28	58.04	18.26	57.97	3799	905	0.47

Tabella Riassuntiva

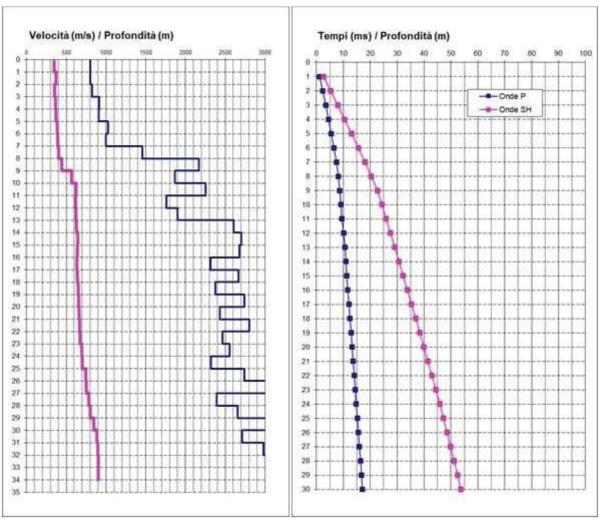
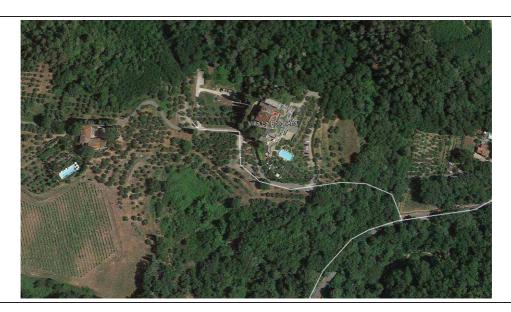


Grafico velocità (m/s) – profondità (m)

### IBT Prospezioni S.a.s. di Alberto lotti

C.F. P.IVA 06802820487 Località Castiglioni 56 Rufina Firenze Cel 3485844183 e-mail albertoiotti.ai@gmail.com

# Comune di Figline e Incisa Valdarno(FI) Località La Borghetta Sismica a rifrazione – Indagine MASW



**Committente:** 

Bureau Maghraby S.r.l.

FIRENZE, DICEMBRE 2018

#### 1.1 Premessa

Su incarico della Società Bureau Maghraby Italia S.r.l. è stata condotta una campagna di indagini sismiche a rifrazione per individuare l'andamento dei principali rifrattori. Sono stati eseguiti uno stendimento di sismica a rifrazione in onde P, un'analisi tipo MASW per la valutazione della categoria di suolo ai sensi delle NTC 2018. È stata inoltre eseguita una misura HVSR per valutare la presenza di picchi di risonanza legati al contrasto di impedenza sismica.

Le indagini sismiche costituiscono un metodo indiretto per la stima di parametri meccanici e geometrici del sottosuolo, le valutazioni conseguenti possono dare un'idea di queste quantità ma non costituiscono una misura certa di questi valori.

Di seguito sono riportati i risultati delle indagini eseguite.

#### 1.1.1 Ubicazione dell'area in esame

La figura 1 Riporta l'ubicazione del punto di misura L'area si trova nel Comune di Figline e Incisa Valdarno località La Borghetta.

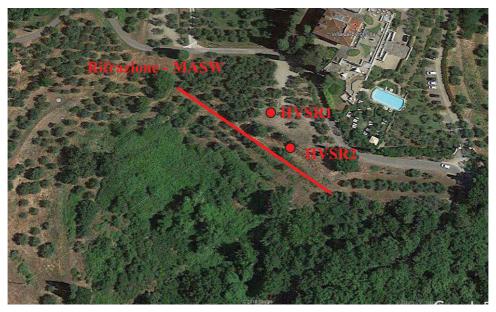


Figura 1 – Ubicazione delle indagini eseguite

## 2 Sismica a rifrazione

Le onde elastiche provocate da una vibrazione si trasmettono nel suolo con velocità differenti per ogni litotipo. Nella prospezione sismica a rifrazione, si sfrutta la diversa velocità di propagazione delle onde longitudinali (onde P) e o trasversali (onde S), Le prime sono più veloci fra le diverse onde elastiche entrambe possono essere utilizzate per determinare spessori e andamento dei livelli presenti.

La prospezione consiste nel generare un'onda sismica di compressione o trasversale nel terreno attraverso una determinata sorgente di energia (colpo di mazza, maglio o esplosivo etc.) e nel misurare il tempo impiegato da questa a compiere il percorso nel sottosuolo dal punto di energizzazione fino agli apparecchi di ricezione (*geofoni*) seguendo le leggi di rifrazione dell'ottica (*Legge di Snell*). La rifrazione si verifica in corrispondenza delle superfici di separazione tra due strati sovrapposti di densità (o meglio di modulo elastico) crescente.

L'apparecchiatura necessaria per le prospezioni è costituita da una serie di ricevitori (geofoni) diversi per tipologia a seconda che si vogliano misurare le onde P o S che vengono spaziati lungo un determinato allineamento (stendimento) e da un cronografo che registra l'istante di inizio della perturbazione elastica ed i tempi di primo arrivo delle onde a ciascun geofono. Così, osservando i primi arrivi su punti posti a distanze diverse dalla sorgente energizzante, è possibile costruire una curva tempo-distanza (dromocrona) rappresentante la variazione del minimo percorso in funzione del tempo. Attraverso metodi analitici si ricavano quindi le velocità delle onde elastiche longitudinali ( $V_P e/o V_S$ ) dei mezzi attraversati ed il loro spessore.

La velocità di propagazione delle onde elastiche nel suolo presenta ampie variazioni; per lo stesso tipo di roccia essa diminuisce col grado di alterazione, di fessurazione e/o di ismo strati; aumenta per contro con la profondità e l'età geologica. Sensibili differenze si possono avere, in rocce stratificate, tra le velocità rilevate lungo i piani di strato e quelle rilevate perpendicolarmente a questi. La velocità delle onde compressionali (onde P), diversamente da quelle trasversali (onde S) che non si trasmettono nell'acqua, è fortemente influenzata dalla presenza della falda acquifera e dal grado di saturazione.

Questo comporta che anche litotipi differenti possano avere uguali velocità delle onde sismiche compressionali (ad esempio roccia fortemente fratturata e materiale detritico saturo con velocità  $V_p$  dell'ordine di 1400÷1700 m/sec), per cui non necessariamente l'interpretazione ismo stratigrafica corrisponderà con la reale situazione geologico-stratigrafica.

Il metodo sismico a rifrazione è soggetto inoltre alle seguenti limitazioni:

- un livello può essere evidenziato soltanto se la velocità di trasmissione delle onde longitudinali in esso risulta superiore a quella dei livelli soprastanti (effetto della inversione di velocità);
- un livello di spessore limitato rispetto al passo dei geofoni e alla sua profondità può non risultare rilevabile;
- un livello di velocità intermedia compreso tra uno strato sovrastante a velocità minore ed uno sottostante a velocità sensibilmente maggiore può non risultare rilevabile perché mascherato dagli "arrivi" dallo strato sottostante (effetto dello strato nascosto e "zona oscura");
- aumentando la spaziatura tra i geofoni aumenta la profondità di investigazione, ma può ovviamente ridursi la precisione nella determinazione della profondità dei limiti di passaggio tra i diversi livelli individuati. In presenza di successioni di livelli con velocità (crescenti) di poco differenti tra loro, orizzonti a velocità intermedia con potenza sino anche ad 1/3 del passo adottato possono non essere evidenziati. Il limite tra due orizzonti può quindi in realtà passare "attraverso" un terzo intermedio non evidenziabile;
- analogamente, incrementi graduali di velocità con la profondità danno origine a dromocrone che consentono più schemi interpretativi. Il possibile errore può essere più contenuto potendo disporre di sondaggi di taratura e "cercando" sulle dromocrone delle basi sismiche i livelli che abbiano velocità il più possibile simili a quelle ottenute con le tarature.

Per contro i moderni metodi di elaborazione del dato sismico, come il *Generalized Reciprocal Method* (GRM: PALMER, 2001), consentono di ricostruire la morfologia sepolta di più rifrattori sovrapposti, variamente "accidentati" e con velocità variabili lungo il profilo, anche in presenza di morfologie di superficie non piane: la buona precisione raggiungibile, specie se si dispone di sondaggi di taratura, consente talora di elevare la prospezione sismica da semplice valutazione qualitativa a valido supporto quantitativo dell'indagine geognostica. In particolare nel caso in esame viene proposta una interpretazione di tipo tomografico ottenuta mediante l'impiego del software RAY-FRACT.

## 2.1 Sistema di acquisizione

L'acquisizione dei dati in campagna è stata eseguita utilizzando un sistema composto dalle seguenti parti:

• sismografo: Daq Link III, 24 canali, 24 bit

- sorgente energizzante: cannone e/o mazza 20kg
- trigger: innesco a molla
- apparecchiatura di ricezione: 24 geofoni orizzontali con frequenza propria di 4.5
   e 10 Hz.

### 2.2 I risultati nell'aera in esame

Le caratteristiche della geometria dello stendimento sono riassunte in Tabella 1.

Stendimento	Lunghezza	N° Shot	Onde	N° geofoni
St1 N-S	100	5	P - MASW	24

Tabella 1 - Geometria dello stendimento.

L'indagine sismica ha permesso di valutare la presenza di diversi orizzonti rifrattori e l'elaborazione tomografica ha permesso di valutare la presenza di variazione di velocità di propagazione delle onde S all'interno di uno stesso orizzonte.

#### 2.2.1 Stendimento St1 onde P

Questo stendimento si allunga lungo l'area con orientazione circa NW-SE. La Figura 2 riporta le dromocrone relative ai primi arrivi per questo stendimento.

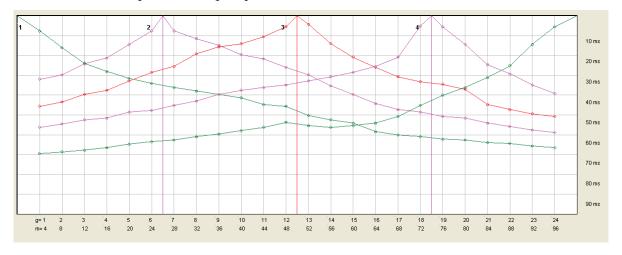


Figura 2 - Dromocrone stendimento St1 onde p.

È possibile riconoscere tre orizzonti un primo orizzonte con velocità di propagazione delle onde p fino a 600-800 m/s con spessore massimo varabile da 1 a 6 m interpretabile come depositi copertura

alterazione allentati, un secondo orizzonte con velocità delle onde p fino a 1500 m/s con spessore massimo investigato di circa 8-10 m, interpretato come roccia-substrato alterato, al di sotto si hanno velocità maggiori legate ad un rifrattore interpretabile come roccia substrato non alterato.

La Figura 3 riporta l'interpretazione e tomografica per lo stendimento 1

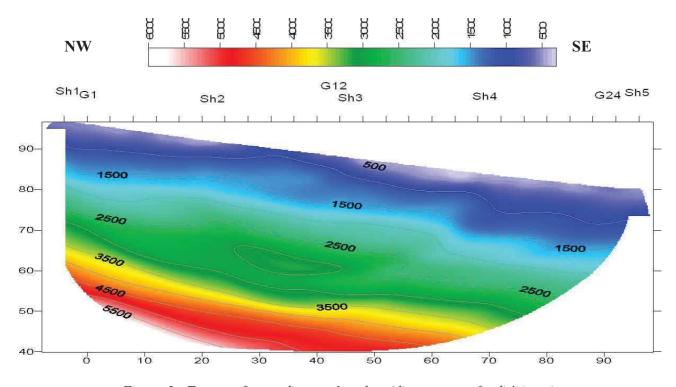


Figura 3 - Tomografia stendimento 1 onde p (distanze e profondità in m).

## 3 Indagine MASW

Sulla linea di stendimento si è proceduto ad una acquisizione dei dati da sottoporre ad una elaborazione MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) per la valutazione dell'andamento della velocità delle onde di taglio nei primi 30 m Vs30.

## 3.1 Indagine MASW

È stato eseguito uno stendimento per l'acquisizione dei dati da sottoporre ad una elaborazione MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) per la valutazione dell'andamento della velocità delle onde di taglio nei primi 30 m Vs30. È stato impiegato il metodo *attivo* che consente in genere di ottenere una velocità di fase (quindi una curva di dispersione) sperimentale apparente nell'intervallo di frequenza compreso tra 5 e 70 Hz che da quindi informazioni sulla fascia più superficiale di terreno.

Le fasi del procedimento applicato prevedono:

- calcolo della velocità di fase e ricostruzione della curva di dispersione
- calcolo della velocità di fase apparente numerica
- individuazione del profilo di velocità delle onde di taglio verticali vs per interazione e confronto con i dati sperimentali fino ad una sovrapposizione ottimale
- calcolo della velocità equivalente nei primi 30 m di profondità
- Riconoscimento della categoria sismica del suolo secondo la normativa sismica OPCM 3274 e le NTC 2018.

### 3.1.1 Acquisizione dei dati

I dati sono stati acquisiti con un sismografo Daq LinkIII 24 bit 24 canali lungo una linea sismica con interasse geofonico pari a 2 m intervallo di campionamento di 2 ms e finestra di campionamento pari a 2 s. La Figura 4 riporta le tracce registrate dei dati acquisiti.

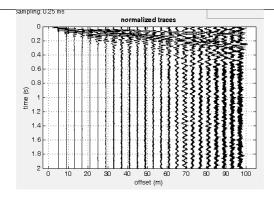


Figura 4 - Tracce dei dati acquisiti

### 3.1.2 Ricostruzione della curva di dispersione

A partire dalla rappresentazione delle velocità verticali dell'intero campo di moto nel dominio frequenza numero d'onda (Figura 5) viene estratta la curva di dispersione apparente sperimentale nell'intervallo di frequenza compreso tra 2 e 70 Hz che come detto caratterizza gli strati più superficiali (30 m).

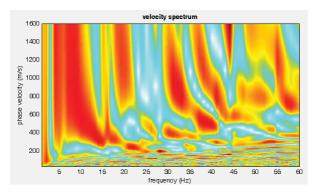


Figura 5 - Spettro delle velocità dell'intero campo di moto

### 3.1.3 Confronto tra la curva sperimentale e quelle calcolata

Una volta ricostruita e discretizzata la curva di dispersione sperimentale ne viene generata una calcolata e sovrapposta a quella sperimentale modificando la curva calcolata fino ad avere una buona sovrapposizione con quella sperimentale (Figura 6).

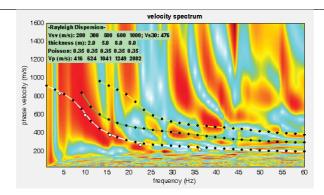


Figura 6 - Confronto tra la curva sperimentale e quella calcolata

È a questo punto possibile passare a definire un profilo di velocità del substrato sul quale calcolare la Vs 30 (Figura 7).

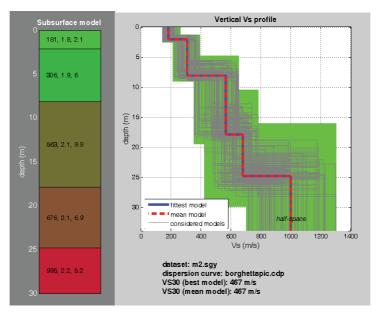


Figura 7 – Andamento della velocità Vs con la profondità

# 4 Misure HVSR - picchi di risonanza

### 4.1 Misura HVSR

Il rumore sismico ambientale è conosciuto anche con il termine microtremore, dato che si manifesta con oscillazioni di piccola ampiezza ( $1\sim10~\mu m$ ) e nettamente inferiori rispetto a quelle presenti nel campo prossimo all'epicentro di un terremoto. È costituito in piccola parte da onde di volume (P o S) e per lo più da onde superficiali (in particolare onde di Rayleigh) prodotte da interferenza delle prime e con velocità prossime alle onde S. La sua permanente presenza sull'intera superficie terrestre è dovuta a fenomeni atmosferici, ad attività antropica, ad attività dinamica terrestre.

L'acquisizione dei microtremori viene effettuata con strumenti a metodologia passiva, in quanto agiscono direttamente come sorgente di eccitazione e non richiedono pertanto l'utilizzo di battute o esplosioni classiche della sismica attiva.

La tecnica maggiormente sfruttata per lo studio dei microtremori è quella dei rapporti spettrali tra le componenti del moto orizzontale e quella verticale e conosciuta come HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio). È opinione accettata in letteratura che le singole componenti del rumore ambientale possono presentare ampie variazioni in funzione dei disturbi naturali ed antropici, mentre il rapporto delle componenti orizzontali e della componente verticale tende a rimanere costante conservando così il picco della frequenza di risonanza fondamentale. Le registrazioni dei microtremori sono un supporto per ricavare indicazioni in merito alle variazioni litostratigrafiche e per la determinazione della velocità delle onde di taglio, in considerazione di ciò sono utilizzate anche per il calcolo del parametro Ve (NTC 2018).

La figura 8 riporta un'immagine relativa ai dati registrati per le tre componenti di misura nei due punti di indagine.

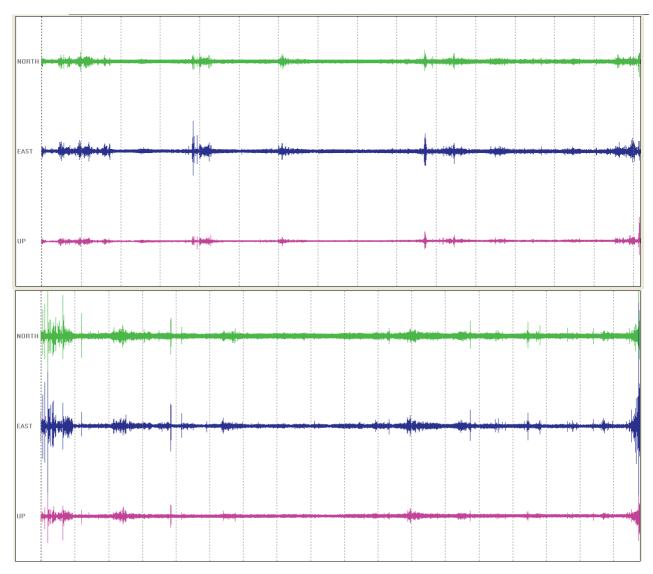


Fig. 8 - Andamento delle registrazioni delle tre componenti di microtremore nei punti di misura

Da segnale misurato è possibile per ogni componente ottenete lo spettro di risposta frequenza contro velocità su frequenza sintetizzato per le tre componenti nella figura 9

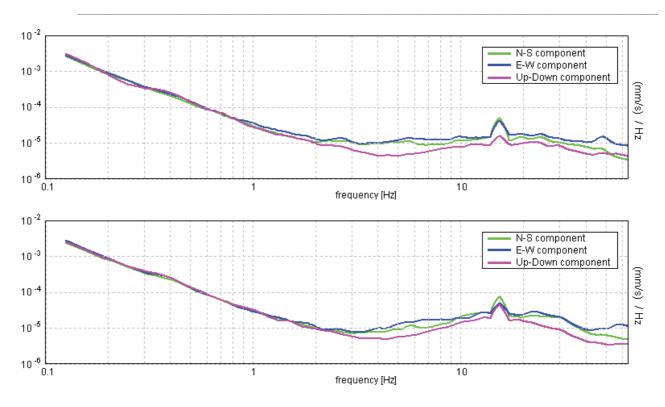


Fig. 9 - Andamento degli spettri f-v/f nelle tre componenti nei punti di misura e cumulata

Dall'analisi degli spettri è possibile ottenere per le varie frequenze il rapporto H/V che indica la presenza di fenomeni di risonanza (figura 11). L'analisi del rapporto deve considerare la direzionalità del picco. Un picco strutturale e non influenzato ad esempio da una sorgente esterna si mostrerà costante nelle diverse direzioni. La figura 10 mostra il valore del rapporto H/V in un diagramma Azimuth-Frequenza La presenza di un picco costante nelle varie direzioni si manifesta con una linea orizzontale continua, una fascia stretta indica una frequenza precisa di risonanza, una fascia di colore più alta indica una disperazione nel valore della frequenza.

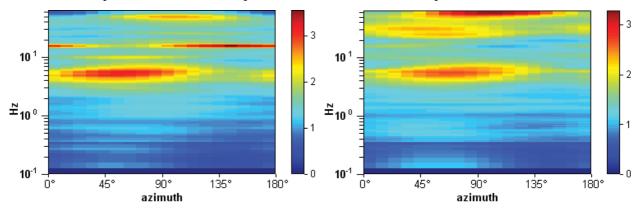
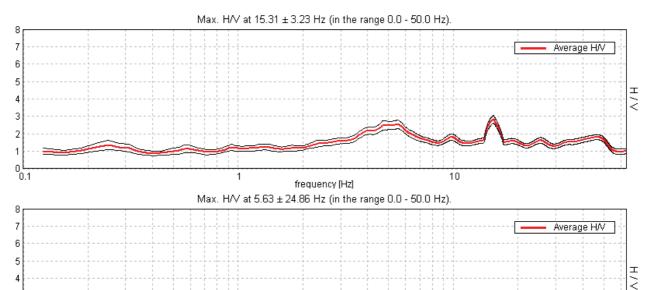


Fig. 10 - Andamento del rapporto H/V in un diagramma Azimuth – Frequenza misure nei punti di esame

Comune di Figline e Incisa Valdarno- La Borghetta – Rifrazione – MASW - Misura HVSR

10



La figura 11 riporta L'andamento del rapporto H/V in funzione della Frequenza.

Fig. 11 – Andamento del rapporto H/V alle varie frequenze nei punti di misura.

frequency [Hz]

Nelle curve Frequenza-Ampiezza si nota, nelle frequenze di interesse, nella misura 1 un picco con frequenza 5.02 e ampiezza 2.47 e nella misura 2 un picco con frequenza 5.59 e ampiezza 2.22.

## 4.1.1 Riconoscimento della Ve (NTC 2018) e del profilo di appartenenza

In base a quanto definito nelle NTC 2018 la categoria di suolo deve essere definita in funzione della velocità equivalente calcolata secondo l'espressione:

$$V_{S,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^{N} \frac{h_i}{V_{S,i}}}$$
[3.2.1]

con:

h<sub>i</sub> spessore dell'i-esimo strato;

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

N numero di strati;

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

La tabella 3 riporta le categorie di suolo come definite nelle NTC 2018.

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

Tabella 3 - Categorie di suolo NTC 2018

La velocità Ve per il terreno in esame è pari a 410 riconducibile ad un suolo di categoria B.

Firenze dicembre '18

### Dott. Alberto Iotti

N° 1438 Ordine dei Geologi della Regione Toscana

# **ALLEGATO 3**

Prove penetrometriche



Alberto Iotti Geologo Tel - 0558397382 - 3485844183 Località Castglioni 56 Rufina Firenze 50068 e-mail albertoiotti@ virgilio.it

### Prova Penetrometrica dinamica

Bureau Maghraby Italia S.r.l.

Committente località Figline Valdarno Intervento La Borghetta

Diametro punta 51 mm angolo apicale 60°

Peso maglio 63.5 kg Altezza di caduta 75 cm

Data		O4/O2/2019 Certificato n°											
Paramet	ri geote	geotecnici Strumentazione ir							npiegata - Penetrometro Pagani 1G 63/200				
Correl. S			Livello freatico (m) da p.c.					1					
n fattore		0.5	Gamma	0.18	,	_		,	φ		С	u kg/cm	12
	N SPI*		Sigma		NSPI	Dr%	Ī	2	' 3	4	a	ă	С
	•	Ö			•	•					•		
5	7.5	0.2	0.04	1.99	14.9	45.52	41.7	39.6	36.7	34.45	1.9	1.5	1.0
4	6	0.4	0.07	1.99	12.0	39.70	41.3	39.C	36.1	33.66	1.5	1.2	0.8
1	1.5	0.6	0.11	1.99	3.0	12.10	39.2	36.2	32.9	29.93	0.4	0.3	0.2
1	1.5	0.8	0.14	1.99	3.0	12.10	39.2	36.2	32.9	29.93	0.4	0.3	0.2
1	1.5	1	0.18	1.99	3.0	12.10	39.2	36.2	32.9	29.93	0.4	0.3	0.2
1	1.5	1.2	0.22	1.99	3.0	12.10	39.2	36.2	32.9	29.93	0.4	0.3	0.2
3	4.5	1.4	0.25	1.99	9.0	32.37	40.7	38.2	35.2	32.67	1.1	0.9	0.6
12	18	1.6	0.29	1.86	33.5	66.99	43.3	41.7	39.2	37.34	4.3	3.4	2.3
15	22.5	1.8	0.32	1.76	39.5	74.88	43.9	42.5	40.1	38.41	5.0	4.C	2.7
20	30	2	0.36	1.67	50.0	86.15	44.8	43.6	41.4	39.93	6.4	5.1	3.4
17	25.5	2.2	O.4C	1.59	40.5	76.07	44.0	42.6	40.2	38.57	5.1	4.1	2.8
15	22.5	2.4	0.43	1.52	34.2	67.97	43.4	41.8	39.3	37.48	4.3	3.5	2.3
15	22.5	2.6	0.47	1.46	32.9	66.05	43.3	41.6	39.1	37.22	4.2	3.4	2.2
15	22.5	2.8	0.5C	1.41	31.7	64.28	43.1	41.4	38.9	36.98	4. O	3.2	2.2
14	21	3 3.2	0.54	1.36	28.6	58.90	42.7	40.9	38.3	36.25	3.6	2.9	1.9
15	22.5	3.2	0.58	1.32	29.6	59.03	42.7	40.9	38.3	36.27	3.8	3.C	2.0
14	21	3.4	0.61	1.28	26.8	58.32	42.7	40.8	38.2	36.17	3.4	2.7	1.8
14	21	3.6	0.65	1.24	26.1	57.94	42.6	40.8	38.2	36.12	3.3	2.7	1.8
13	19.5	3.8	0.68	1.21	23.6	56.24	42.5	40.6	38.C	35.89	3.C	2.4	1.6
14	21	4	0.72	1.18	24.7	57.12	42.6	40.7	38.1	36.01	3.1	2.5	1.7
17	25.5	4.2	0.76	1.15	29.3	59.01	42.7	40.9	38.3	36.27	3.7	3.C	2.0
17	25.5	4.4	0.79	1.12	28.7	58.91	42.7	40.9	38.3	36.25	3.6	2.9	1.9
14	21	4.6	0.83	1.10	23.1	55.82	42.5	40.6	37.9	35.84	2.9	2.4	1.6
10	15	4.8	0.86	1.08	16.1	47.49	41.9	39.7	37.C	34.71	2.0	1.6	1.1
8	12	5	0.90	1.05	12.6	41.18	41.4	39.1	36.2	33.86	1.6	1.3	0.9
5	7.5	5.2	0.94	1.03	7.8	28.89	40.5	37.9	34.8	32.20	1.C	0.8	0.5
6	9	5.4	0.97	1.01	9.1	32.81	40.8	38.3	35.3	32.73	1.2	0.9	0.6
5	7.5	5.6	1.01	1.00	7.5	28.04	40.4	37.8	34.7	32.09	0.9	0.8	0.5
10	15	5.8	1.04	0.98	14.7	45.07	41.7	39.5	36.7	34.38	1.9	1.5	1.0
8	12	6	1.08	0.96	11.5	38.80	41.2	38.9	36.C	33.54	1.5	1.2	0.8
8	12	6.2	1.12	0.95	11.4	38.37	41.2	38.8	35.9	33.48	1.4	1.2	0.8
6	9	6.4	1.15	0.93	8.4	30.75	40.6	38.1	35.C	32.45	1.1	0.9	0.6
6	9	6.6	1.19	0.92	8.3	30.38	40.6	38.0	35.C	32.40	1.0	0.8	0.6
6 5	9	6.8 7	1.22	0.90	8.1	30.02	40.6	38.0	35.C	32.35	1.C	0.8	0.6
6	7.5	7 7.2	1.26 1.30	0.89	6.7	25.57	40.2	37.6	34.4	31.75	0.8	0.7	0.5
	9	<u> </u>		0.88	7.9	29.35	40.5	37.9	34.9	32.26	1.0	0.8	0.5
10	15	7.4	1.33	0.87	13.0 20.5	41.89	41.4	39.2 40.3	36.3 37.6	33.96	1.7 2.6	1.3 2.1	0.9 1.4
16	24	7.6	1.37	0.85		53.31	42.3			35.50			
16	24	7.8	1.4C	0.84	20.3	53.01	42.3	40.3	37.6	35.46	2.6	2.1	1.4
20	30 30	8	1.44	0.83	25.0	57.29 57.08	42.6	40.7	38.1	36.03	3.2	2.6 2.5	1.7
20 19		8.2	1.48	0.82	24.7		42.6	40.7	38.1 37.9	36.01	3.1	2.5	1.7 1.6
	28.5	8.4	1.51	0.81	23.2	55.90	42.5	40.6 39.5		35.85	2.9		1.6
12 17	18	8.6	1.55	0.80	14.5	44.69	41.7		36.6	34.33	1.8	1.5 2.1	
23	25.5 34.5	8.8 9	1.58 1.62	0.79 0.79	20.3 27.1	53.02 58.43	42.3 42.7	40.3 40.8	37.6 38.2	35.46 36.19	2.6 3.4	2.1 2.8	1.4 1.8
23			L		26.8	A		40.8					1.8
	34.5	9.2	1.66	0.78 0.77		58.31 65.17	42.7		38.2 39.0	36.17 37.10	3.4	2.7	
28 26	42 39	9.4 9.6	1.69 1.73	0.77	32.3 29.7	59.03	43.2 42.7	41.5 40.9	39.U 38.3	36.27	4.1 3.8	3.3 3.0	2.2 2.0
26	39	9.6	1.73	0.76	29.7 29.4	59.03	42.7 42.7	40.9	38.3	36.27	3.8	3.C	2.0
<u>2</u> 6	1 39 54	10	1.76	0.75	29.4 40.2	75.74	42.7 44.0	42.6	38.3 40.2	38.53	5.1	4.1	2.0
30	. J <del>1</del>	. 10	1.00	0.75	1 70.2	10.14	<del>!</del> .0	72.0	70.2	JU. JJ	J. I	¬. I	۷. /

Campagna: Dati rilevati al momento della prova --N SPT\*: Numero di colpi corretto per il peso del maglio differente dalla prova SPT e per la differente lunghezza di misura – Depth: Profondità di misura – Sigma: Tensione verticale nel punto in kg/cm²--Cn: Fattore di correzione per la normalizzazione del valore di resistenza alla tensione di confinamento di 1kg/cm² (Liao & Whitman, 1985)--N SPT: Valore di SPT corretto per la tensione di confinamento -- Dr%: Valore di densità relativa valido per terreno granulari -- • Relazioni per la valutazione dell'angolo di attrito in materiali granulari (Schmertmann J.H., 1977)— (1:Sabbia fine uniforme; 2 Sabbia media uniforme - fine ben gradata; 3 Sabbia grossa uniforme - media ben gradata; 4: Sabbia e ghiaia - ghiaietto uniforme. Cu: Relazioni per la valutazione della coesione non drenata in materiali coesivi (Sanglerat G., 1965): .a:Argilla bimosa; c: Argilla sabbiosa.



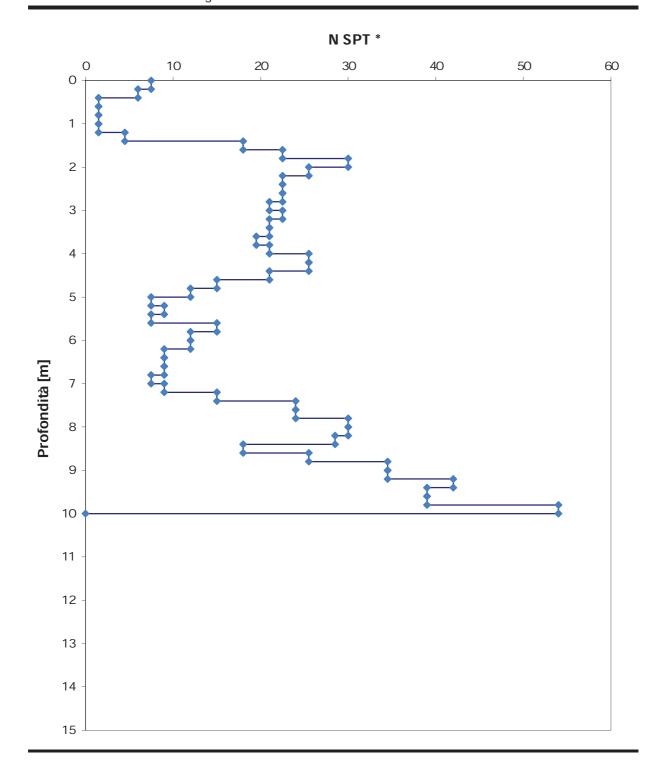
Alberto Iotti Geologo Tel - 0558397218 - 3485844183 Località Castglioni 56 Rufina Firenze 50068 e-mail albertoiotti@ virgilio.it

# Prova Penetrometrica dinamica

1

Resistenza alla penetrazione [N spt] - Profondità [m]

Committente Bureau Maghraby Italia S.r.l. Data 4/2/19 Iocalità Figline Valdarno Certificato n° O Intervento La Borghetta





Alberto Iotti Geologo Tel - 0558397382 - 3485844183 Località Castglioni 56 Rufina Firenze 50068 e-mail albertoiotti@ virgilio.it

Prova Penetrometrica dinamica

Diametro punta 51 mm angolo apicale 60°

Committente Bureau Maghraby Italia S.r.l. località Figline Valdarno La Borghetta

Peso maglio 63.5 kg Altezza di caduta 75 cm

tervent	5		La Borgne				0	0					
ata			O4/O2/2019 Certificato n° Strumentazione impiegata - Penetrometro Pagani IG 63/200										
	tri geote						izione im	ıpıegata	- Penetr	ometro Pa	ganı <b>i G</b>	63/200	
orrel. S		1.5	Livello fre		n) da p.o	2.		]			^	I /-	- 0
	di cor.  N SP1*	O.5 Depth	Gamma   Sigma	0.18   Cn	IN SPT	II.)r%	1 1	2	φ 3	4	l a	u kg/cm	12 C
amp.	N SF I	O	Sigilia	CII	IN SET	DI 70			J	4	а	D	
1	1.5	0.2	0.04	1.99	3.0	12.10	39.2	36.2	32.9	29.93	0.4	0.3	0.2
2	3	0.4	0.07	1.99	6.0	23.23	40.0	37.3	34.2	31.44	0.8	0.6	0.2
1	1.5	0.6	0.11	1.99	3.0	12.10	39.2	36.2	32.9	29.93	0.4	0.3	0.4
2	3	0.8	0.14	1.99	6.0	23.23	40.0	37.3	34.2	31.44	0.8	0.6	0.2
	3	1	0.14	1.99	6.0	23.23	40.0	37.3	34.2	31.44	0.8	0.6	0.4
2 1	1.5	1.2	0.10	1.99	3.0	12.10	39.2	36.2	32.9	29.93	0.4	0.3	0.4
<u>-</u>	1.5	1.4	0.25	1.99	3.0	12.10	39.2	36.2	32.9	29.93	0.4	0.3	0.2
<u>'</u>	1.5	1.6	0.29	1.86	11.2	37.96	41.1	38.8	35.9	33.42	1.4	1.1	0.2
5	7.5	1.8	0.23	1.76	13.2	42.25	41.5	39.2	36.4	34.00	1.7	1.3	0.9
<del>-</del> 5	7.5	2	0.36	1.67	12.5	40.87	41.4	39.1	36.2	33.82	1.6	1.3	0.9
<del>-</del> 7	10.5	2.2	0.40	1.59	16.7	48.34	41.9	39.8	37.1	34.83	2.1	1.7	1.1
<del>'</del>	12	2.4	0.43	1.52	18.3	50.56	42.1	40.1	37.3	35.13	2.3	1.9	1.2
<del>-</del>	10.5	2.6	0.47	1.46	15.3	46.21	41.8	39.6	36.8	34.54	1.9	1.6	1.0
<del>'</del>	10.5	2.8	0.50	1.41	14.8	45.26	41.7	39.5	36.7	34.41	1.9	1.5	1.0
<del>/</del>	7.5	3	0.54	1.36	10.2	35.62	41.0	38.6	35.6	33.11	1.3	1.0	0.7
<del>-</del> 6	9	3.2	0.58	1.32	11.9	39.49	41.3	38.9	36.C	33.63	1.5	1.2	0.7
5	7.5	3.4	0.61	1.28	9.6	34.04	40.9	38.4	35.4	32.89	1.2	1.0	0.7
<u>5</u>	7.5	3.6	0.65	1.24	9.3	33.32	40.8	38.3	35.3	32.80	1.2	1.C	0.7
4	6	3.8	0.68	1.21	7.3	27.38	40.4	37.7	34.6	32.00	0.9	0.7	0.5
<del>_</del>	4.5	4	0.72	1.18	5.3	20.91	39.9	37.1	33.9	31.12	0.7	0.7	0.4
<u>-3</u> 	6	4.2	0.76	1.15	6.9	26.27	40.3	37.6	34.5	31.85	0.9	0.7	0.5
	7.5	4.4	0.79	1.12	8.4	30.87	40.6	38.1	35.C	32.47	1.1	0.7	0.6
5 4	6	4.6	0.83	1.10	6.6	25.28	40.2	37.5	34.4	31.71	0.8	0.7	0.4
<del>-</del>	6	4.8	0.86	1.08	6.5	24.83	40.2	37.5	34.4	31.65	0.8	0.7	0.4
<del>-</del>	6	5	0.90	1.05	6.3	24.40	40.1	37.4	34.3	31.59	0.8	0.6	0.4
<del>-</del>	9	5.2	0.94	1.03	9.3	33.28	40.8	38.3	35.3	32.79	1.2	0.9	0.6
<u>8</u>	12	5.4	0.97	1.01	12.2	40.17	41.3	39.0	36.1	33.72	1.5	1.2	0.8
12	18	5.6	1.01	1.00	17.9	50.12	42.1	40.0	37.3	35.07	2.3	1.8	1.2
23	34.5	5.8	1.04	0.98	33.8	67.31	43.3	41.7	39.2	37.39	4.3	3.4	2.3
21	31.5	6	1.08	0.96	30.3	62.13	43.0	41.2	38.6	36.69	3.8	3.1	2.1
35	52.5	6.2	1.12	0.95	49.7	85.86	44.7	43.6	41.4	39.89	6.3	5.1	3.4
	†		ļ		10.7		<u> </u>	10.0	!				ļ
	<u> </u>			<u> </u>		<u> </u>	<del> </del>	<del> </del>		<del> </del>			
	<del></del>	}	<del> </del>	<del> </del>	<del> </del>	<del></del>	<del> </del>	<del>†</del> -	<del> </del>	<del> </del>			<u></u>
	İ	L	ļ	!	<u> </u>	<u>i</u>	<del> </del>	†	!	†			!
	<del> </del>		<del> </del>	i	<del> </del>	†	<del> </del>	<del> </del>	i	<del> </del>			j
							<del> </del>	<del> </del>	ļ				
	<u> </u>	 	!	!	i	<u> </u>	<del> </del>	†	!	<u> </u>			i
	†		†	i	†	†	<del> </del>	†	;	†			i
	<u> </u>	L   	<u> </u>	<u> </u>	<u> </u>	L   	†	†	} 	<del> </del>			<u> </u>
	j	j !	<u> </u>	i	<del> </del>	i	<del> </del>	†	! !	i			j !
	†		t	<del> </del>	<del> </del>	†	†	†	<del> </del>	†			i
	<u> </u>	L	!	!	<u> </u>	<u> </u>	<del> </del>	†	!	<del> </del>		<u></u>	
	†		İ	!	<del> </del>	!	<del> </del>	†		<del> </del>			
	<u> </u>	}	ļ		<del> </del>	ļ	<del> </del>	ļ	ļ	<del> </del>			
	<u> </u>	i		<u> </u>	<del> </del>	<u>.</u>	<del> </del>	<del> </del>	!	<del> </del>			i
	<del></del>	¦		i	<del> </del>	†	<del> </del>	†	¦	<del> </del>			i
	<u> </u>	! !	ļ	!	<u> </u>	<u>i</u>	<del> </del>	†	i	<del> </del>			ļ
	<u> </u>	   	<del> </del>	<del> </del>	<del> </del>	! 	<del> </del>	<del> </del>		<del> </del>			<u></u>
	<del></del>	}	<del></del>	<del> </del>	<del></del>	<del></del>	<del> </del>	<del></del>	ł	<del> </del>	i	<del></del>	<u> </u>

Campagna: Dati rilevati al momento della prova --N SPT\*: Numero di colpi corretto per il peso del maglio differente dalla prova SPT e per la differente lunghezza di misura—Depth: Profondità di misura—Sigma: Tensione verticale nel punto in kg/cm²--Cn: Fattore di correzione per la normalizzazione del valore di resistenza alla tensione di confinamento di 1kg/cm² (Liao & Whitman, 1985)--N SPT: Valore di SPT corretto per la tensione di confinamento -- Dr%: Valore di densità relativa valido per terreno granulari -- • • Relazioni per la valutazione dell'angolo di attrito in materiali granulari (Schmertmann J.H., 1977)— (1:Sabbia fine uniforme: 2 Sabbia media uniforme - fine ben gradata: 3 Sabbia grossa uniforme - media ben gradata: 4: Sabbia e ghiaia - ghiaietto uniforme. Cu: Relazioni per la valutazione della coesione non drenata in materiali coesivi (Sanglerat G., 1965): .a:Argilla limosa: c: Argilla sabbiosa.



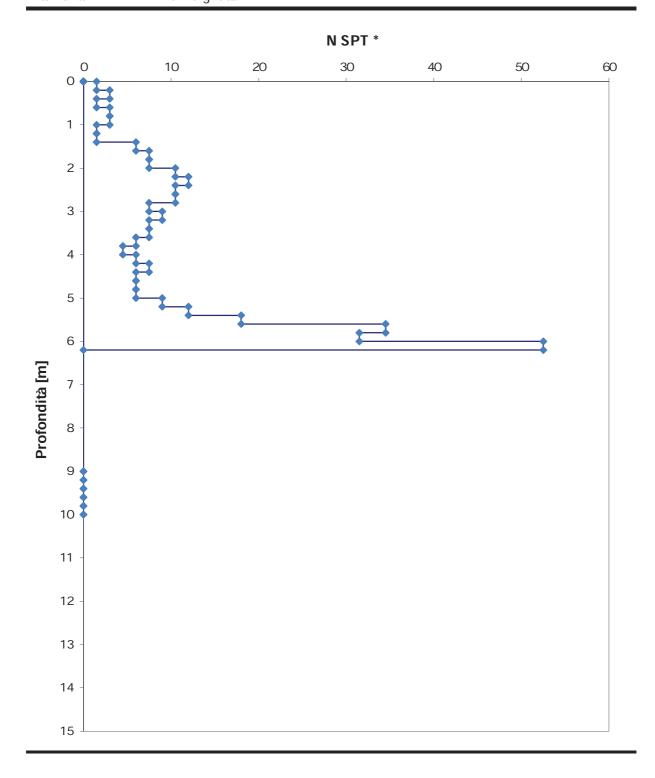
Alberto Iotti Geologo Tel - 0558397218 - 3485844183 Località Castglioni 56 Rufina Firenze 50068 e-mail albertoiotti@ virgilio.it

# Prova Penetrometrica dinamica

2

Resistenza alla penetrazione [N spt] - Profondità [m]

Committente Bureau Maghraby Italia S.r.l. Data 4/2/19 Iocalità Figline Valdarno Certificato n° O Intervento La Borghetta



# **ALLEGATO 4**

Parametri Sismici

### Parametri sismici

determinati con GeoStru PS

Le coordinate geografiche espresse in questo file sono in ED50

Tipo di elaborazione:Stabilità dei pendii

#### Sito in esame.

latitudine: 43,595724 [°] longitudine: 11,451052 [°]

Classe d'uso: II. Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi consequenze rilevanti.

Vita nominale: 50 [anni]

Tipo di interpolazione: Media ponderata

### Siti di riferimento.

	ID	Latitudine [°]	Longitudine [°]	Distanza [m]
Sito 1	20727	43,616530	11,418400	3502,0
Sito 2	20728	43,617730	11,487400	3814,8
Sito 3	20950	43,567750	11,489030	4362,7
Sito 4	20949	43, 566540	11,420090	4092,8

#### Parametri sismici

Categoria sottosuolo: B
Categoria topografica: T3
Periodo di riferimento: 50 anni

Coefficiente cu: 1

	Prob. superamento [%]	Tr [anni]	ag [g]	Fo [-]	Tc* [s]
Operatività (SLO)	81	30	0,044	2,584	0,255
Danno (SLD)	63	50	0,053	2,612	0,268
Salvaguardia della vita (SLV)	10	475	0,124	2,393	0,300
Prevenzione dal collasso (SLC)	5	975	0,158	2,404	0,304

# Coefficienti Sismici Stabilità dei pendii

	Ss [-]	Cc [-]	St[-]	Kh [-]	Kv [-]	Amax [m/s²	Beta [-]
SLO	1,200	1,450	1,200	0,013	0,006	0,621	0,200
SLD	1,200	1,430	1,200	0,015	0,008	0,746	0,200
SLV	1,200	1,400	1,200	0,043	0,021	1,751	0,240
SLC	1,200	1,400	1,200	0,054	0,027	2,227	0,240

Geostru

# **ALLEGATO 5**

Letture Inclinometriche

Alberto Iotti Geologo Tel - 0558397382 - 3485844183 Località Castglioni 56 Rufina Firenze 50068 e-mail albertoiotti@virgilio.it

Committente:	Bureau Maghr	aby S.r.l.	Cantiere:	Borghetta
Monitoraggio tubo	inclinometrico n.	Iv		
Lettura di zero	20/7/18			
Prima misura	18/9/19			

## Misure inclinometriche ELABORAZIONI GRAFICHE

