



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 Pagliuzzi, 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 Il 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 ricettiva 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 Il 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 ricettiva 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 Il 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 Iotti 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_0) e dell'ampiezza dei picchi fondamentali (A_0).

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 V_s della stessa secondo la relazione:

$$v = V_s/4H$$

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 frequenza 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 substrato 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.

Depositi di conoide alluvionale (GP)

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:

- stato attivo, 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;
- stato quiescente, qualora siano presenti evidenze morfologiche che, non avendo esaurito la loro evoluzione, hanno la possibilità di riattivarsi;
- stato inattivo, 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:

1. 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. Zone stabili suscettibili di amplificazione sismica: 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, fagliazioni 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-coluviali, 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 ($Z_{A_{FR}}$), 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 ($Z_{A_{CD}}$), 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 'Castagneto – Podere Forre', 'Castello di Celle', 'La Palagina', 'La Borghetta', 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 'L'Entrata', 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 'Il Fattoio', 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

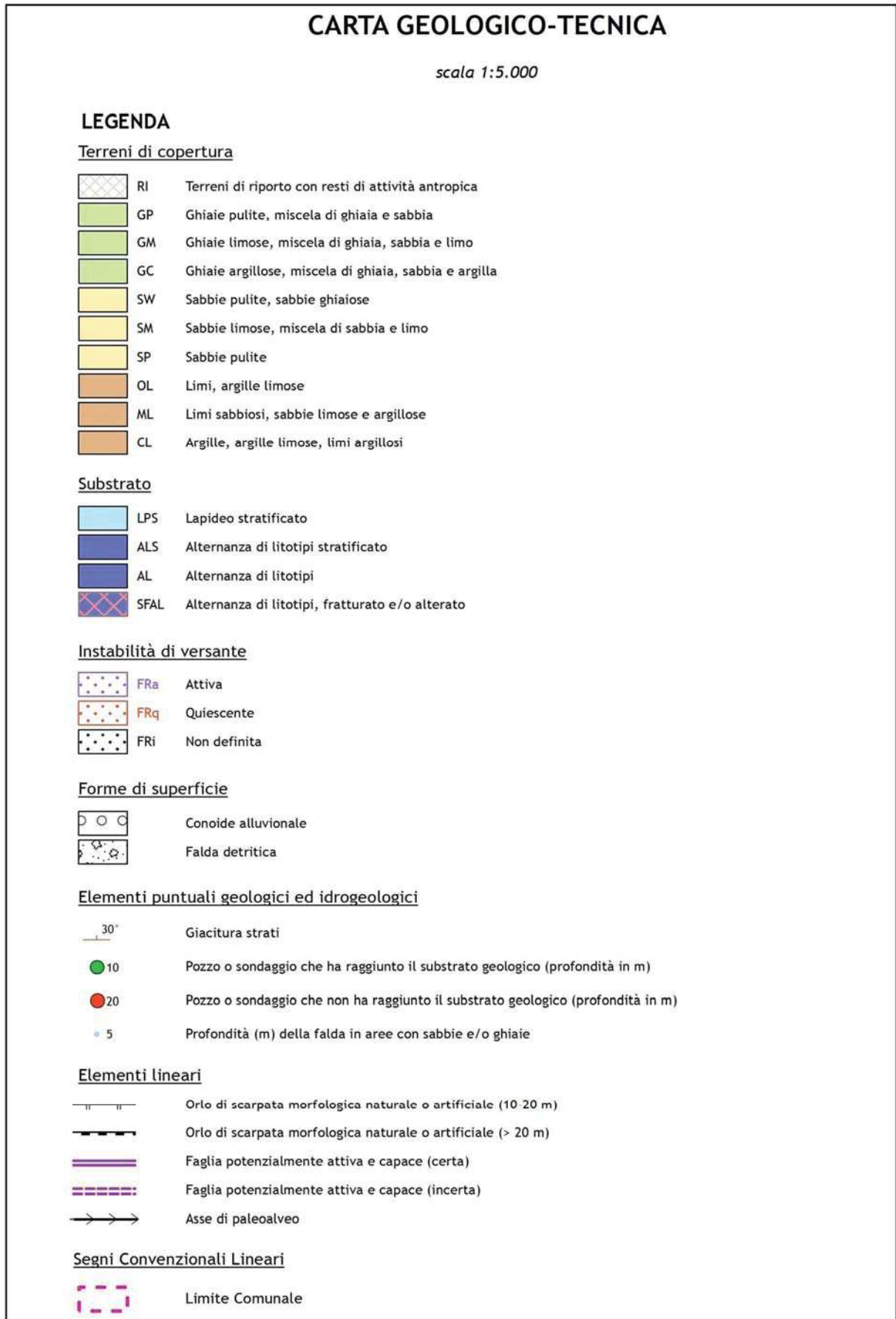


Figura 1 – Legenda della Carta Geologico-tecnica.

Legenda

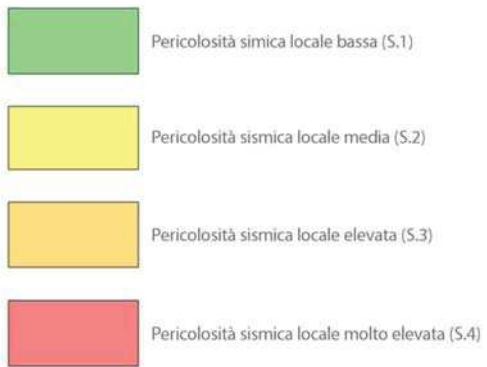
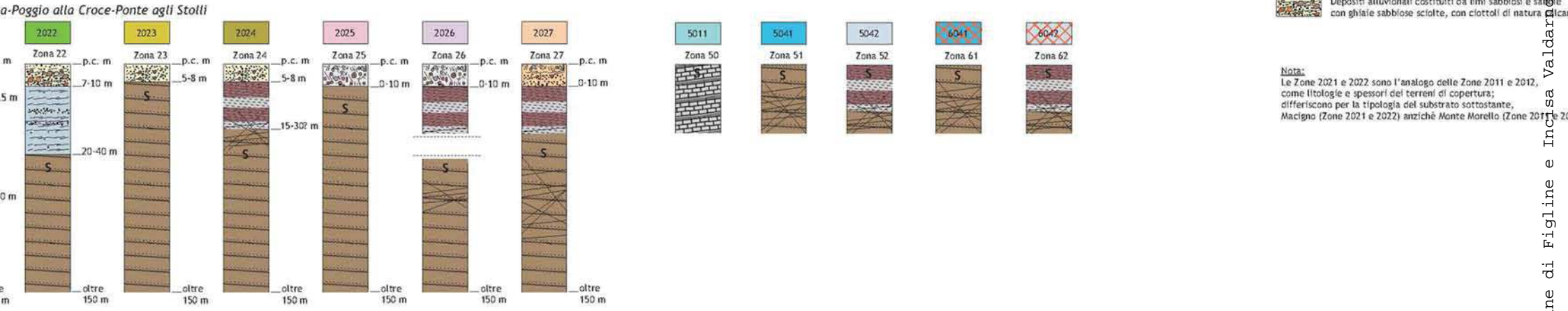
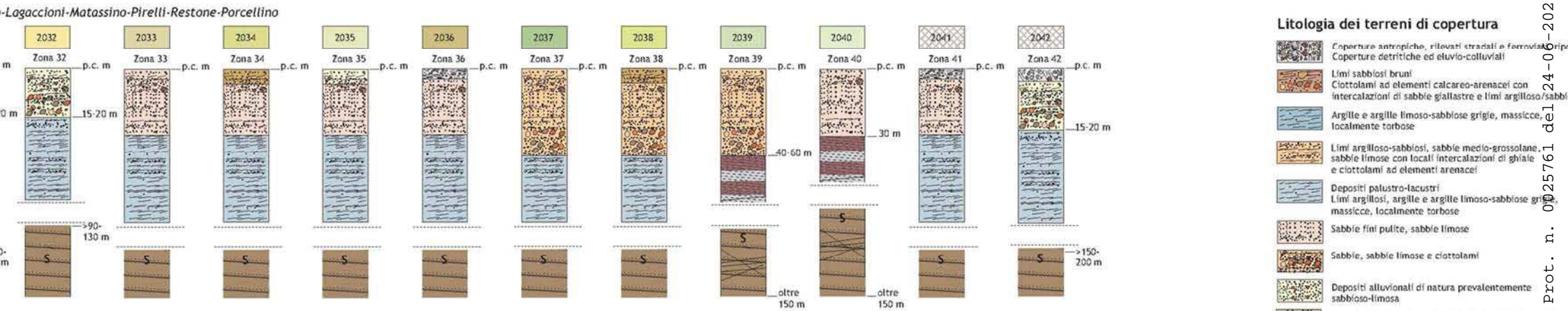
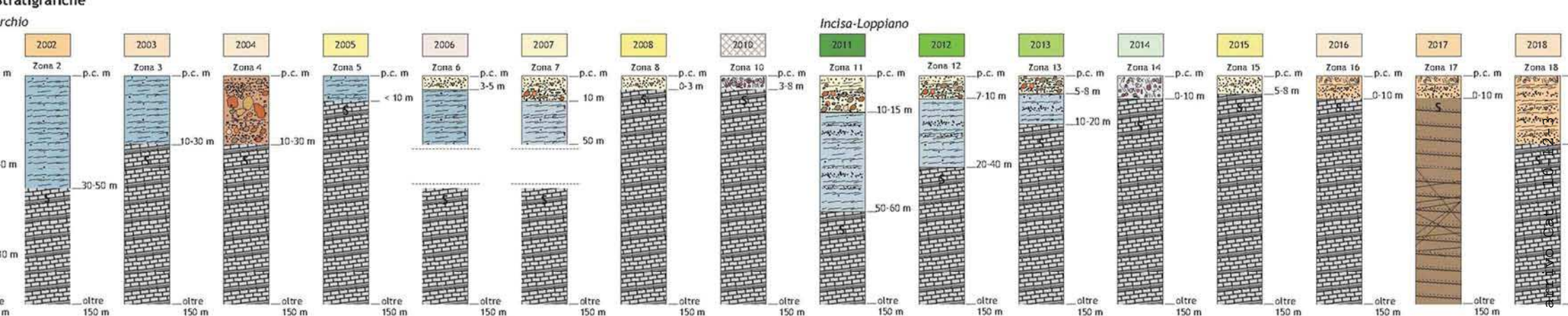


Figura 2 – Legenda della Carta della Pericolosità sismica.



Litologia dei terreni di copertura

- Coperture antropiche, rilievi stradali e ferroviari
- Coperture detritiche ed eluvio-colluviali
- Limi sabbiosi bruni
- Ciottolami ad elementi calcareo-arenacei con intercalazioni di sabbie galestriche e limi argilloso-sabbiosi
- Argille e argille limoso-sabbiose grigie, massicce, localmente torbide
- Limi argilloso-sabbiosi, sabbie medio-grossolane, sabbie limose con locali intercalazioni di ghiaie e ciottolami ad elementi arenacei
- Depositi palustro-lacustri
- Limi argillosi, argille e argille limoso-sabbiose grigie, massicce, localmente torbide
- Sabbie fini pulite, sabbie limose
- Sabbie, sabbie limose e ciottolami
- Depositi alluvionali di natura prevalentemente sabbioso-limosa
- Depositi alluvionali costituiti da limi sabbiosi e sabbie limose con ghiaie sabbiose sciolte, con ciottoli di natura calcarea

Nota:
Le Zone 2021 e 2022 sono l'analogo delle Zone 2011 e 2012, come litologie e spessori dei terreni di copertura; differiscono per la tipologia del substrato sottostante, Macigno (Zone 2021 e 2022) anziché Monte Morello (Zone 2011 e 2012).

ABILI

STRATIGRAFIA

Strato lapideo rigido stratificato
 Strati calcari e calcari marnosi con interstrati argillifici
 Strati prevalentemente arenarie calcaree

Strato rigido stratificato, alternanza di litotipi
 Strati torbiditici quarzoso-feldspatiche-micacee
 Strati pelitici

ZONE DI ATTENZIONE PER LE INSTABILITA'

ZA_{IN} - Zona di attenzione per instabilità di versante

ZA_{CD} - Zona di attenzione per Cedimenti differenziali

FORME DI SUPERFICIE

Forma detritica

ELEMENTI LINEARI

Orlo di scarpata morfologica naturale o artificiale (10-20 m)

Orlo di scarpata morfologica naturale o artificiale (> 20 m)

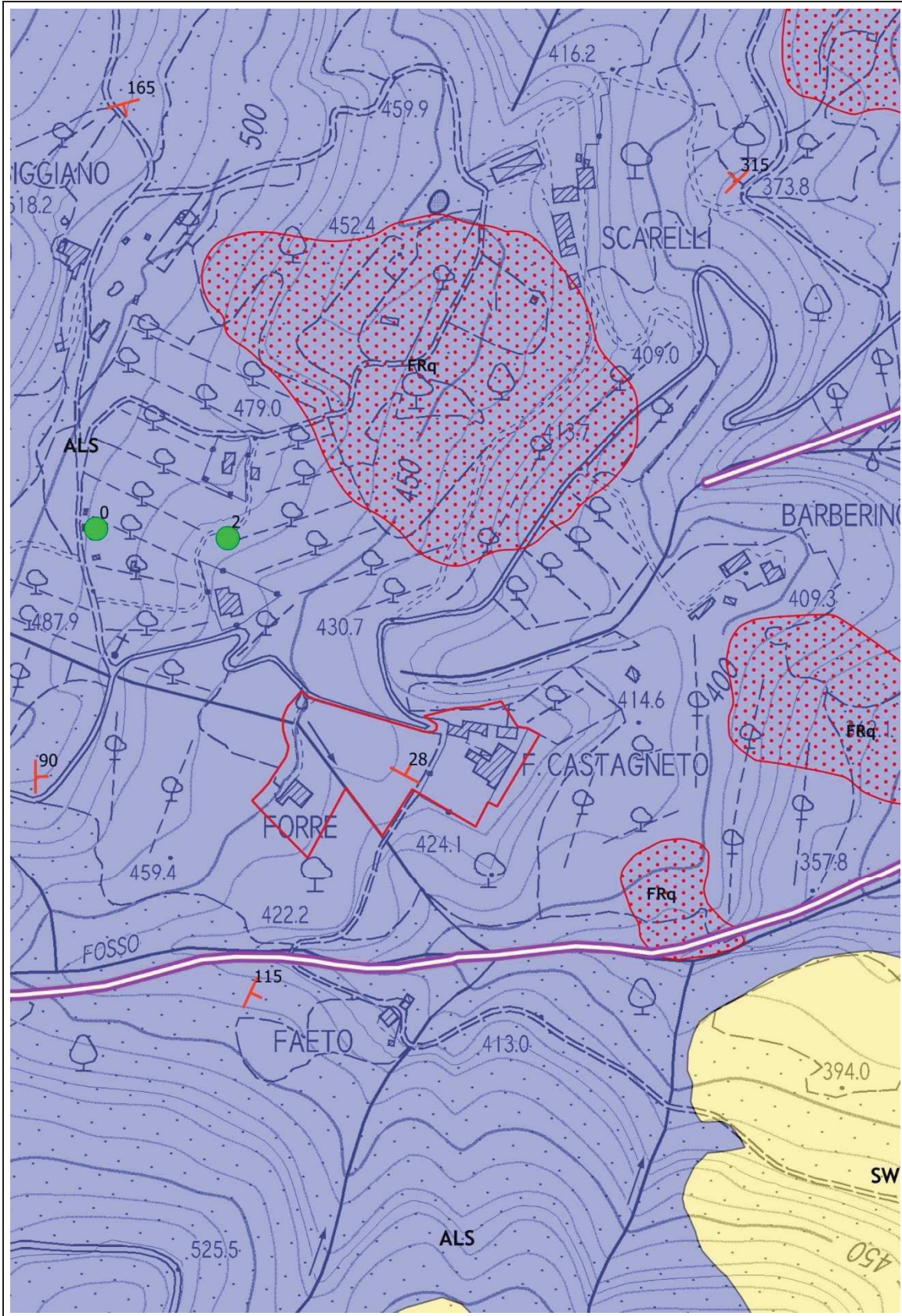
Faglia potenzialmente attiva e capace (certa)

Faglia potenzialmente attiva e capace (incerta)

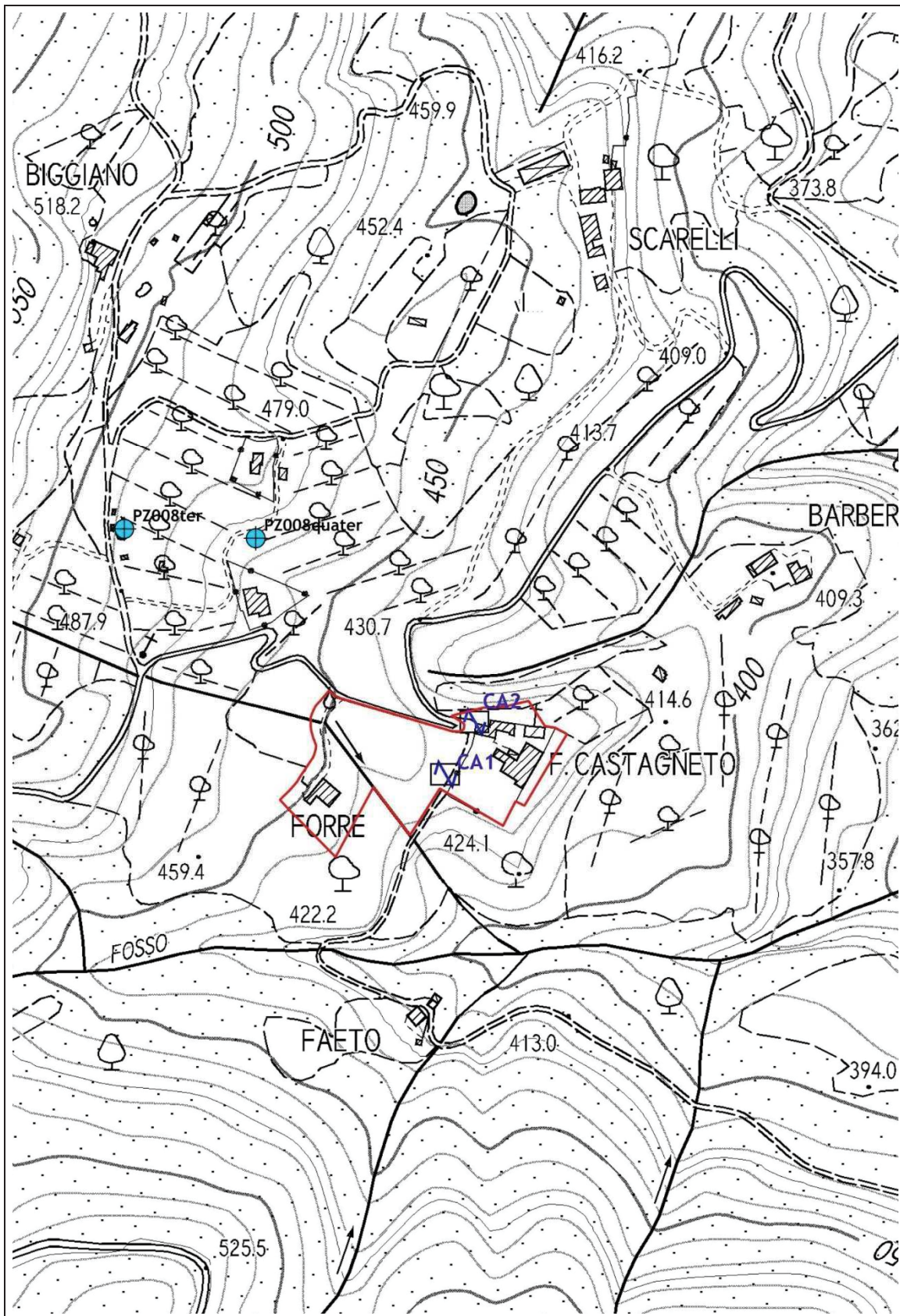
RUMORE AMBIENTALE

Stazione microtremore a staz...

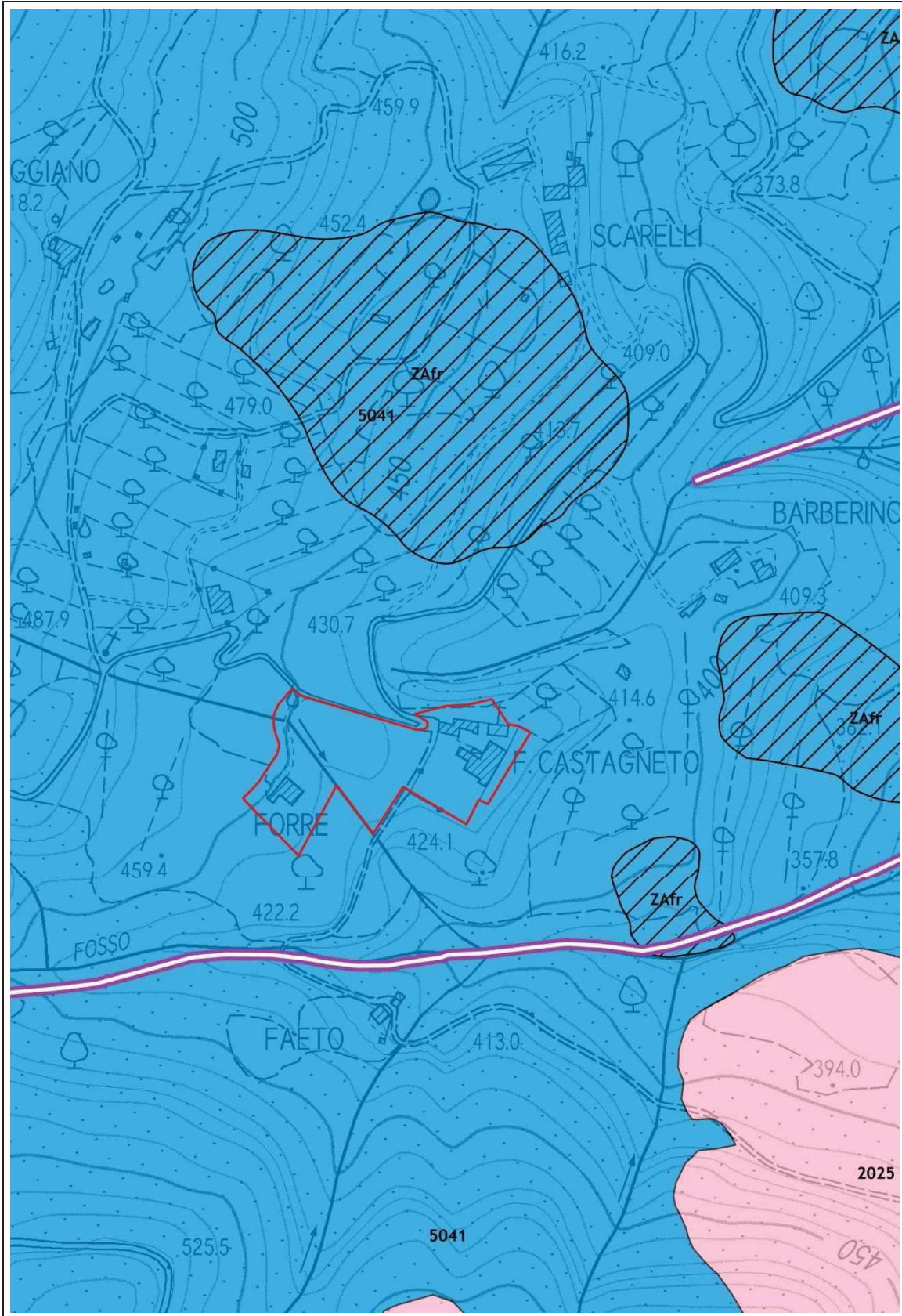
Array sismico (ESAC)



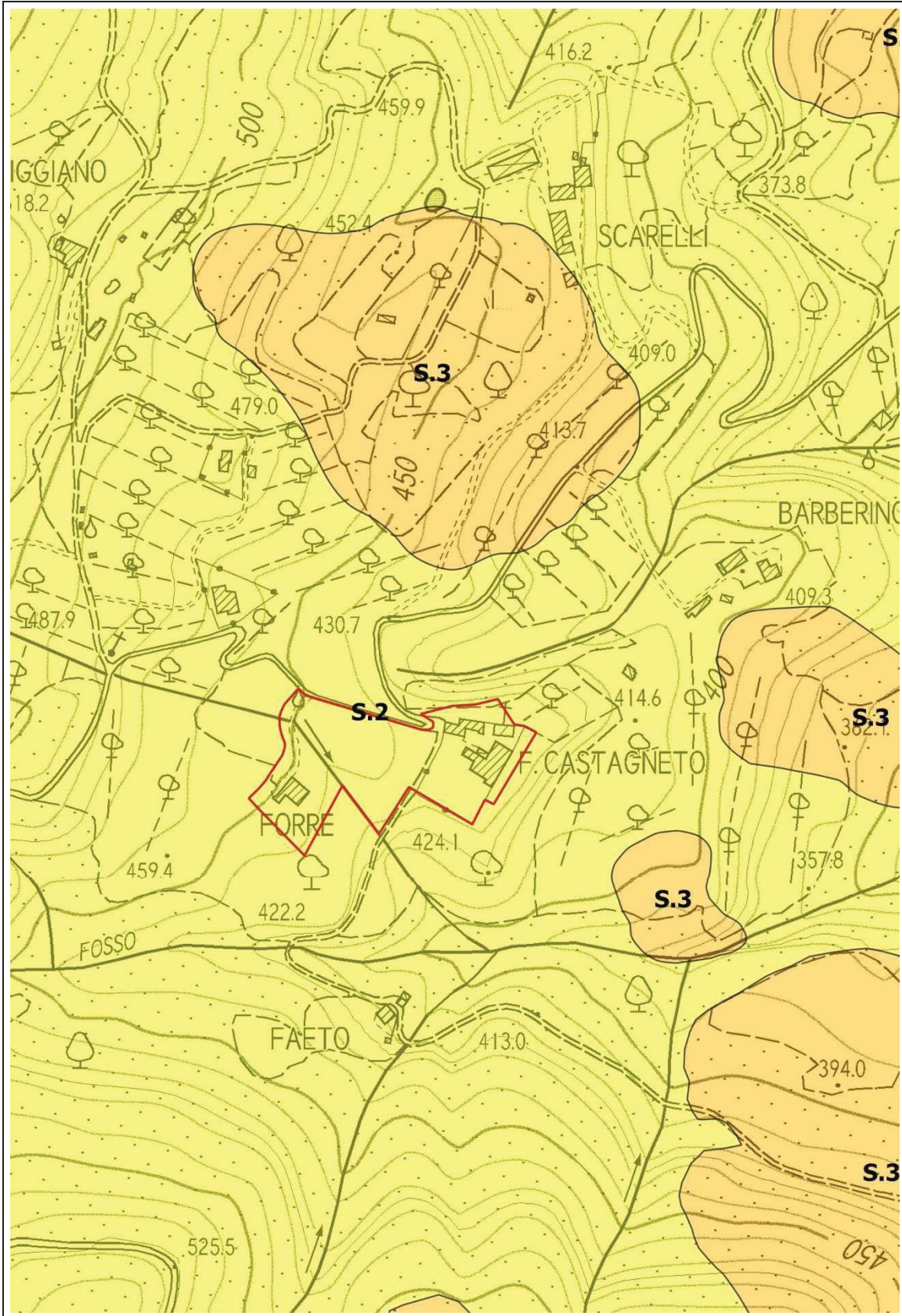
Intervento 2.10 PA 5.01 'Castagneto' – Carta geologico-tecnica, scala 1:5.000.



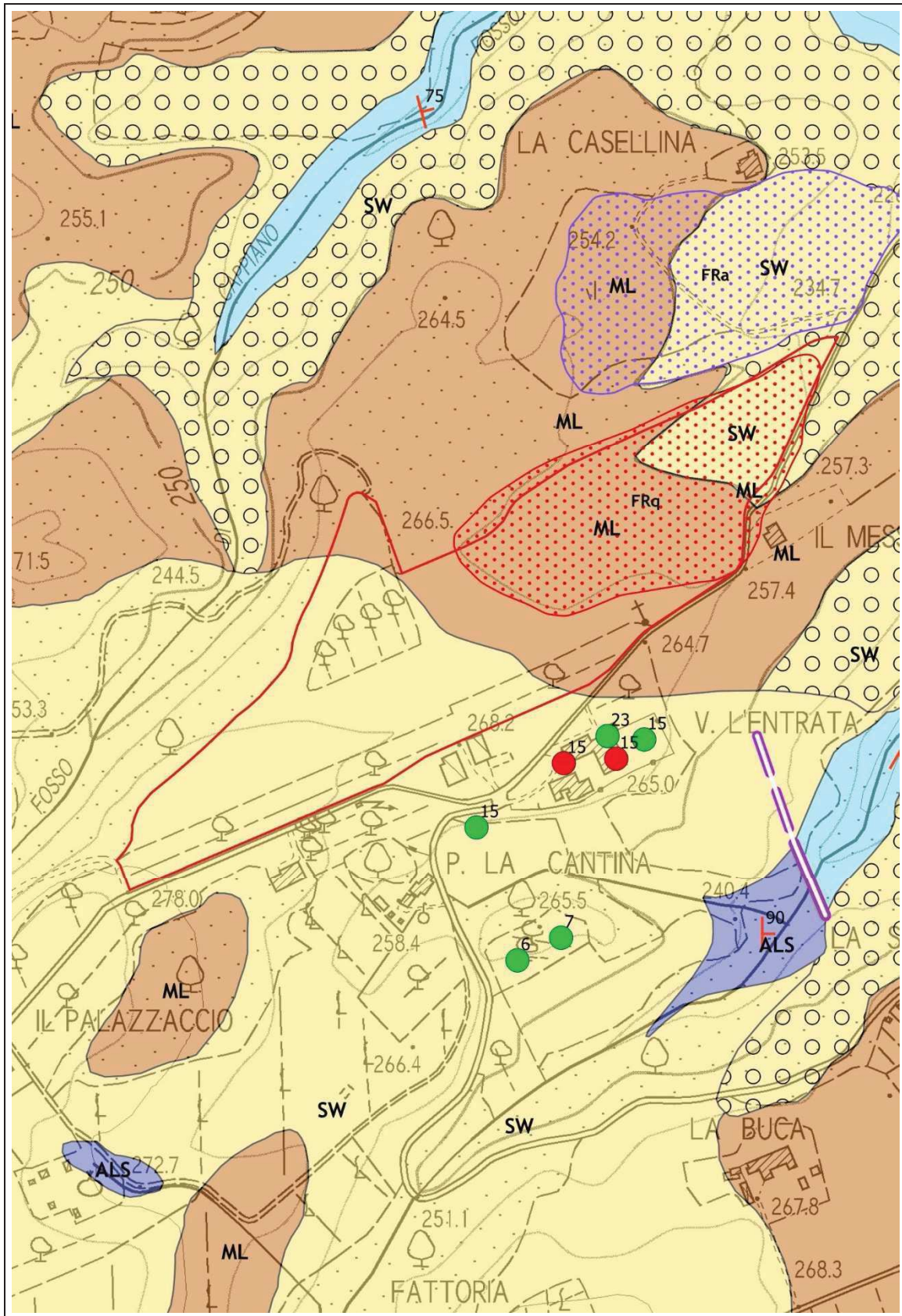
Intervento 2.10 PA 5.01 'Castagneto' – Carta delle Indagini, scala 1:5.000.



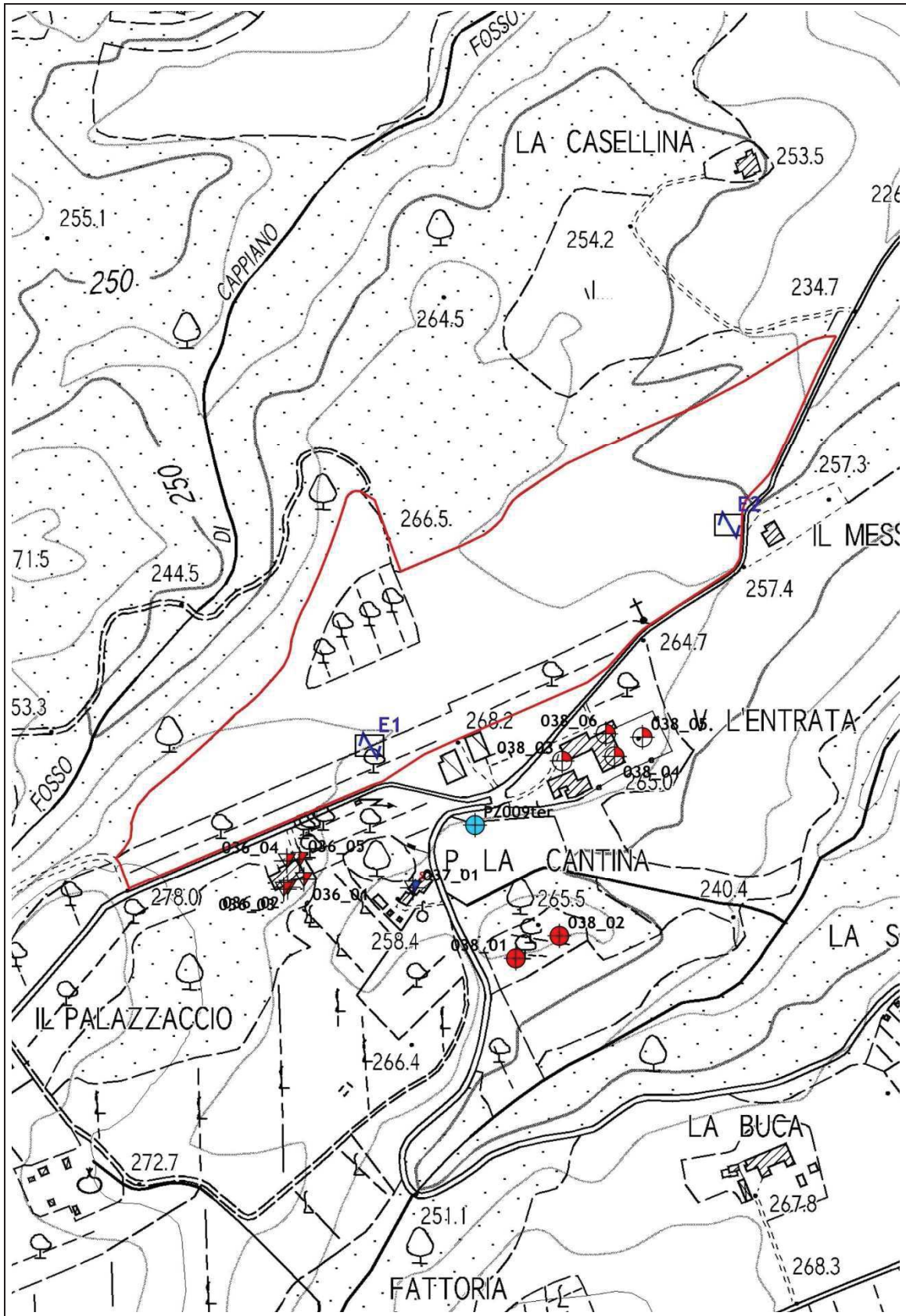
Intervento 2.10 PA 5.01 'Castagneto' – Carta delle MOPS, scala 1:5.000.



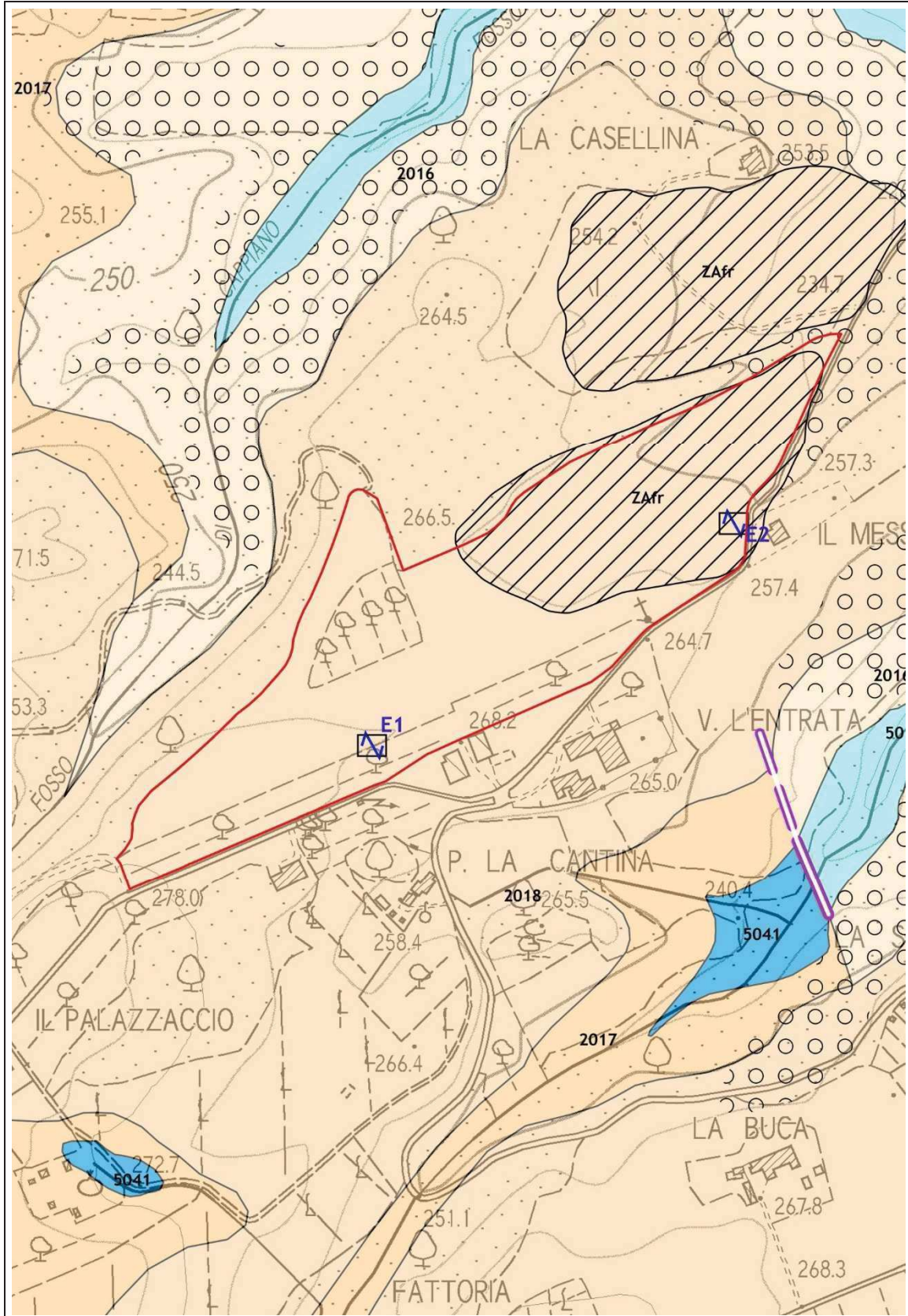
Intervento 2.10 PA 5.01 'Castagneto' – Carta della Pericolosità sismica locale, scala 1:5.000.



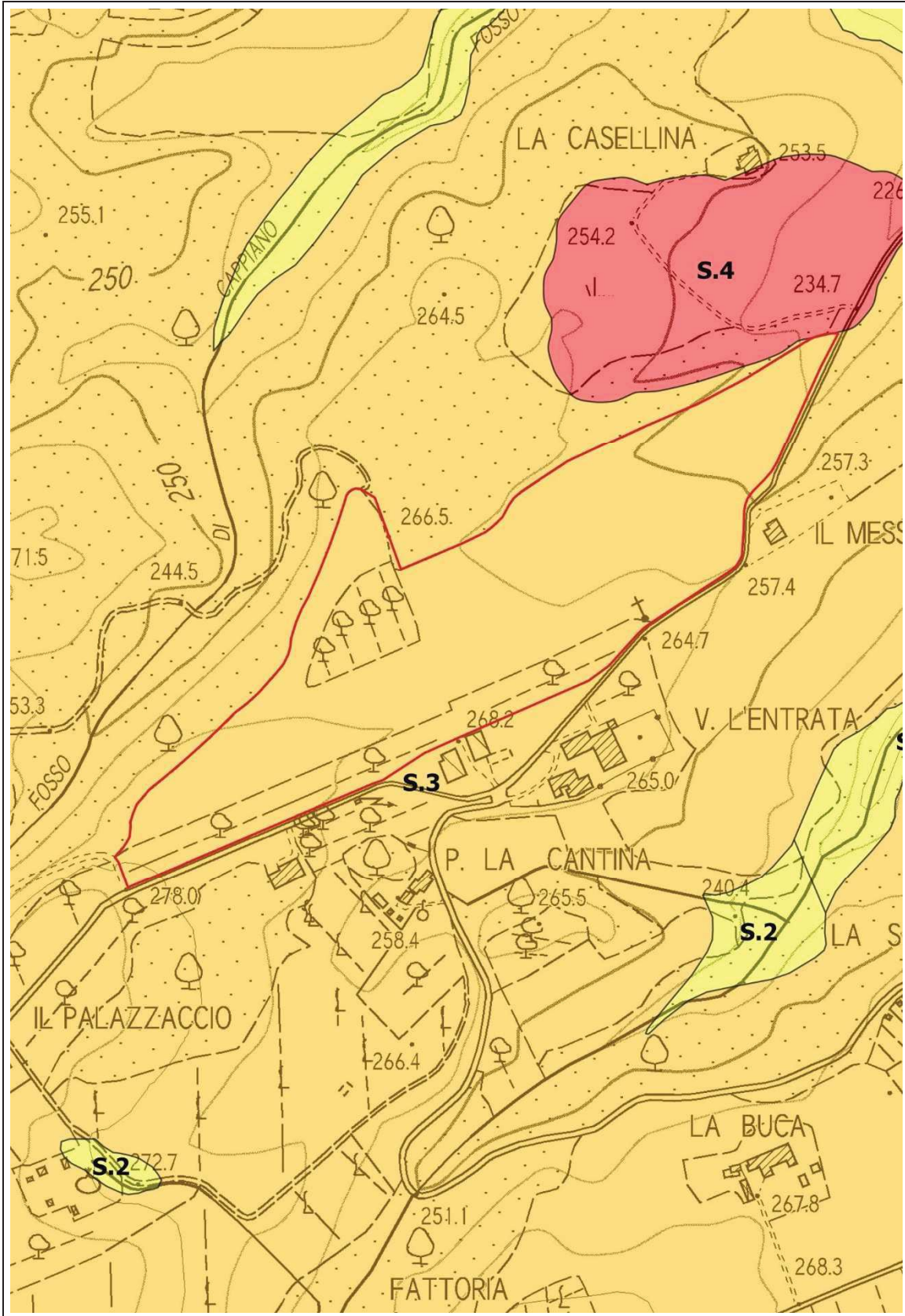
Intervento 3.10 PA 2.03 'L'Entrata' – Carta geologico-tecnica, scala 1:5.000.



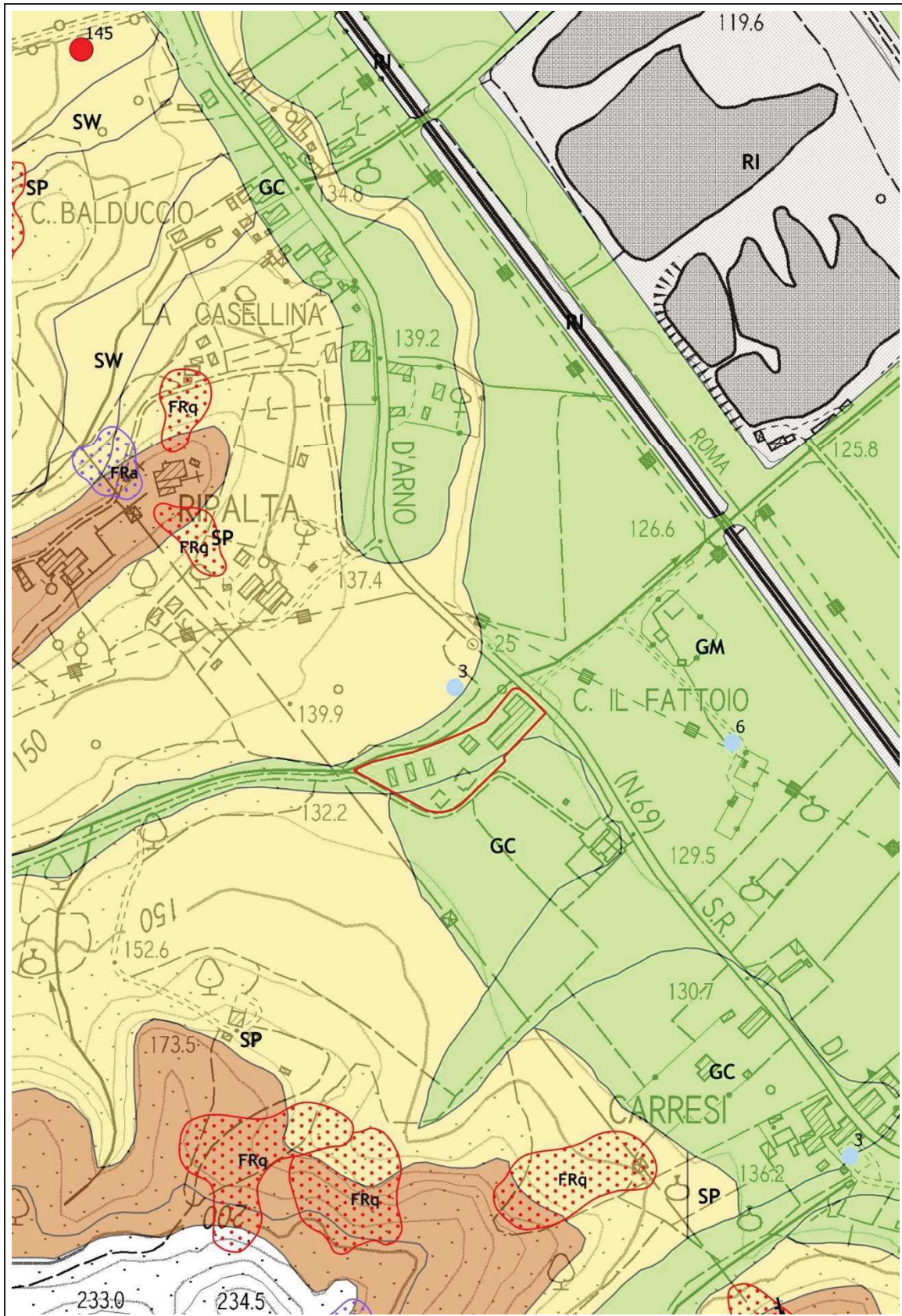
Intervento 3.10 PA 2.03 'L'Entrata' – Carta delle Indagini, scala 1:5.000.



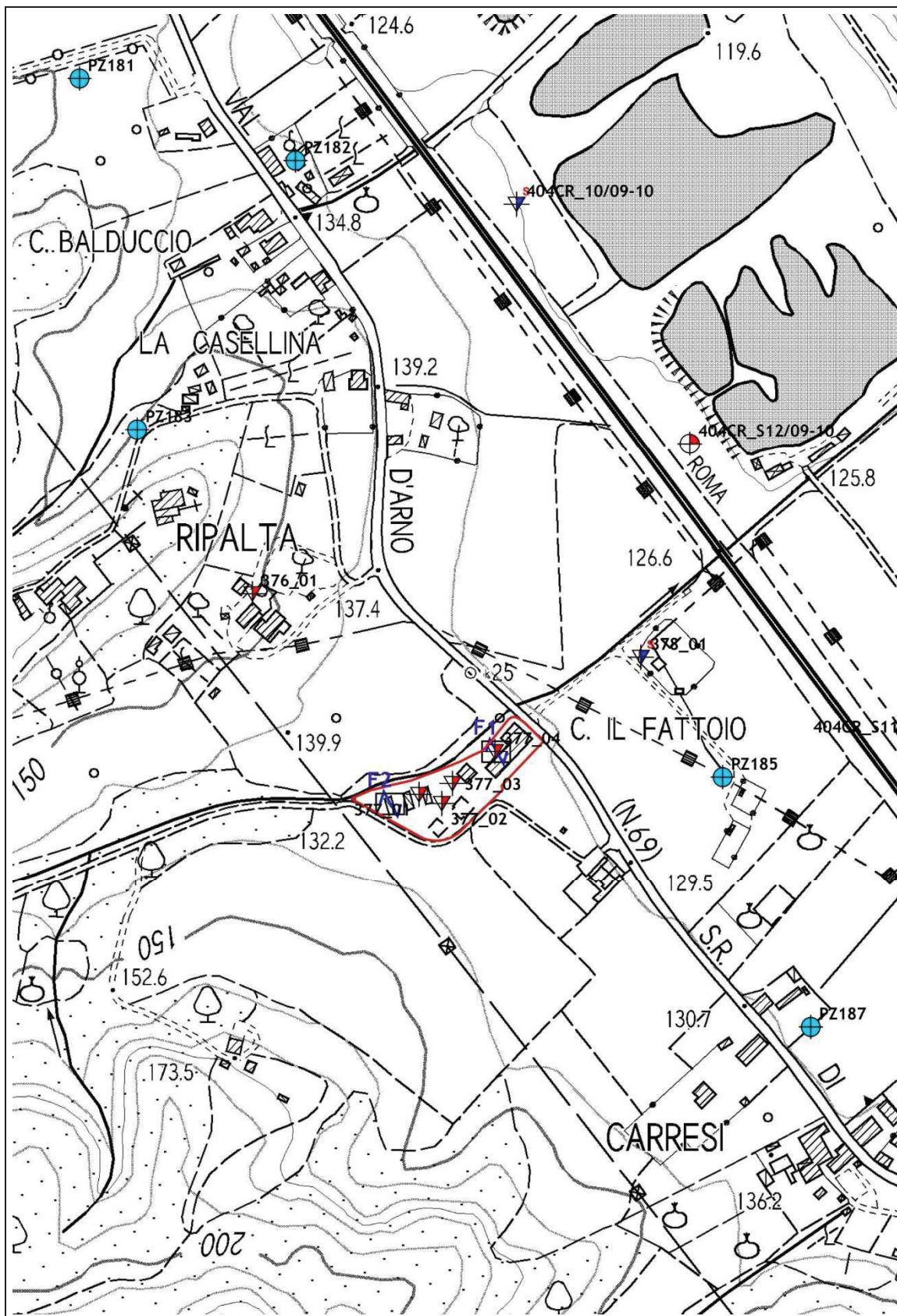
Intervento 3.10 PA 2.03 'L'Entrata' – Carta delle MOPS, scala 1:5.000.



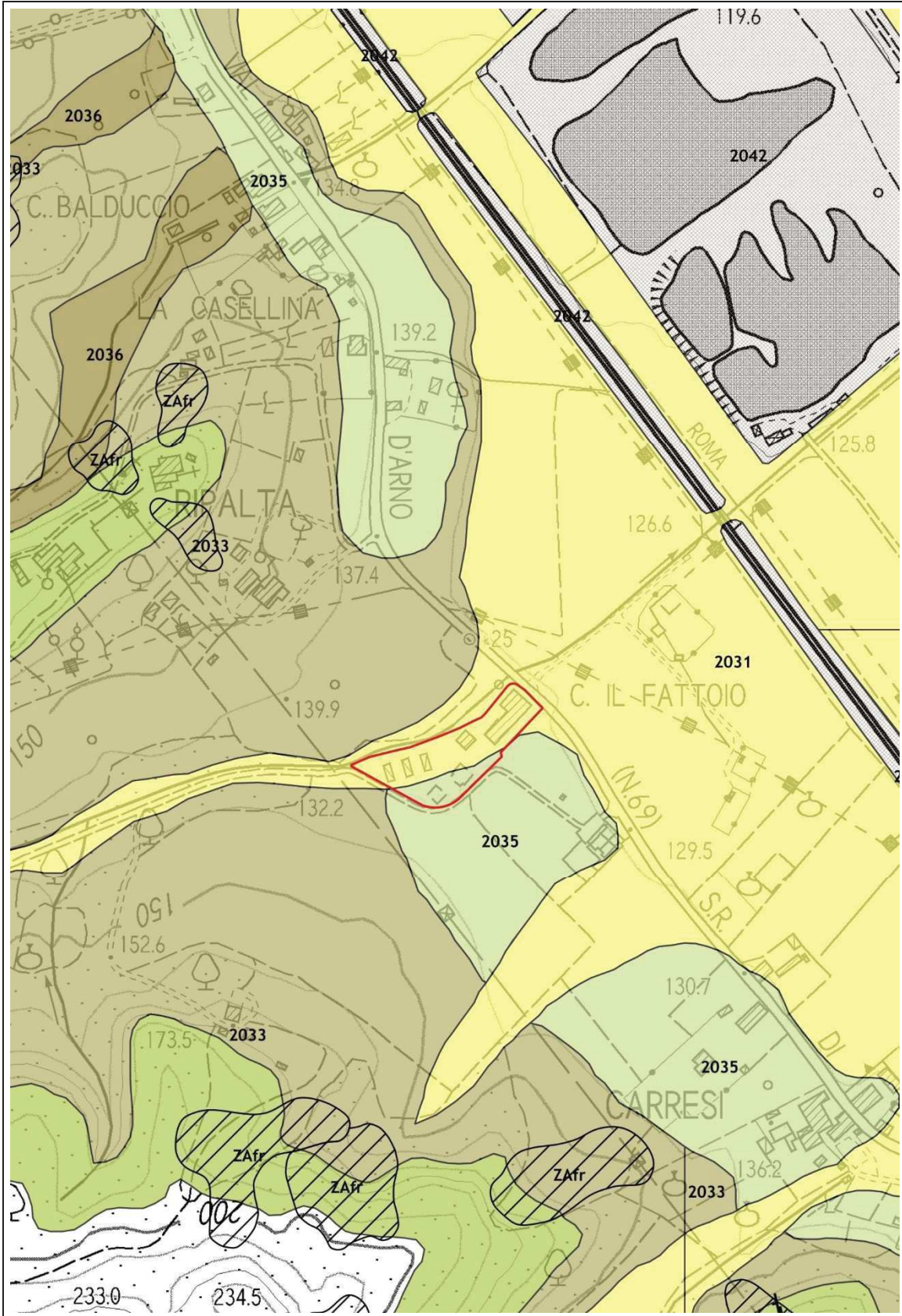
Intervento 3.10 PA 2.03 'L'Entrata' – Carta della Pericolosità sismica, scala 1:5.000.



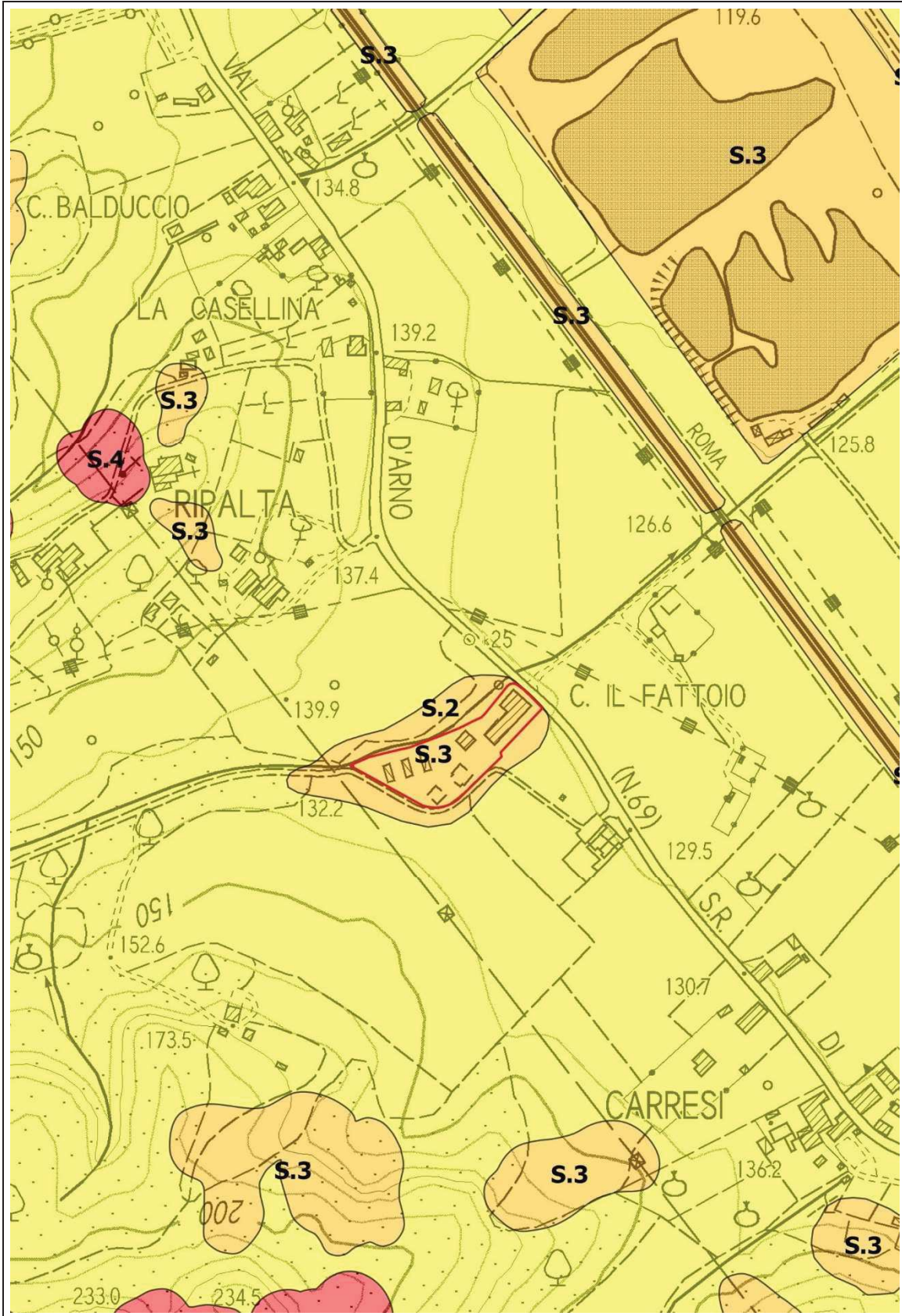
Intervento 10.10 IR PUC1 'Il Fattoio' – Carta geologico-tecnica, scala 1:5.000.



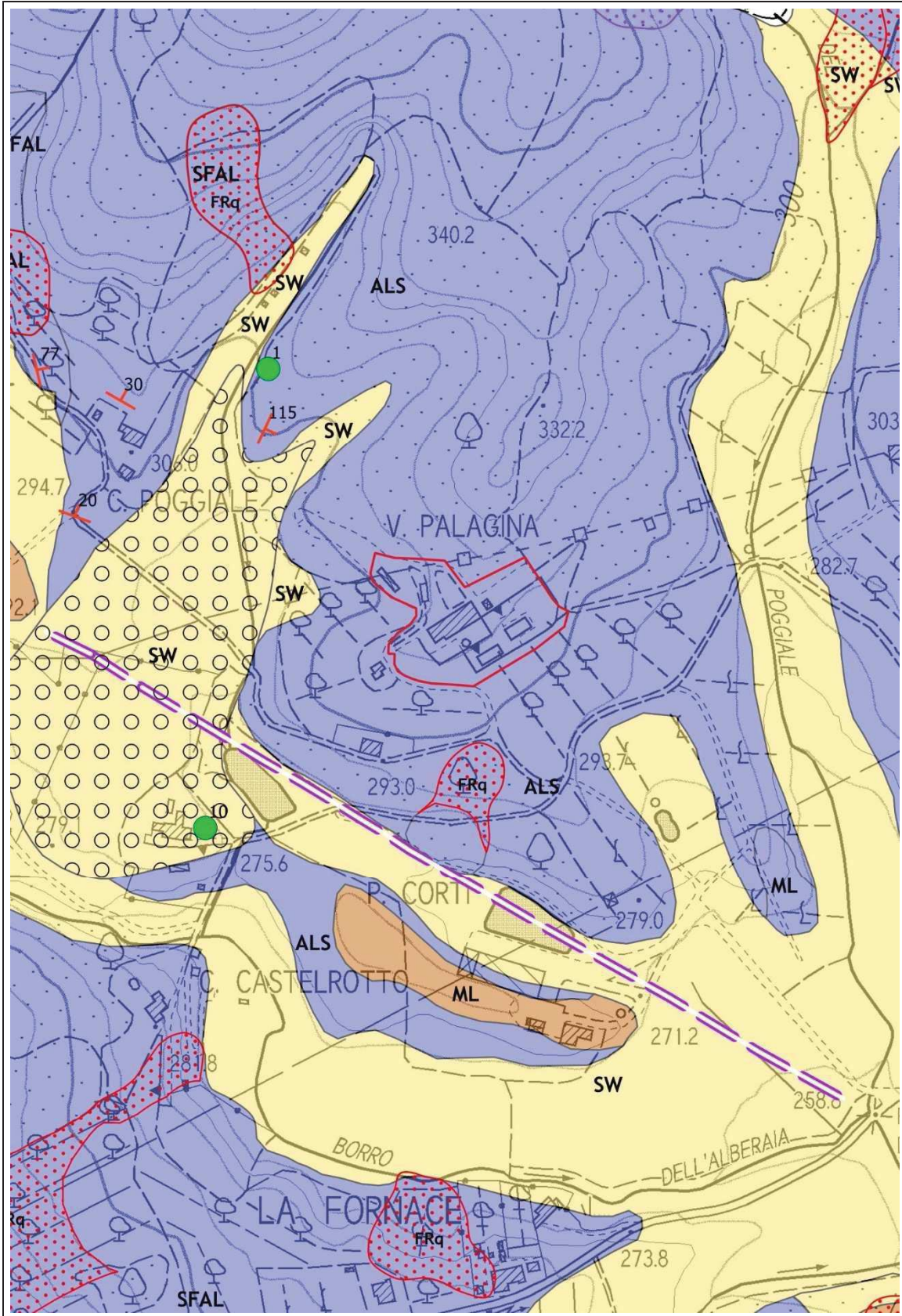
Intervento 10.10 IR PUC1 'Il Fattoio' – Carta delle Indagini, scala 1:5.000.



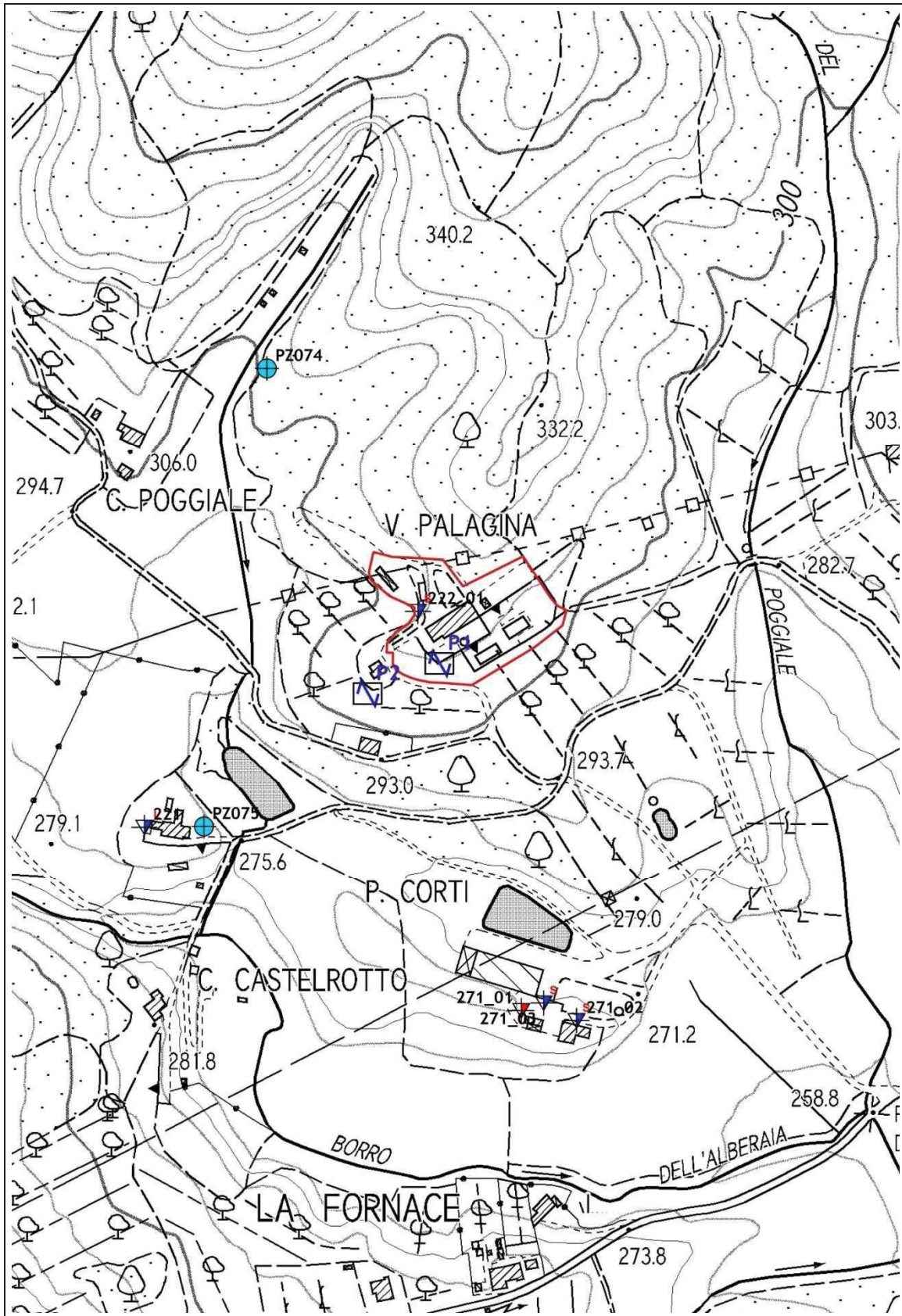
Intervento 10.10 IR PUC1 'Il Fattoio' – Carta delle MOPS, scala 1:5.000.



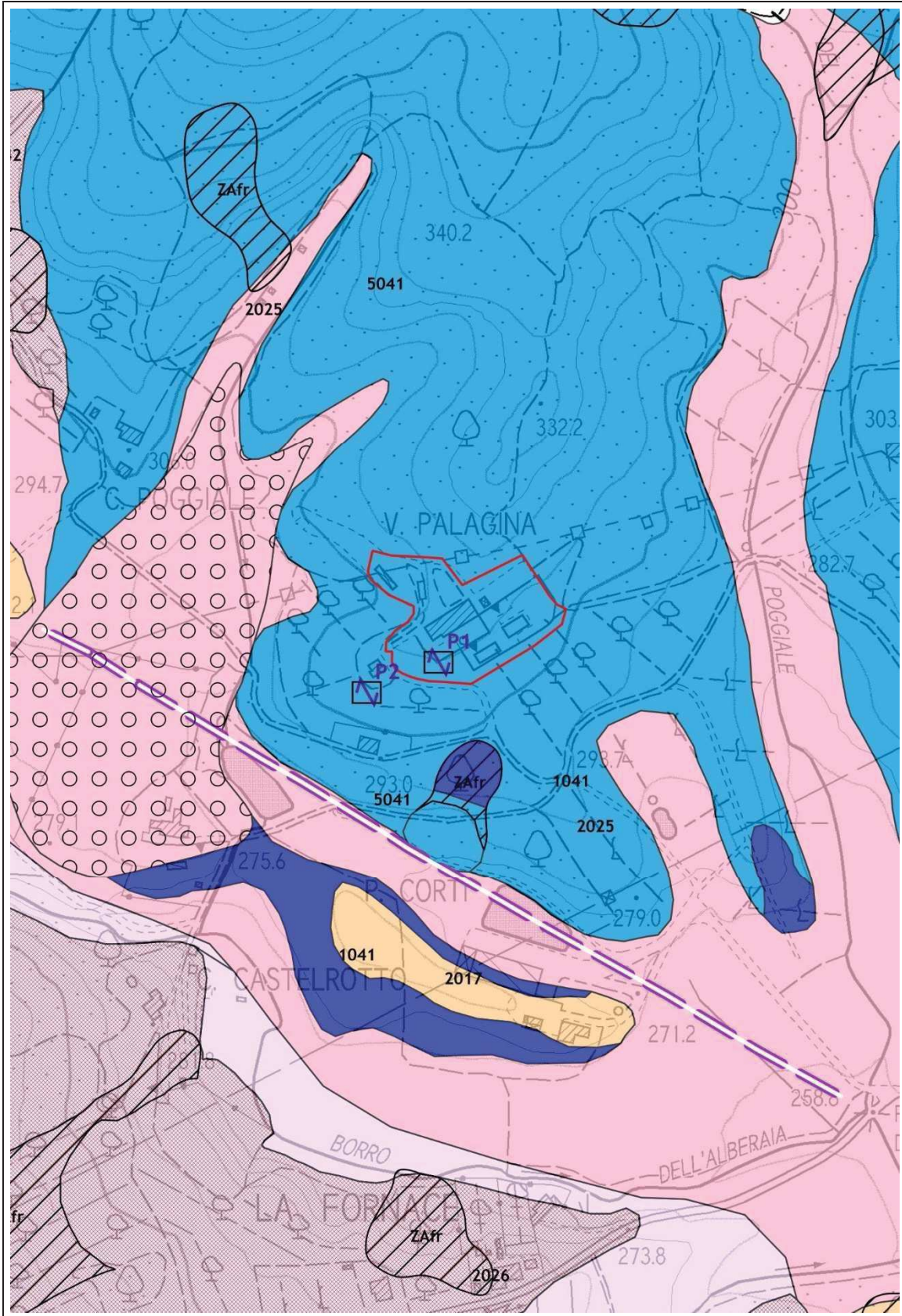
Intervento 10.10 IR PUC1 'Il Fattoio' – Carta della Pericolosità sismica, scala 1:5.000.



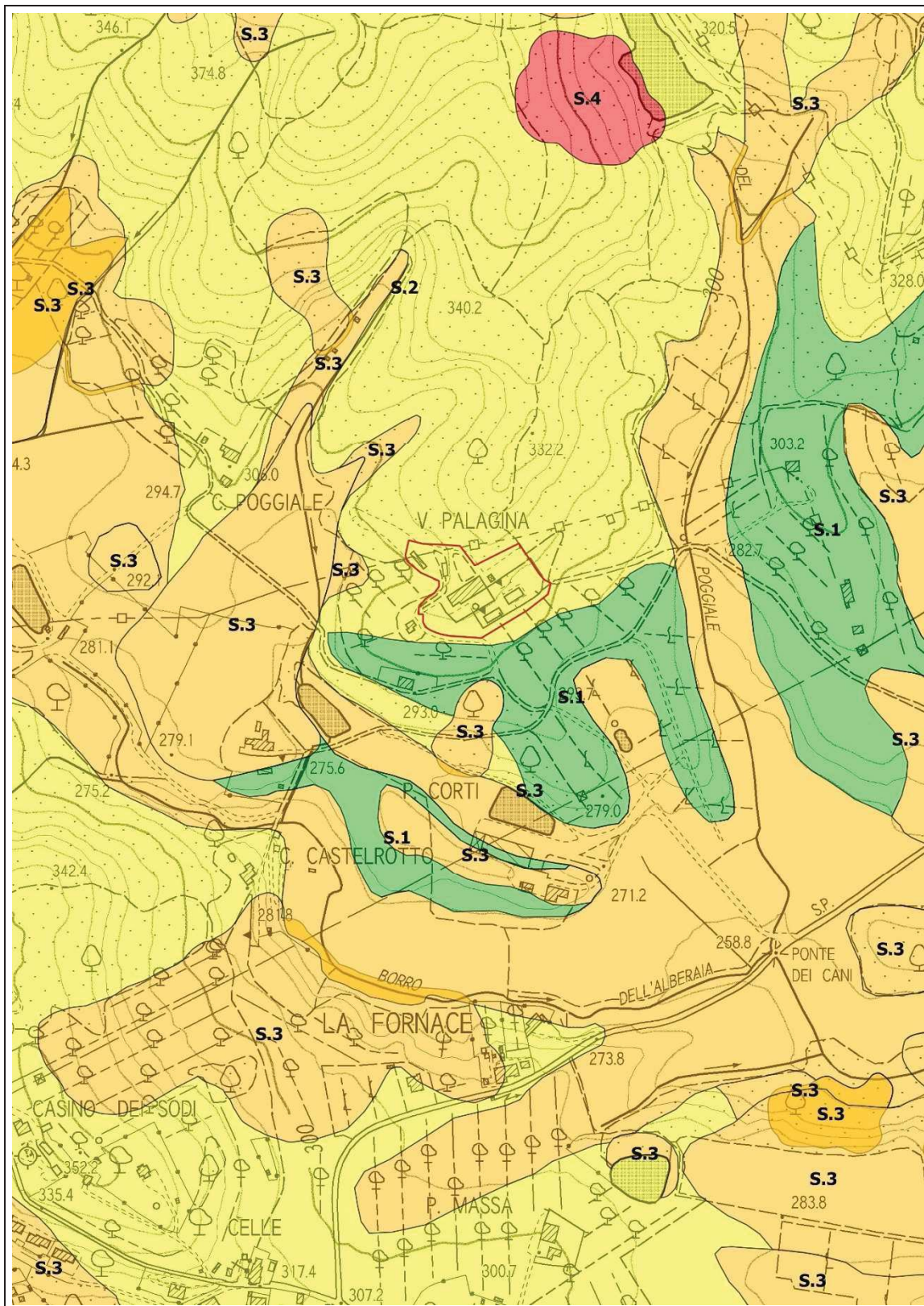
Intervento 10.15 IC3.12 'La Palagina' – Carta geologico-tecnica, scala 1:5.000.



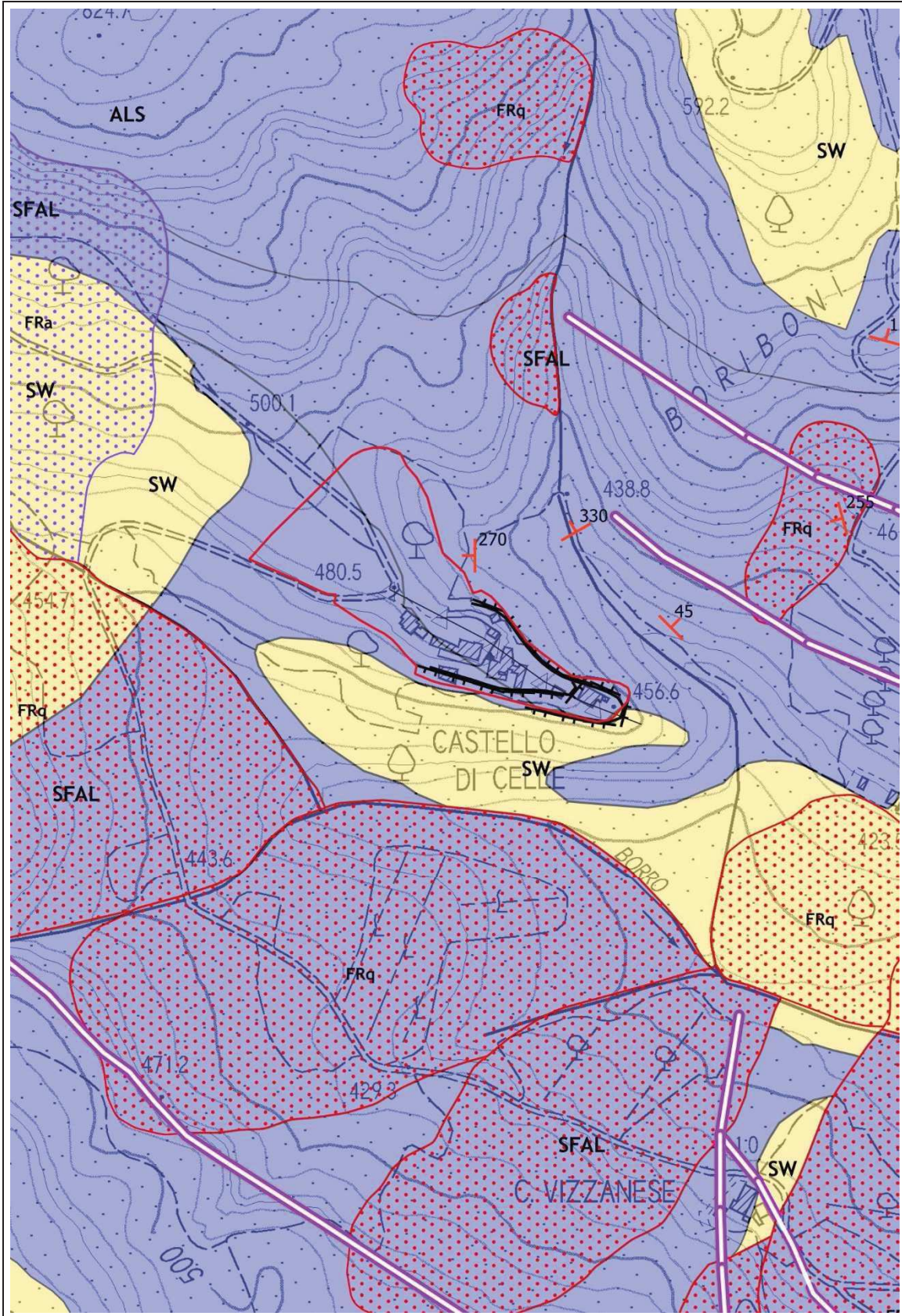
Intervento 10.15 IC3.12 'La Palagina' – Carta delle Indagini, scala 1:5.000.



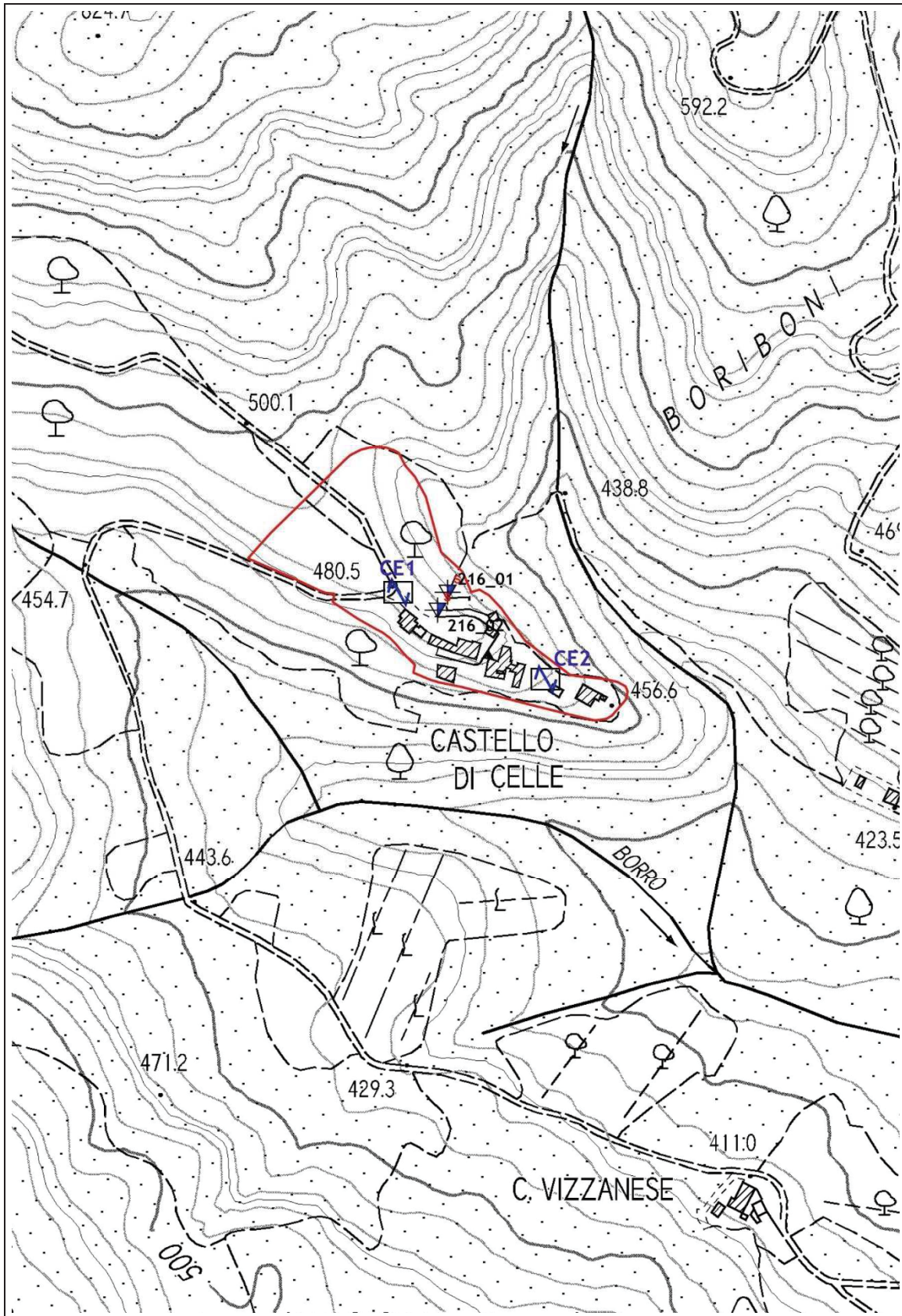
Intervento 10.15 IC3.12 'La Palagina' – Carta delle MOPS, scala 1:5.000.



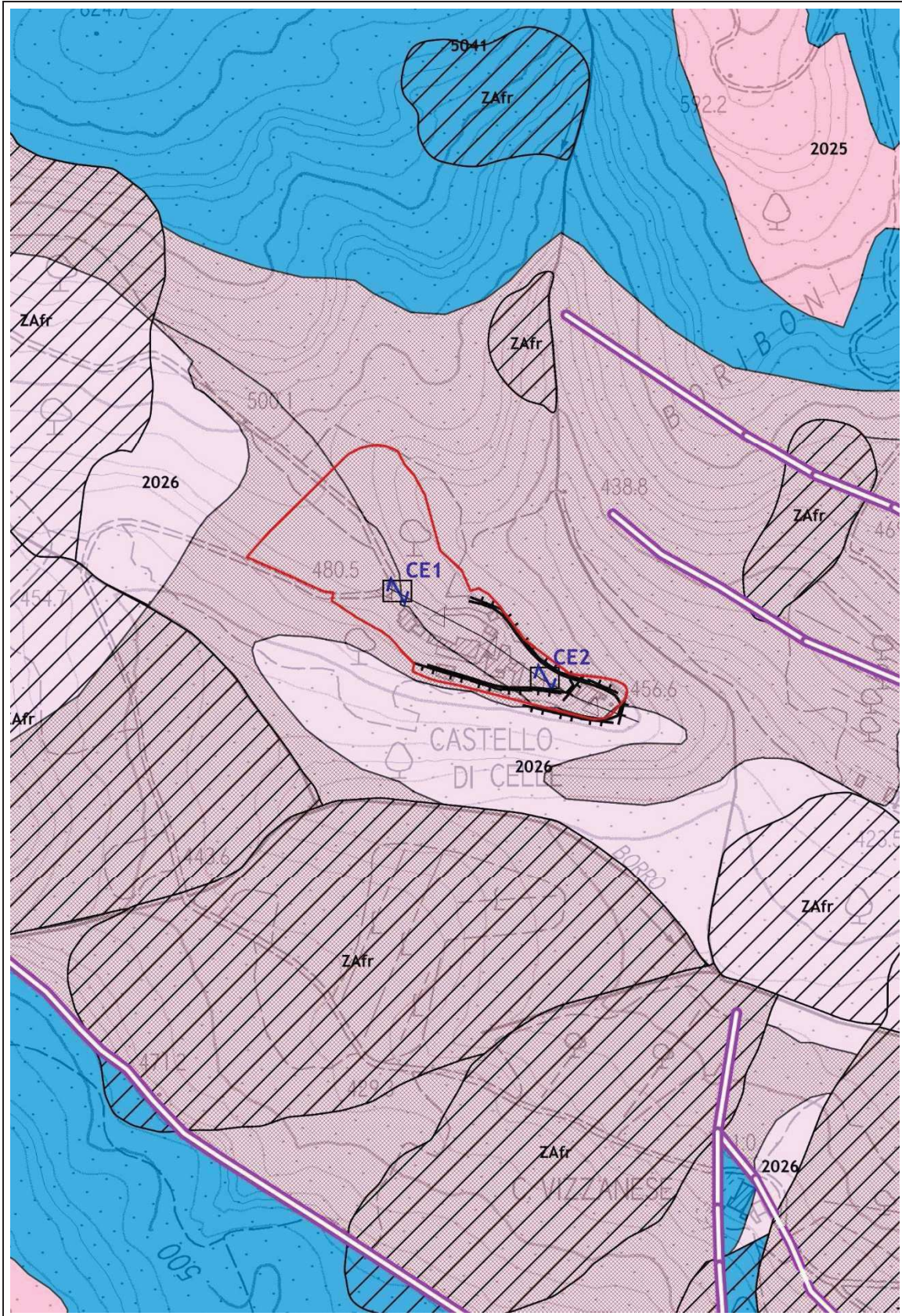
Intervento 10.15 IC3.12 'La Palagina' – Carta della Pericolosità sismica, scala 1:5.000.



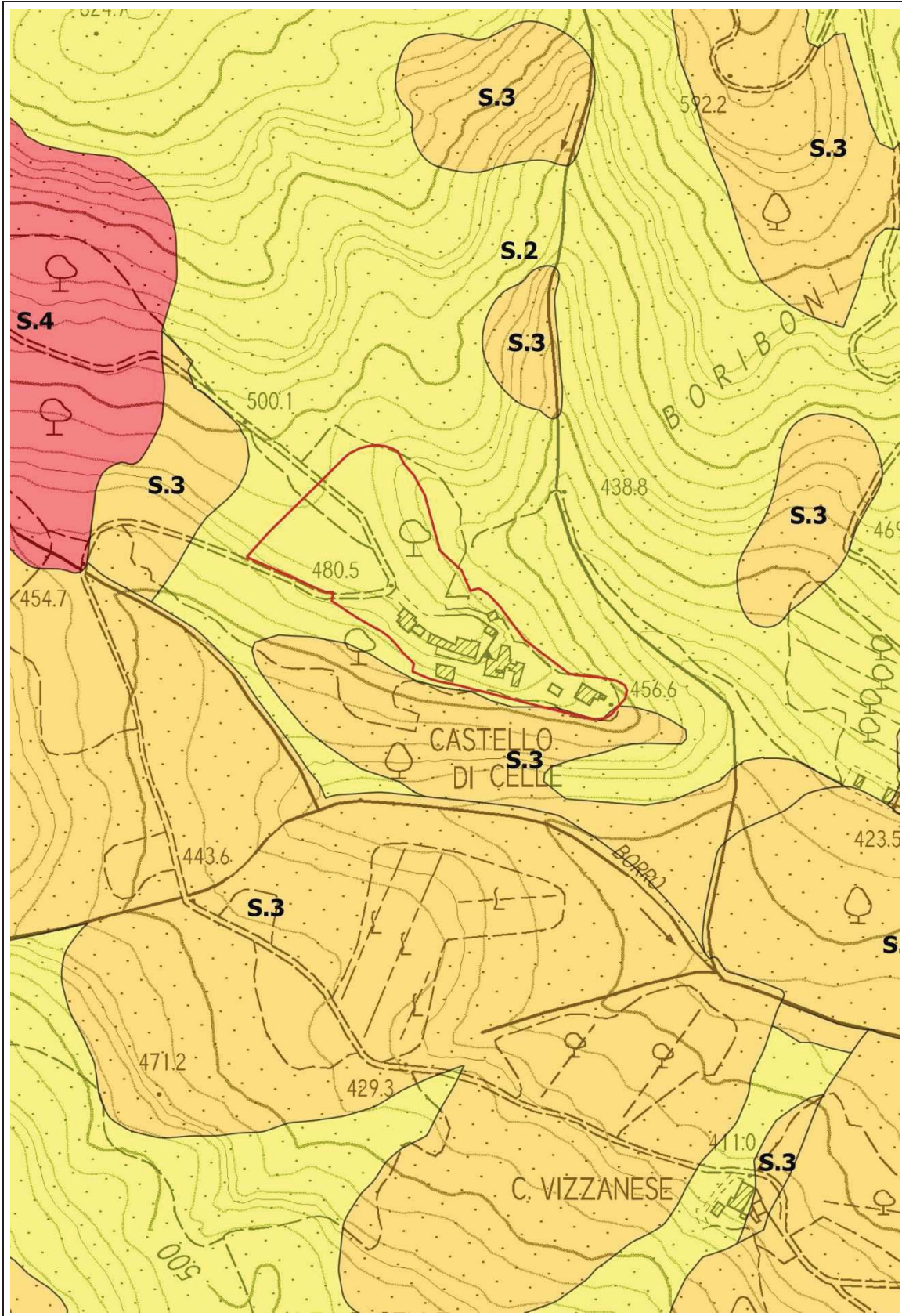
Intervento 16.10 PTA2 'Castello di Celle' – Carta geologico-tecnica, scala 1:5.000.



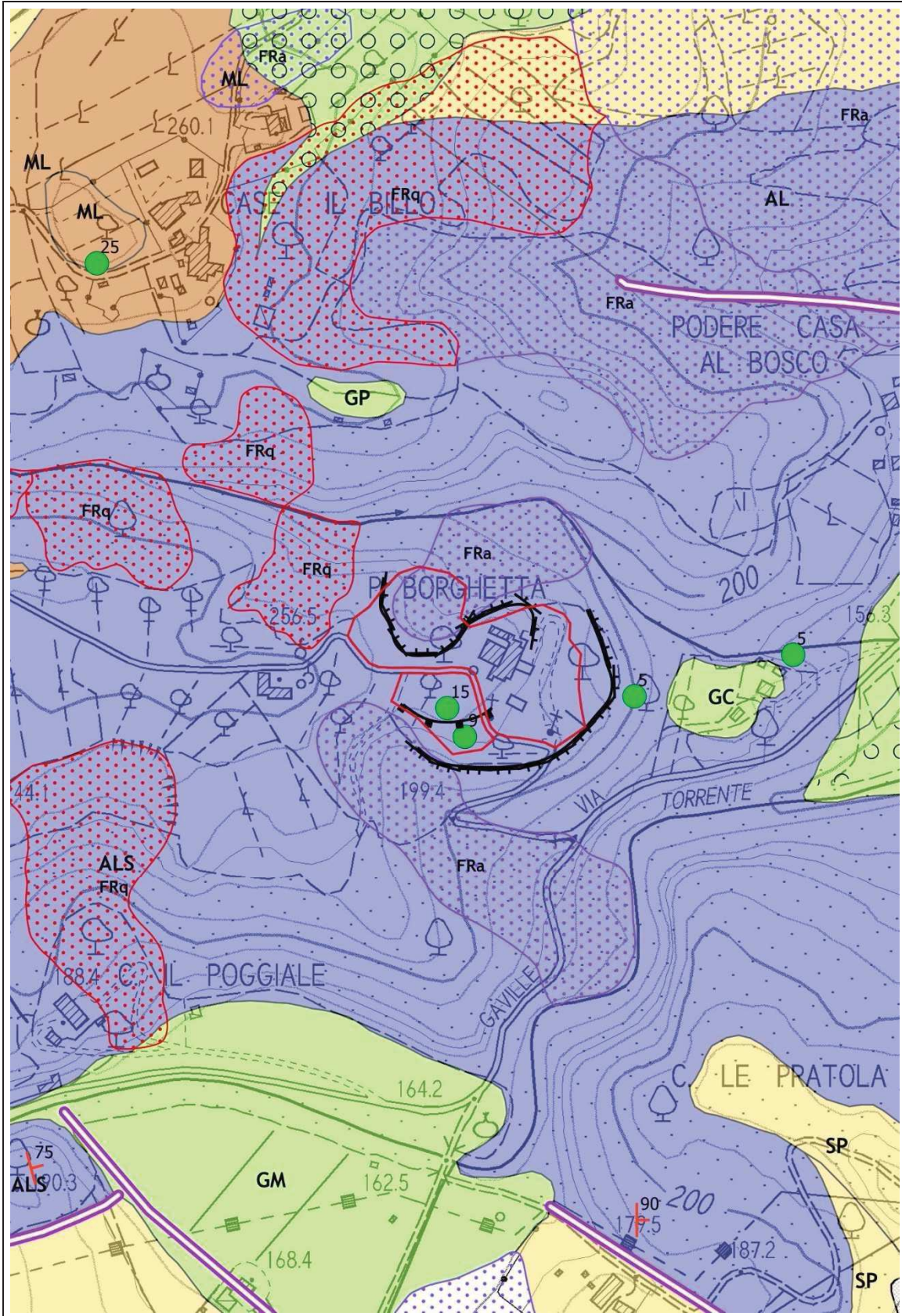
Intervento 16.10 PTA2 'Castello di Celle' – Carta delle Indagini, scala 1:5.000.



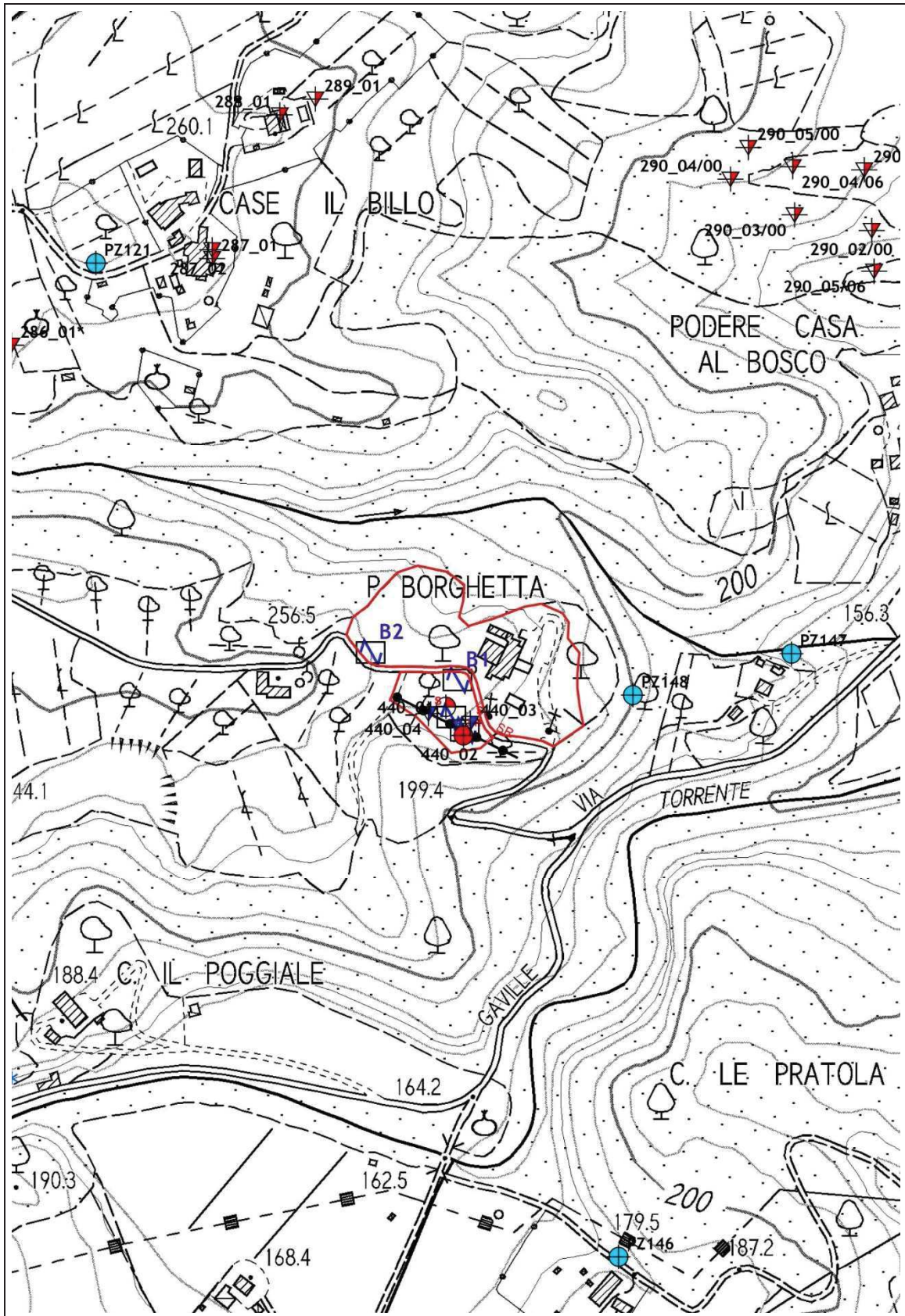
Intervento 16.10 PTA2 'Castello di Celle' – Carta delle MOPS, scala 1:5.000.



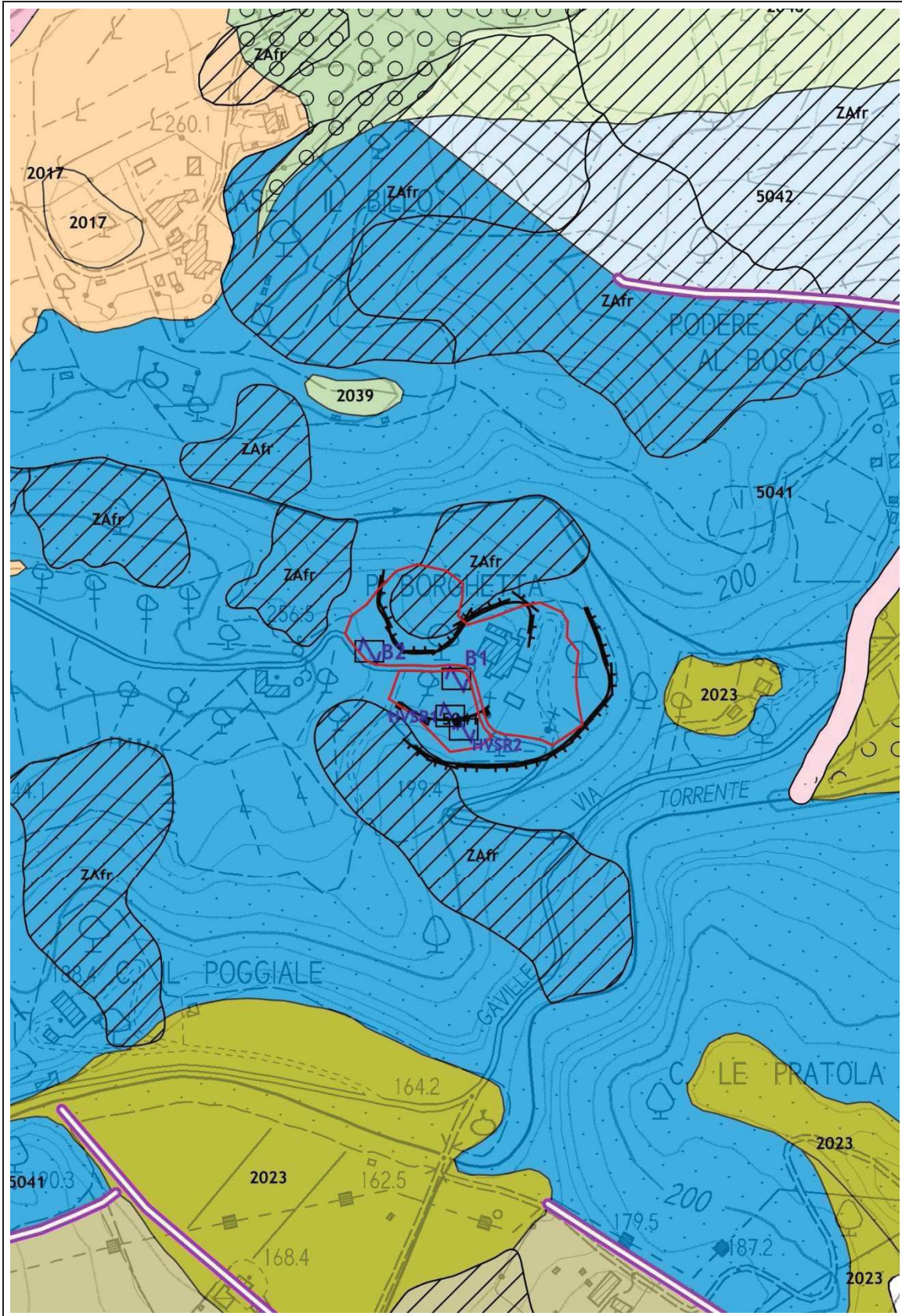
Intervento 16.10 PTA2 'Castello di Celle' – Carta della Pericolosità sismica, scala 1:5.000.



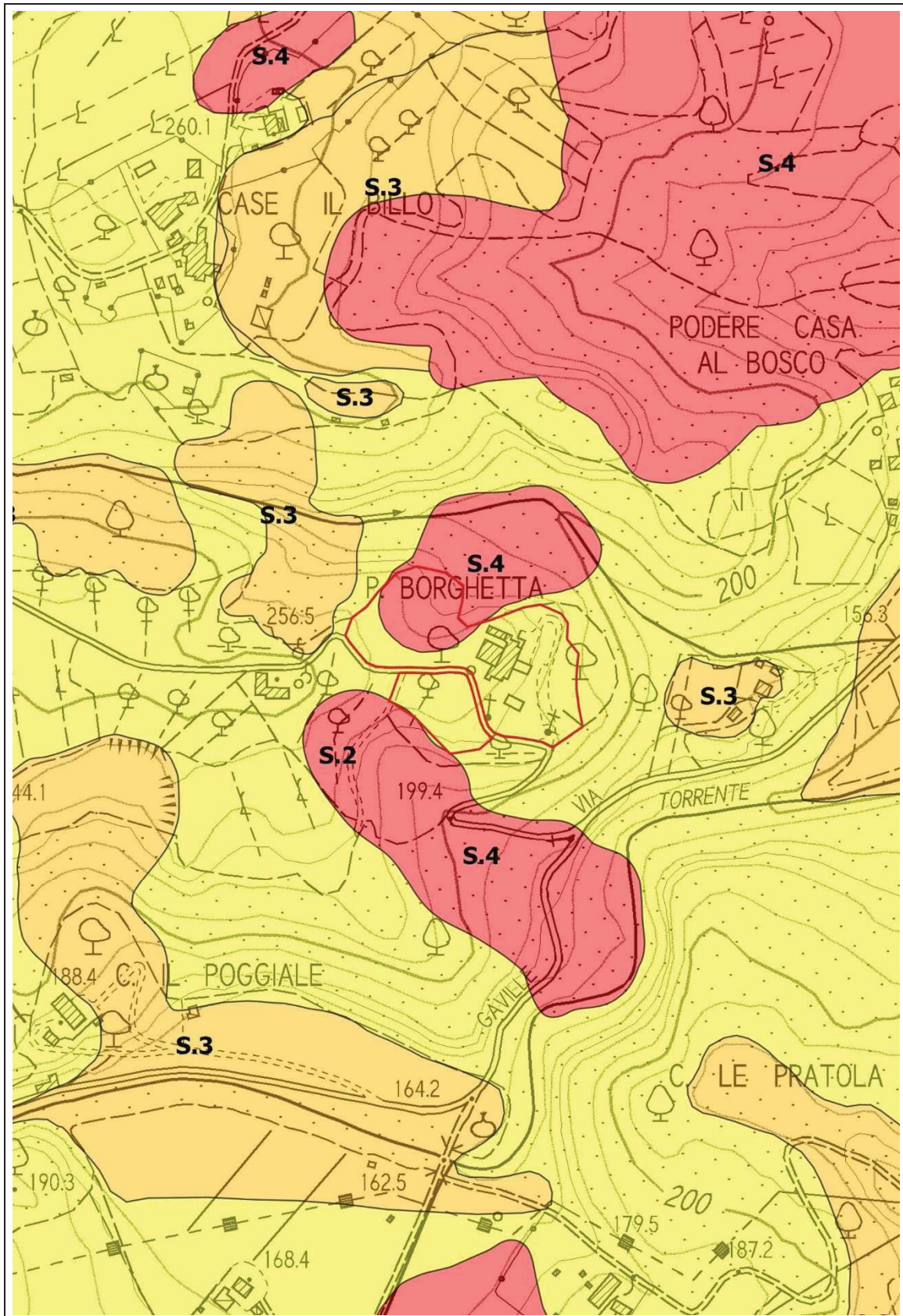
Intervento 12.10k IC3.14 'La Borghetta' – Carta geologico-tecnica, scala 1:5.000.



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 sismica 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 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. $n_c = l_w \cdot n_w \cdot f_0 > 200$, 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 nei 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_0 [Hz]	Minimum value for l_w [s]	Minimum number of significant cycles (n_c)	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 σ_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]	$0.25 f_0$	$0.20 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
Log $\theta(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

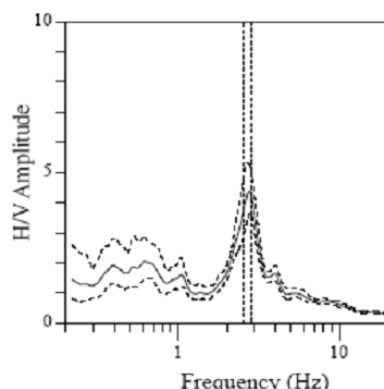
Quindi se la curva H/V per un dato sito soddisfa almeno 5 di queste 6 condizioni, il valore di f_0 è da considerarsi rappresentativo della frequenza fondamentale; se l'ampiezza di picco A_0 è

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 sensibilità;
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.



Window length t_w [s]	Number of windows n_w	Number of significant cycles n_c	Frequency statistics from individual windows			
			f_0 [Hz]	σ_f [Hz]	A_0	$\sigma_A(f_0)$
41	14	1561	2.72	0.11	4.4	1.2

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 sensibilità 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 segnale 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.

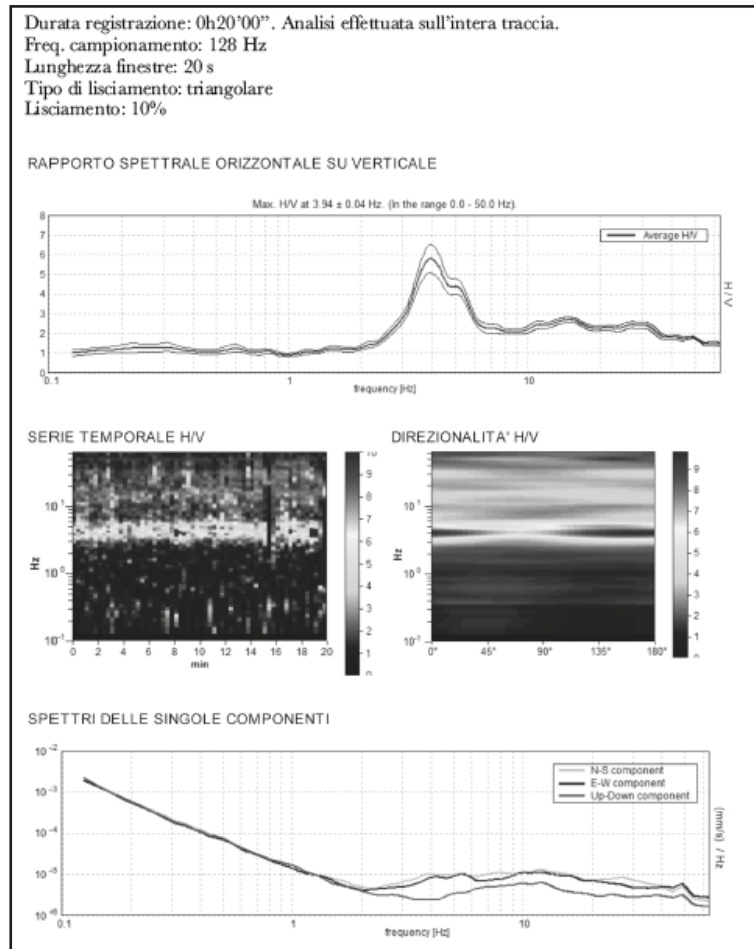
Questo deriva dal fatto che, nonostante la natura stocastica del fenomeno, in presenza di un campo d'onda diffuso, ovvero caratterizzato da sorgenti posizionate in maniera statisticamente omogenea attorno al sito di misura che si attivano in maniera non coordinata, l'andamento medio del segnale risulterà 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'intervallo 0.0 - 50.0 Hz).			
Criteri per una curva H/V affidabile [Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]			
$f_0 > 10 / L_w$	3.94 > 0.50	OK	
$n_A(f_0) > 200$	4725.0 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$	Superato 0 volte su 190	OK	
$\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$			
Criteri per un picco H/V chiaro [Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]			
Esiste f^* in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^*) < A_0 / 2$	3.031 Hz	OK	
Esiste f^* in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^*) < A_0 / 2$	5.938 Hz	OK	
$A_0 > 2$	5.79 > 2	OK	
$f_{\text{max}} [A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	0.00462 < 0.05	OK	
$\sigma_f < g(f_0)$	0.01818 < 0.19688	OK	
$\sigma_A(f_0) < 0.7f_0$	0.3534 < 1.58	OK	

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 evidenzia 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 emisferica ribassata per avere la minima resistenza al vento;
- 3- Baricentro molto ribassato per avere la massima stabilità;
- 4- Peso aumentato da una zavorra 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 della larghezza della base di appoggio, in questo modo i tre puntali che poggiano sul terreno aumentano la stabilità dello strumento e garantiscono una riduzione della rumorosità strumentale indotta da vento e rumori antropici;
- 9- Distanza identica tra i vari puntali, in questo modo si ha una eguale distribuzione a 360° delle vibrazioni indotte dal terreno;
- 10- Con il piombo di zavorra si è aumentata la pressione sul terreno evitando così saltellamenti verticali e garantendo una maggiore aderenza e continuità tra terreno e strumento;
- 11- La zavorra in piombo posizionata nella parte 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 stabilità;
- 12- La forma rotondeggiante della piastra e la forma emisferica della cupola permette di avere un alto grado di impermeabilità al vento, possibile affondare la piastra di 4- 5 cm nel terreno estirpando la cortina erbosa superficiale, in questo modo dal piano di campagna 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 emisferica 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.

3 – BIBLIOGRAFIA


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

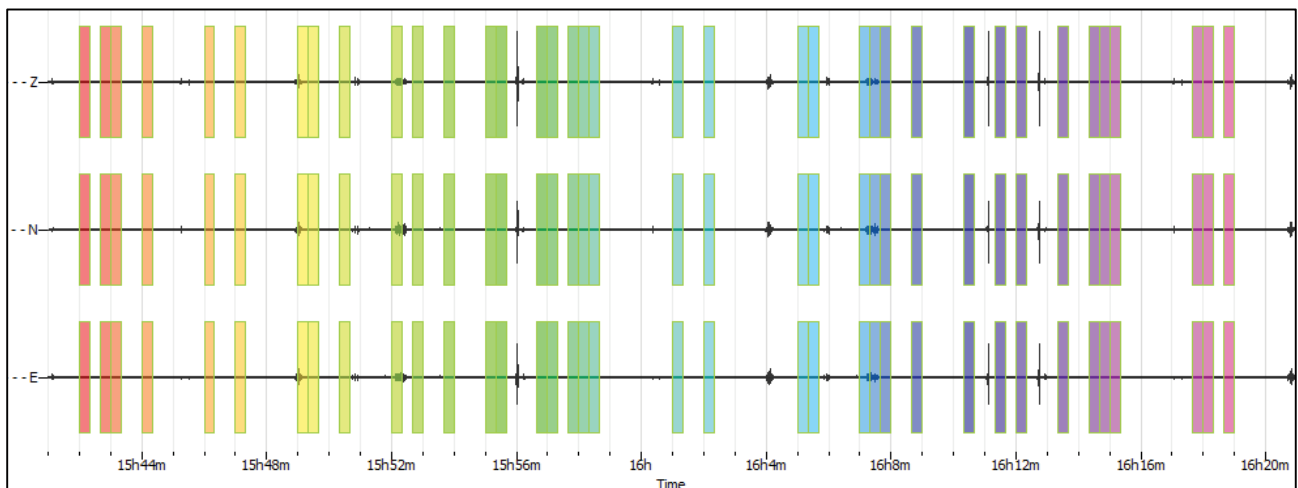
- **ALLEGATO GRAFICO: ACQUISIZIONI MICROTREMORI - RAPPORTO SPETTRALE H/V - SPETTRO DELLE SINGOLE COMPONENTI - CRITERI DI AFFIDABILITÀ SESAME - CLASSIFICAZIONE PROPOSTA DA ALBARELLO ET ALII**
- **ALLEGATO GRAFICO: UBICAZIONE DELLE INDAGINI**

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

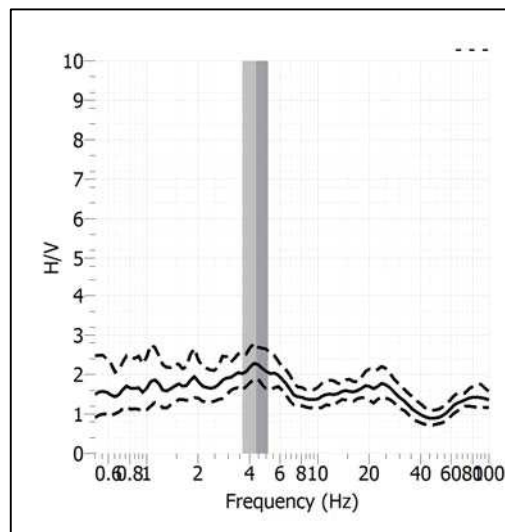
Stazione	Castagneto_1	
Strumento	Theremino	
Data acquisizione	Giugno 2022	
Durata registrazione	40 minuti	
Freq. Campionamento	500 Hz	
Lunghezza finestre	20 s	
Numero di finestre analizzate	37 (31% del tracciato)	
Tipo di lisciamento	Konno & Ohmachi	
Lisciamento	40	
Orientamento strumentazione	0° N	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

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

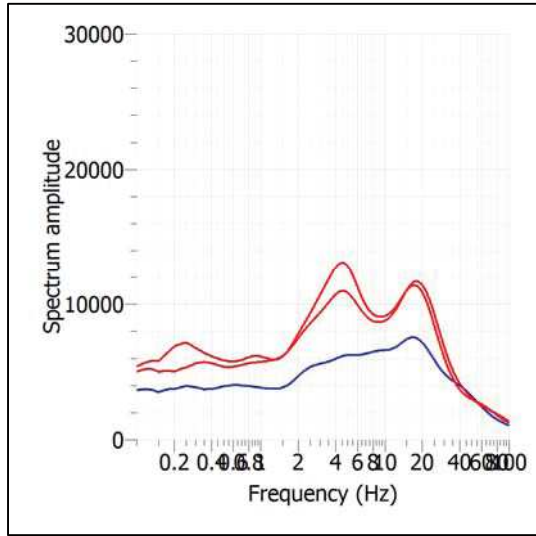
ACQUISIZIONE E FINESTRE DI ELABORAZIONE



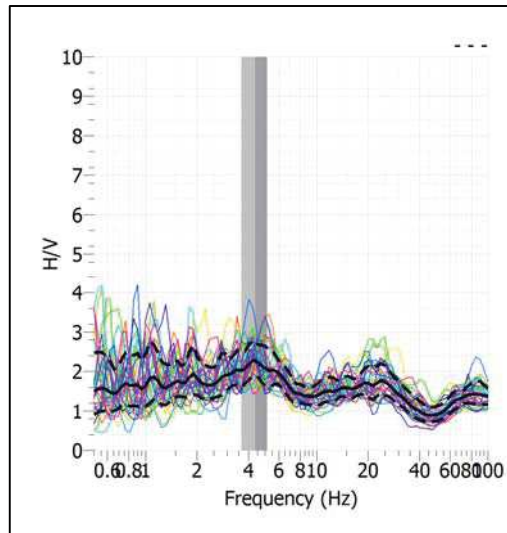
RAPPORTO SPETTRALE H/V



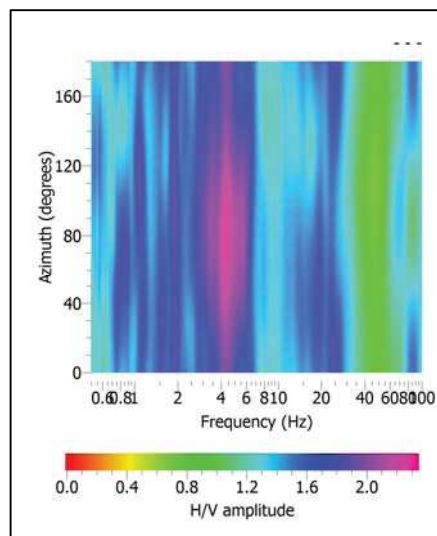
SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



SERIE TEMPORALE H/V



DIREZIONALITA' H/V




CRITERI SESAME

Window length l_w [s]	Number of windows n_w	Number of significant cycles n_c	Frequency statistics from individual windows				Grado del contrasto di impedenza sismica
			f_0 [Hz]	σ_f [Hz]	A_0	$\sigma_A(f_0)$	
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]							
$f_0 > 10/Lw$			4.350	>	0.500		OK
$n_c(f_0) > 200$			3219	>	200		OK
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$			Superato 0 volte su 27				OK
$\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$							
Criteri per un picco H/V chiaro							
[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]							
Amplitude conditions	Esiste f in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f) < A_0/2$						NO
	Esiste f^* in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^*) < A_0/2$						NO
	$A_0 > 2$			2.2756	>	2	OK
Stability conditions	$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$						OK
	$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$			0.7811	>	0.2175	OK
	$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$			1.2037	<	1.5800	OK

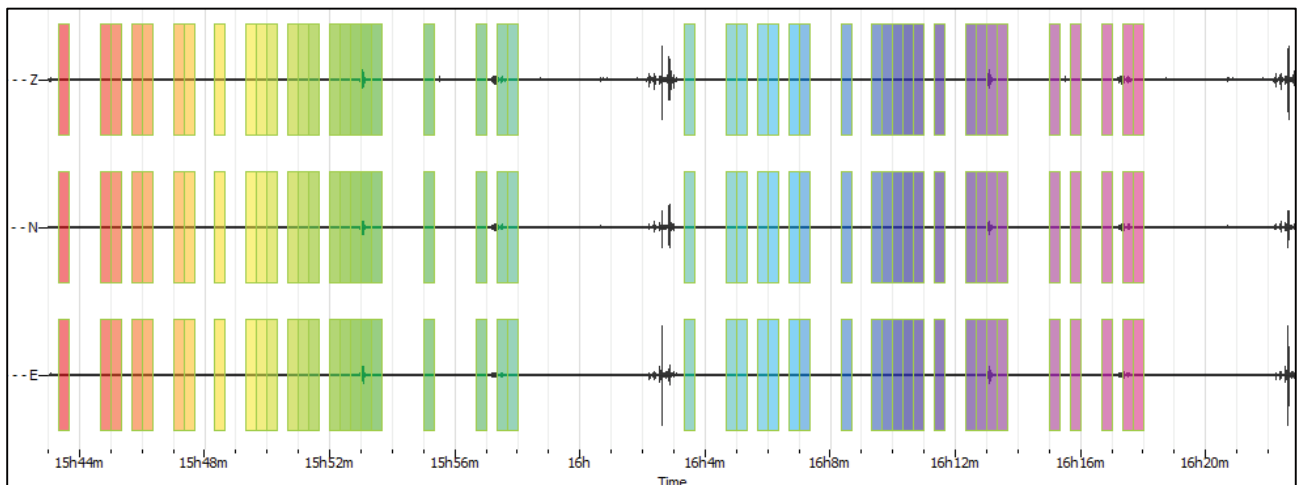
ULTERIORI CRITERI (D.Albarello, S.Castellaro, 2011)		
DURATA	Durata minima registrazione 20 minuti	SI
STAZIONARIETA'	% ($\sum Lw$ /durata registrazione) almeno 30%	SI
ISOTROPIA	Le variazioni azimutali di ampiezza non superano il 30% del massimo	SI
ASSENZA DISTURBI	Non ci sono indizi di rumore elettromagnetico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

CLASSE | A1

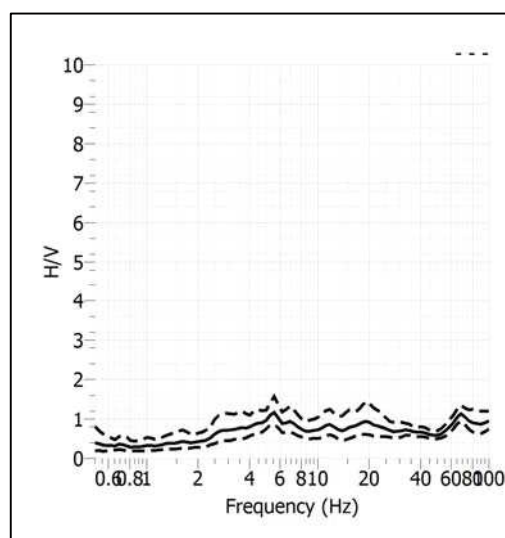
Stazione	Castagneto_2	
Strumento	Theremino	
Data acquisizione	Giugno 2022	
Durata registrazione	40 minuti	
Freq. Campionamento	500 Hz	
Lunghezza finestre	20 s	
Numero di finestre analizzate	46 (39% del tracciato)	
Tipo di lisciamiento	Konno & Ohmachi	
Lisciamiento	40	
Orientamento strumentazione	0° N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

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

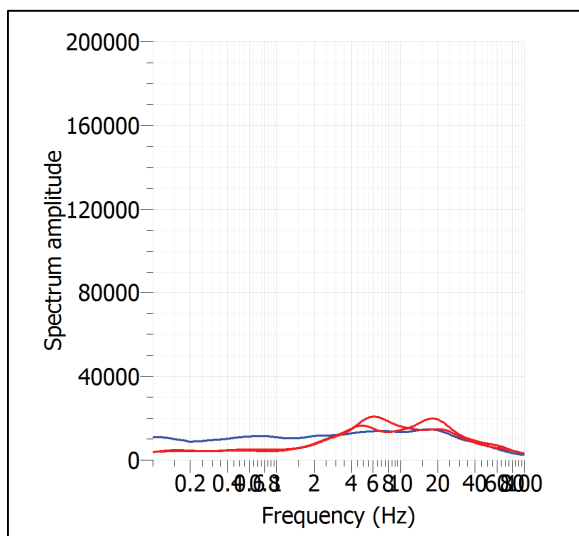
ACQUISIZIONE E FINESTRE DI ELABORAZIONE



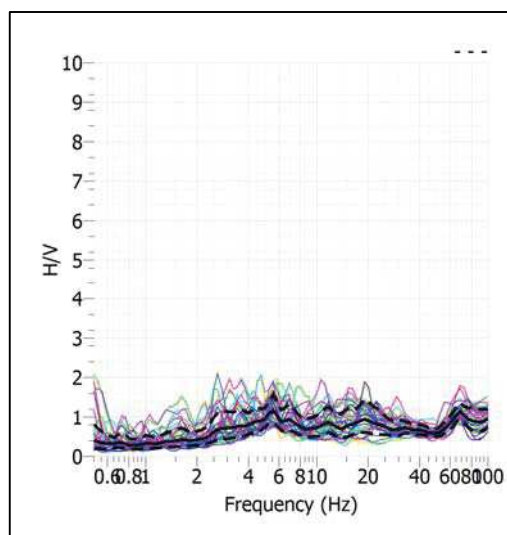
RAPPORTO SPETTRALE H/V



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'	% ($\sum L_w$ /durata registrazione) almeno 30%	SI
ISOTROPIA	Le variazioni azimutali di ampiezza non superano il 30% del massimo	NO
ASSENZA DISTURBI	Non ci sono indizi di rumore elettromagnetico nella banda di frequenza di interesse	SI
PLAUSIBILITA' FISICA	I massimi sono caratterizzati da una diminuzione localizzata di ampiezza dello spettro verticale	NO
ROBUSTEZZA STATISTICA	Verificati i tre Criteri SESAME per curva affidabile	NO

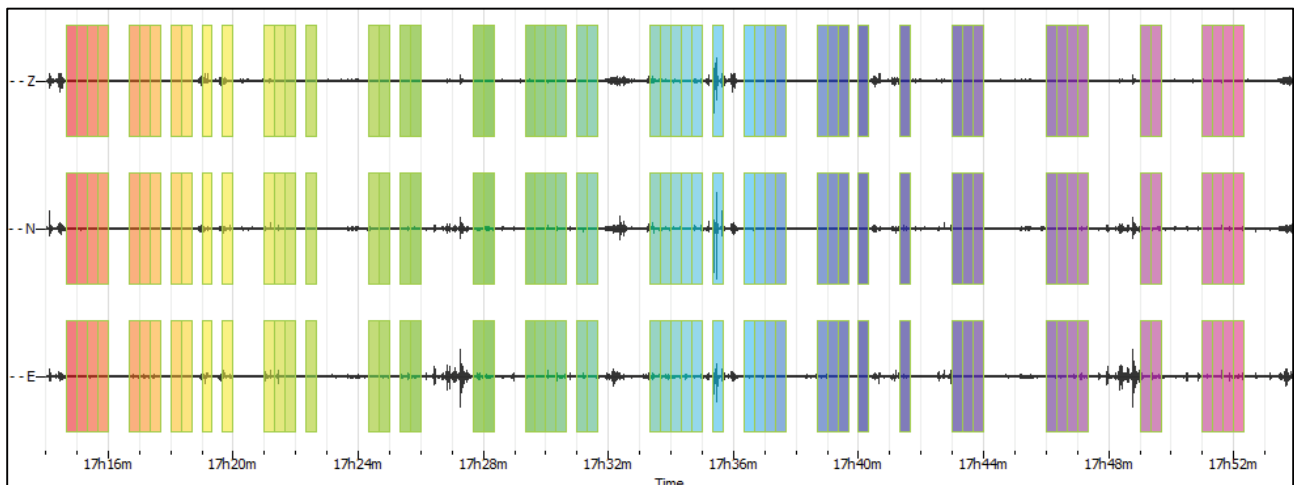
CLASSE | A2

Non ci sono picchi significativi nel range di frequenze utile (0.5 - 20 Hz)

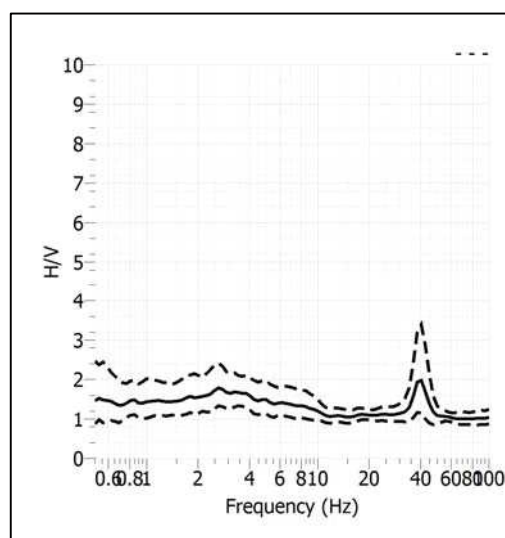
Stazione	Celle_1	
Strumento	Theremino	
Data acquisizione	Giugno 2022	
Durata registrazione	40 minuti	
Freq. Campionamento	500 Hz	
Lunghezza finestre	20 s	
Numero di finestre analizzate	55 (46% del tracciato)	
Tipo di lisciamento	Konno & Ohmachi	
Lisciamento	40	
Orientamento strumentazione	0° N	
Terreno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

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

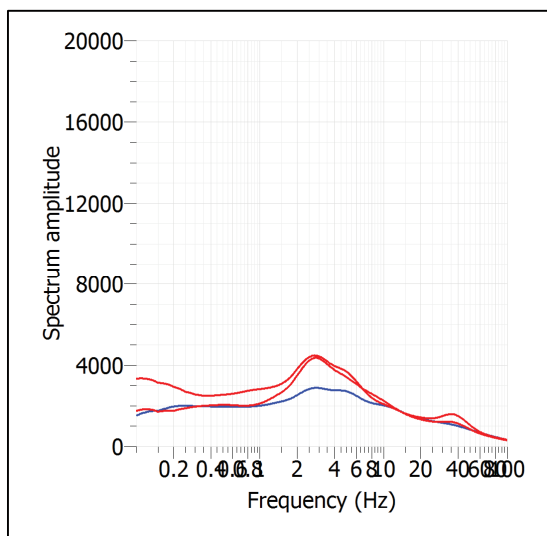
ACQUISIZIONE E FINESTRE DI ELABORAZIONE



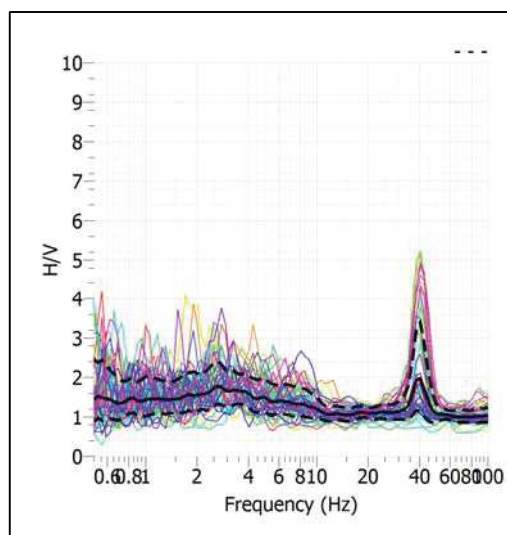
RAPPORTO SPETTRALE H/V



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'	% ($\sum L_w$ /durata registrazione) almeno 30%	SI
ISOTROPIA	Le variazioni azimutali di ampiezza non superano il 30% del massimo	NO
ASSENZA DISTURBI	Non ci sono indizi di rumore elettromagnetico nella banda di frequenza di interesse	SI
PLAUSIBILITA' FISICA	I massimi sono caratterizzati da una diminuzione localizzata di ampiezza dello spettro verticale	NO
ROBUSTEZZA STATISTICA	Verificati i tre Criteri SESAME per curva affidabile	NO

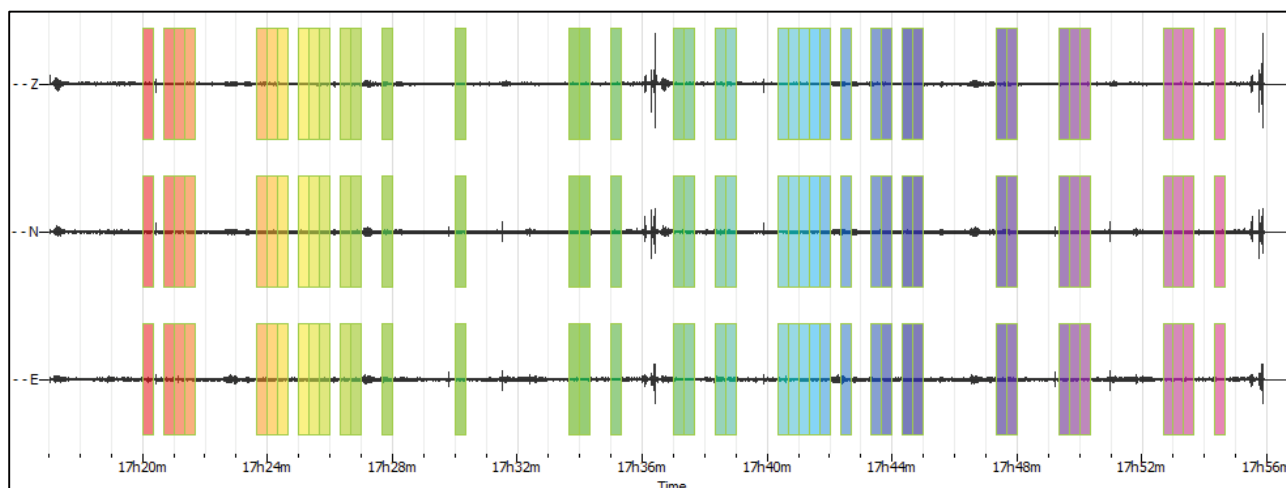
CLASSE | A2

Non ci sono picchi significativi nel range di frequenze utile (0.5 - 20 Hz)

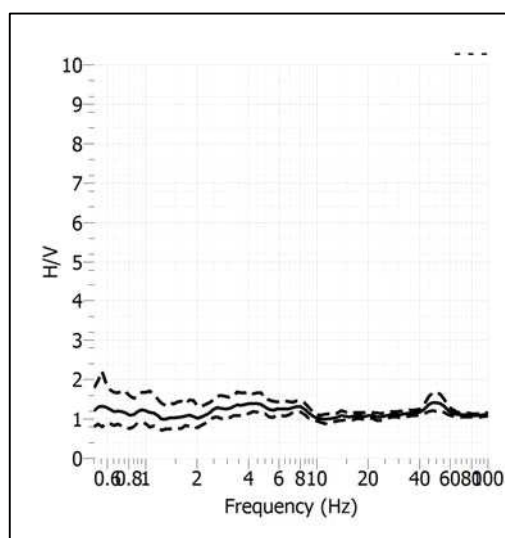
Stazione	Celle_2	
Strumento	Theremino	
Data acquisizione	Giugno 2022	
Durata registrazione	40 minuti	
Freq. Campionamento	500 Hz	
Lunghezza finestre	20 s	
Numero di finestre analizzate	40 (34% del tracciato)	
Tipo di lisciamento	Konno & Ohmachi	
Lisciamento	40	
Orientamento strumentazione	0° N	
Terreno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

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

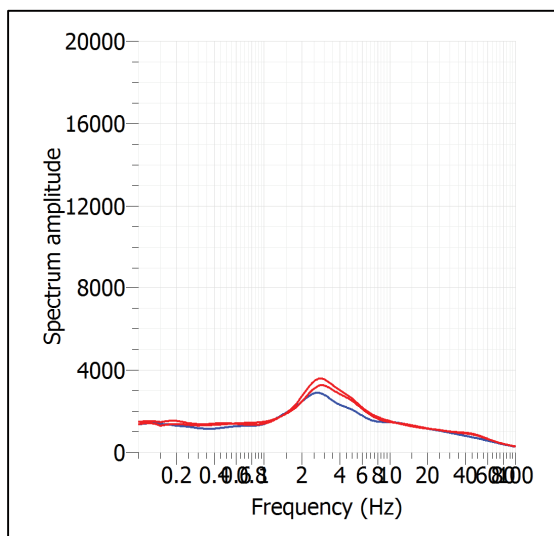
ACQUISIZIONE E FINESTRE DI ELABORAZIONE



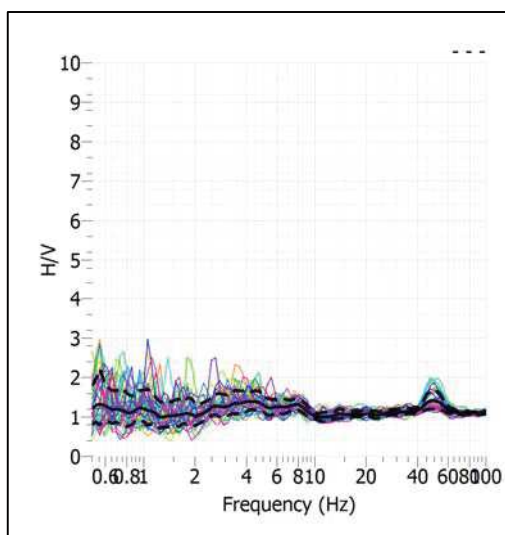
RAPPORTO SPETTRALE H/V



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'	% ($\sum L_w$ /durata registrazione) almeno 30%	SI
ISOTROPIA	Le variazioni azimutali di ampiezza non superano il 30% del massimo	NO
ASSENZA DISTURBI	Non ci sono indizi di rumore elettromagnetico nella banda di frequenza di interesse	SI
PLAUSIBILITA' FISICA	I massimi sono caratterizzati da una diminuzione localizzata di ampiezza dello spettro verticale	NO
ROBUSTEZZA STATISTICA	Verificati i tre Criteri SESAME per curva affidabile	NO

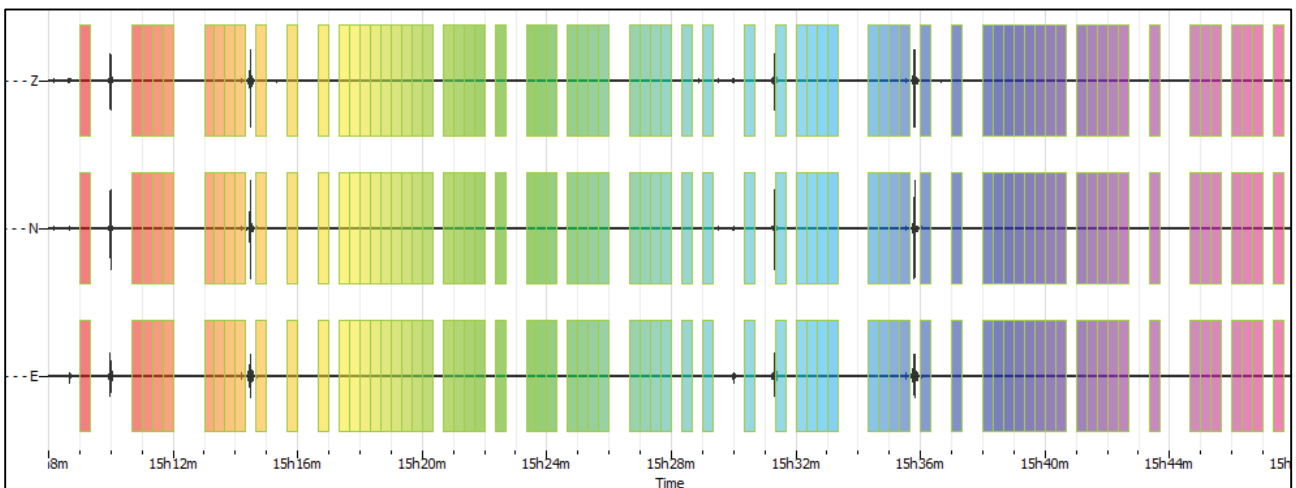
CLASSE | A2

Non ci sono picchi significativi nel range di frequenze utile (0.5 - 20 Hz)

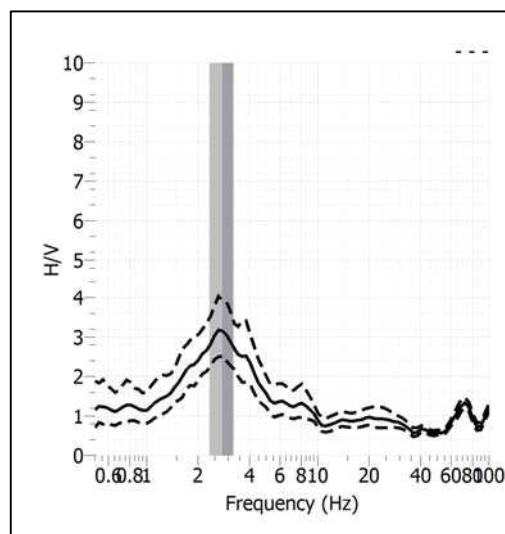
Stazione	Entrata_1	
Strumento	Theremino	
Data acquisizione	Giugno 2022	
Durata registrazione	40 minuti	
Freq. Campionamento	500 Hz	
Lunghezza finestre	20 s	
Numero di finestre analizzate	72 (61% del tracciato)	
Tipo di lisciamento	Konno & Ohmachi	
Lisciamento	40	
Orientamento strumentazione	0° N	
Terreno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

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

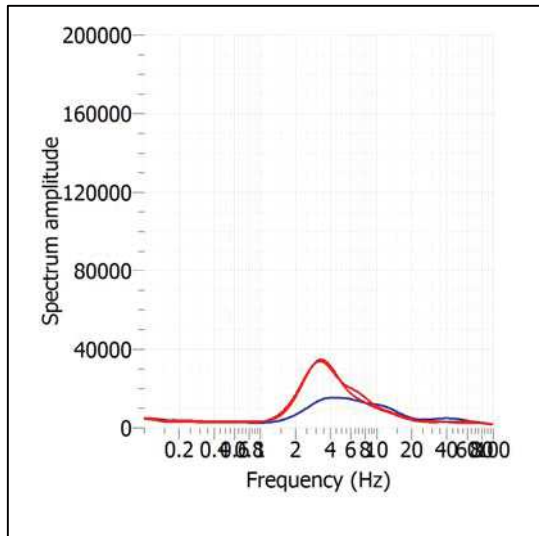
ACQUISIZIONE E FINESTRE DI ELABORAZIONE



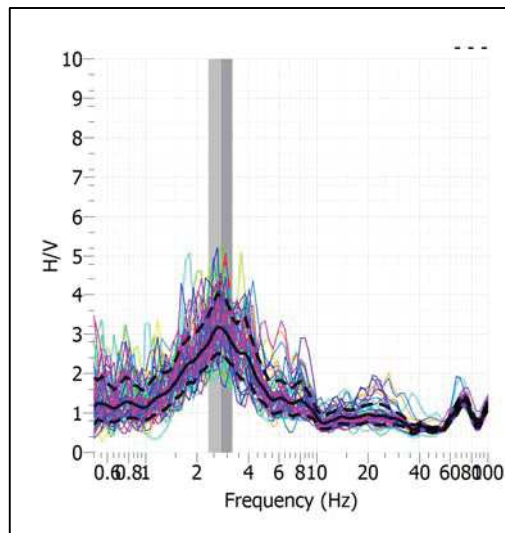
RAPPORTO SPETTRALE H/V



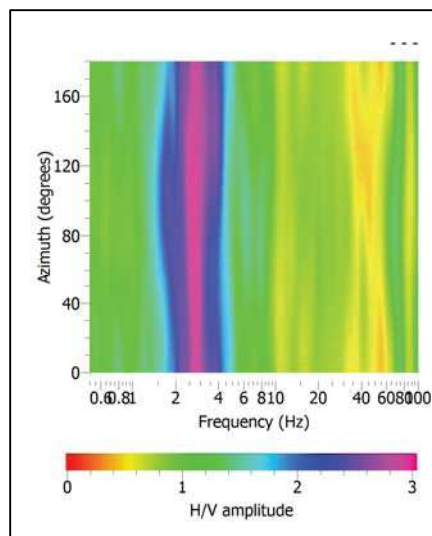
SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



SERIE TEMPORALE H/V



DIREZIONALITA' H/V



CRITERI SESAME

Window length l_w [s]	Number of windows n_w	Number of significant cycles n_c	Frequency statistics from individual windows				Grado del contrasto di impedenza sismica
			f_0 [Hz]	σ_f [Hz]	A_0	$\sigma_A(f_0)$	
20.00	72	4004	2.781	0.43	3.14	1.27	MODERATO
Criteri per una curva H/V affidabile							
[Tutti i tre requisiti dovrebbero essere soddisfatti]							
$f_0 > 10/L_w$			2.781	>	0.500		OK
$n_c(f_0) > 200$			4004	>	200		OK
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$			Superato 0 volte su 27				OK
$\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$							
Criteri per un picco H/V chiaro							
[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]							
Amplitude conditions	Esiste f in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f) < A_0/2$						OK
	Esiste f^* in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^*) < A_0/2$						OK
	$A_0 > 2$			3.1437	>	2	OK
Stability conditions	$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$						NO
	$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$			0.4324	>	0.1390	OK
	$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$			1.2727	<	1.5800	OK

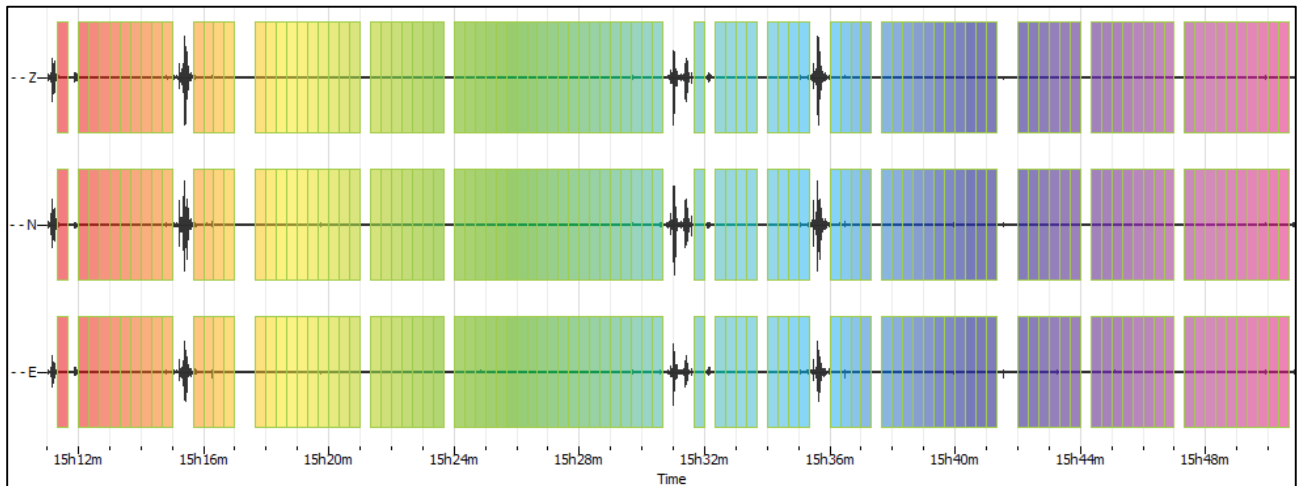
ULTERIORI CRITERI (D.Albarello, S.Castellaro, 2011)		
DURATA	Durata minima registrazione 20 minuti	SI
STAZIONARIETA'	% ($\sum L_w$ /durata registrazione) almeno 30%	SI
ISOTROPIA	Le variazioni azimutali di ampiezza non superano il 30% del massimo	SI
ASSENZA DISTURBI	Non ci sono indizi di rumore elettromagnetico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

CLASSE | A1

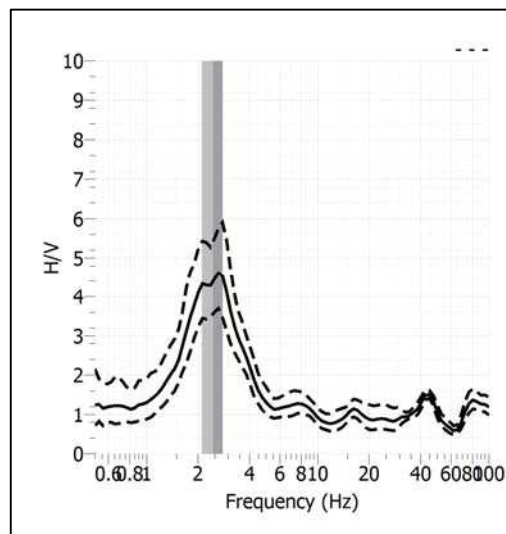
Stazione	Entrata_2	
Strumento	Theremino	
Data acquisizione	Giugno 2022	
Durata registrazione	40 minuti	
Freq. Campionamento	500 Hz	
Lunghezza finestre	20 s	
Numero di finestre analizzate	99 (83% del tracciato)	
Tipo di lisciamento	Konno & Ohmachi	
Lisciamento	40	
Orientamento strumentazione	0° N	
Terreno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

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

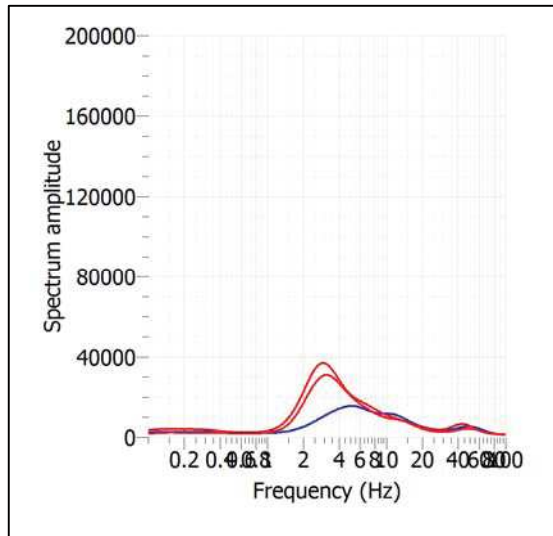
ACQUISIZIONE E FINESTRE DI ELABORAZIONE



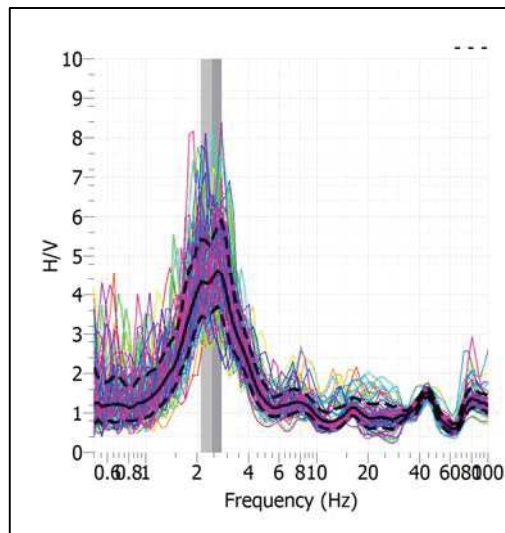
RAPPORTO SPETTRALE H/V



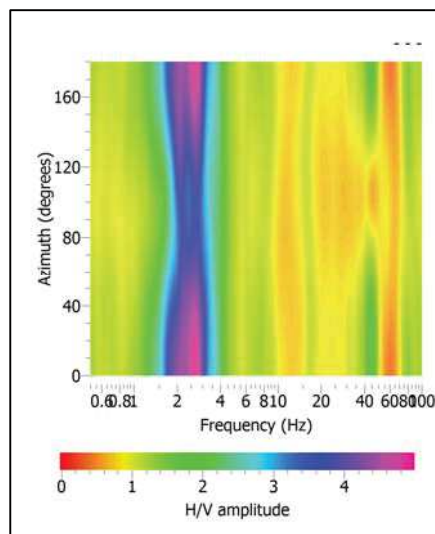
SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



SERIE TEMPORALE H/V



DIREZIONALITA' H/V




CRITERI SESAME

Window length l_w [s]	Number of windows n_w	Number of significant cycles n_c	Frequency statistics from individual windows				Grado del contrasto di impedenza sismica
			f_0 [Hz]	σ_f [Hz]	A_0	$\sigma_A(f_0)$	
20.00	99	4846	2.447	0.34	4.40	1.23	ALTO
Criteri per una curva H/V affidabile [Tutti i tre requisiti dovrebbero essere soddisfatti]							
$f_0 > 10/L_w$			2.447	>	0.500		OK
$n_c(f_0) > 200$			4846	>	200		OK
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$			Superato 0 volte su 27				OK
$\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$							OK
Criteri per un picco H/V chiaro [Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]							
Amplitude conditions	Esiste f in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f) < A_0/2$						OK
	Esiste f^* in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^*) < A_0/2$						OK
	$A_0 > 2$			4.3975	>	2	OK
Stability conditions	$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$						NO
	$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$			0.3422	>	0.1224	OK
	$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$			1.2341	<	1.5800	OK

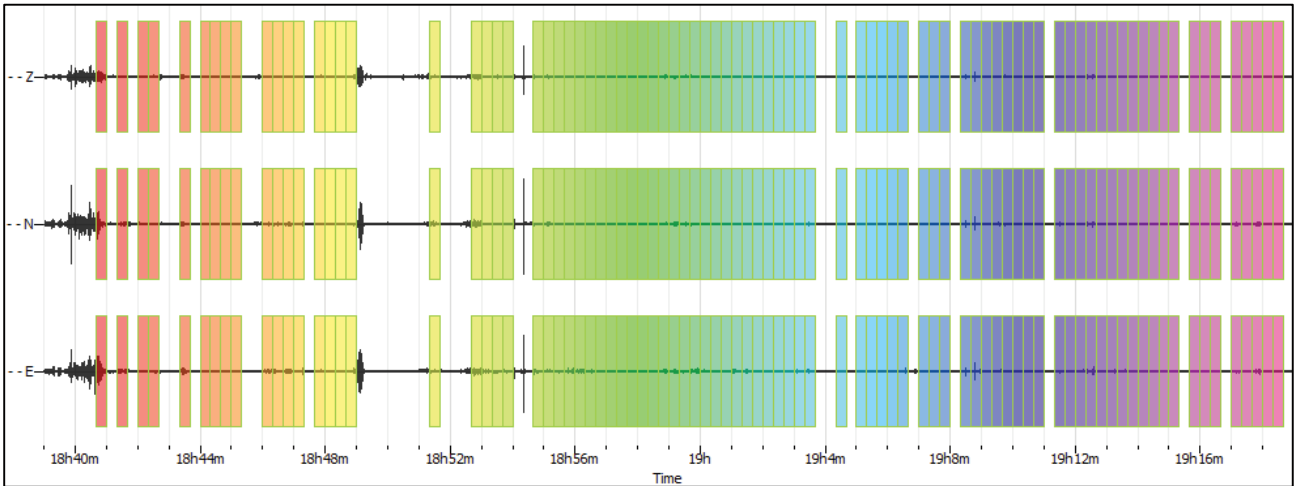
ULTERIORI CRITERI (D.Albarello, S.Castellaro, 2011)		
DURATA	Durata minima registrazione 20 minuti	SI
STAZIONARIETA'	% ($\sum L_w$ /durata registrazione) almeno 30%	SI
ISOTROPIA	Le variazioni azimutali di ampiezza non superano il 30% del massimo	SI
ASSENZA DISTURBI	Non ci sono indizi di rumore elettromagnetico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

CLASSE | A1

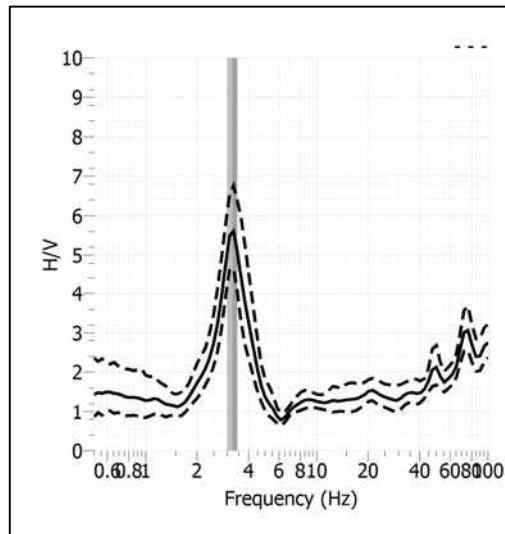
Stazione	Il Fattoio_1	
Strumento	Theremino	
Data acquisizione	Giugno 2022	
Durata registrazione	40 minuti	
Freq. Campionamento	500 Hz	
Lunghezza finestre	20 s	
Numero di finestre analizzate	86 (72% del tracciato)	
Tipo di lisciamto	Konno & Ohmachi	
Lisciamto	40	
Orientamento strumentazione	0° N	
Terreno di misura	Suolo naturale	
Meteo	Sereno	

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

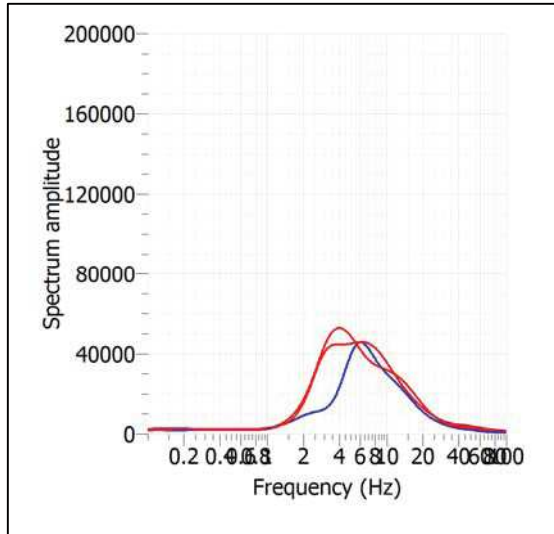
ACQUISIZIONE E FINESTRE DI ELABORAZIONE



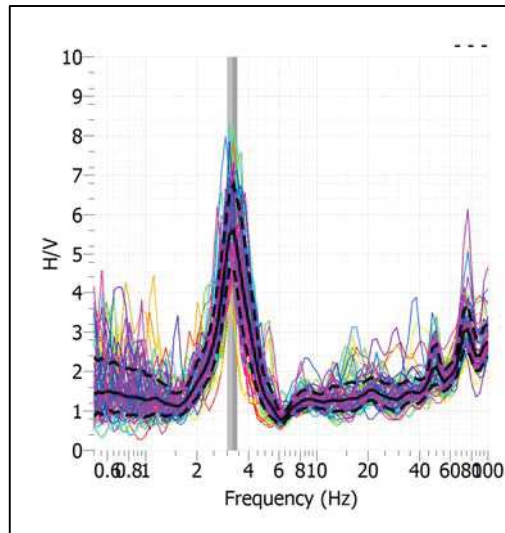
RAPPORTO SPETTRALE H/V



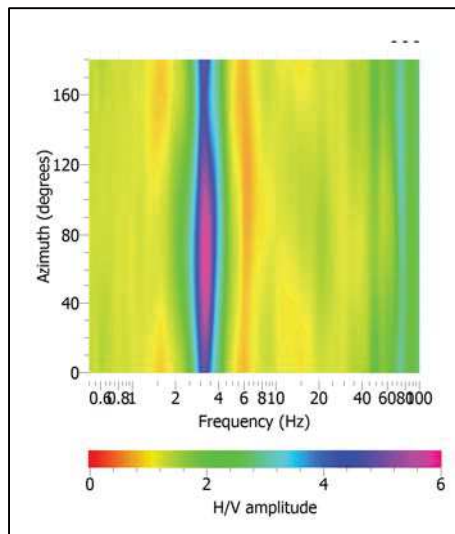
SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



SERIE TEMPORALE H/V



DIREZIONALITA' H/V




CRITERI SESAME

Window length l_w [s]	Number of windows n_w	Number of significant cycles n_c	Frequency statistics from individual windows				Grado del contrasto di impedenza sismica
			f_0 [Hz]	σ_f [Hz]	A_0	$\sigma_A(f_0)$	
20.00	86	5559	3.232	0.23	5.60	1.20	ALTO
Criteri per una curva H/V affidabile [Tutti i tre requisiti dovrebbero essere soddisfatti]							
$f_0 > 10/L_w$			3.232	>	0.500		OK
$n_c(f_0) > 200$			5559	>	200		OK
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$			Superato 0 volte su 27				OK
$\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$							OK
Criteri per un picco H/V chiaro [Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]							
Amplitude conditions	Esiste f in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f) < A_0/2$						OK
	Esiste f^* in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^*) < A_0/2$						OK
	$A_0 > 2$			5.5986	>	2	OK
Stability conditions	$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$						OK
	$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$			0.2304	>	0.1616	OK
	$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$			1.2026	<	1.5800	OK

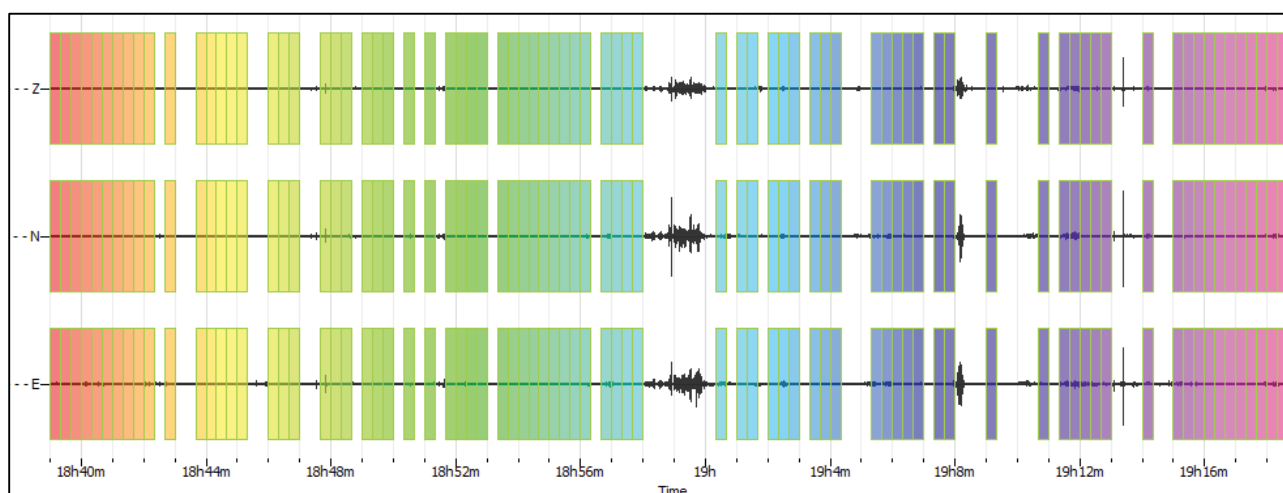
ULTERIORI CRITERI (D.Albarello, S.Castellaro, 2011)		
DURATA	Durata minima registrazione 20 minuti	SI
STAZIONARIETA'	% ($\sum L_w$ /durata registrazione) almeno 30%	SI
ISOTROPIA	Le variazioni azimutali di ampiezza non superano il 30% del massimo	SI
ASSENZA DISTURBI	Non ci sono indizi di rumore elettromagnetico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

CLASSE | A1

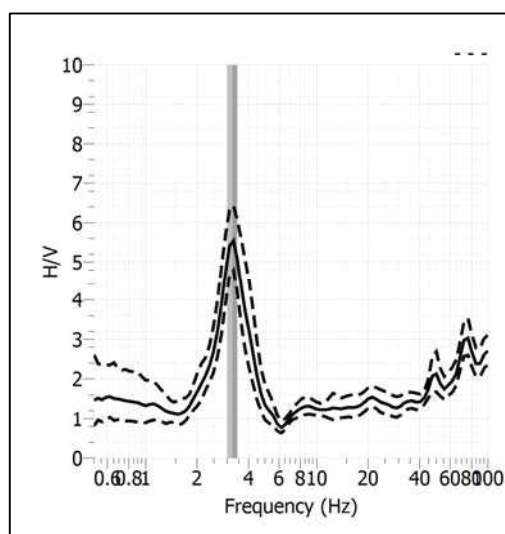
Stazione	Il Fattoio_2	
Strumento	Theremino	
Data acquisizione	Giugno 2022	
Durata registrazione	40 minuti	
Freq. Campionamento	500 Hz	
Lunghezza finestre	20 s	
Numero di finestre analizzate	79 (66% del tracciato)	
Tipo di lisciamento	Konno & Ohmachi	
Lisciamento	40	
Orientamento strumentazione	0° N	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

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

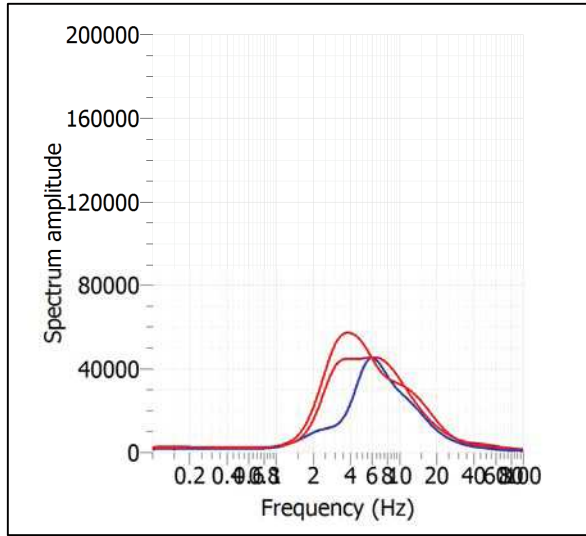
ACQUISIZIONE E FINESTRE DI ELABORAZIONE



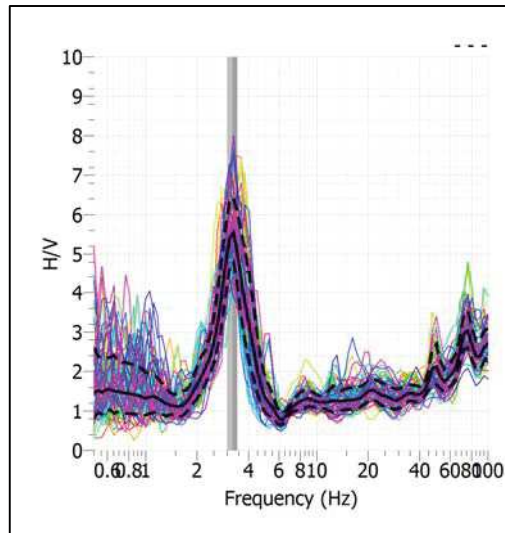
RAPPORTO SPETTRALE H/V



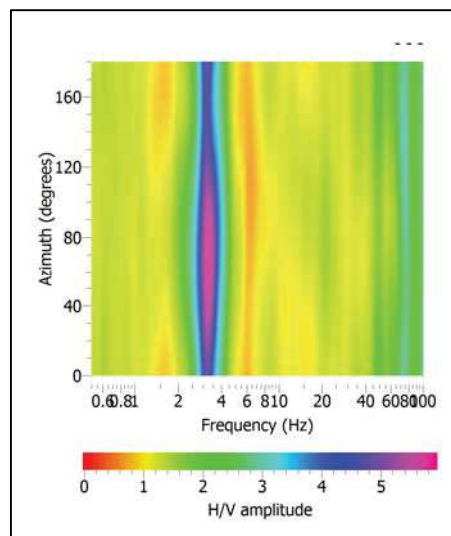
SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



SERIE TEMPORALE H/V



DIREZIONALITA' H/V



CRITERI SESAME

Window length l_w [s]	Number of windows n_w	Number of significant cycles n_c	Frequency statistics from individual windows				Grado del contrasto di impedenza sismica
			f_0 [Hz]	σ_f [Hz]	A_0	$\sigma_A(f_0)$	
20.00	79	5099	3.227	0.23	5.53	1.16	ALTO
Criteri per una curva H/V affidabile							
[Tutti i tre requisiti dovrebbero essere soddisfatti]							
$f_0 > 10/L_w$			3.227	>	0.500		OK
$n_c(f_0) > 200$			5099	>	200		OK
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$			Superato 0 volte su 27				OK
$\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$							OK
Criteri per un picco H/V chiaro							
[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]							
Amplitude conditions	Esiste f in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f) < A_0/2$						OK
	Esiste f^* in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^*) < A_0/2$						OK
	$A_0 > 2$			5.5250	>	2	OK
Stability conditions	$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$						OK
	$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$			0.2294	>	0.1614	OK
	$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$			1.1604	<	1.5800	OK

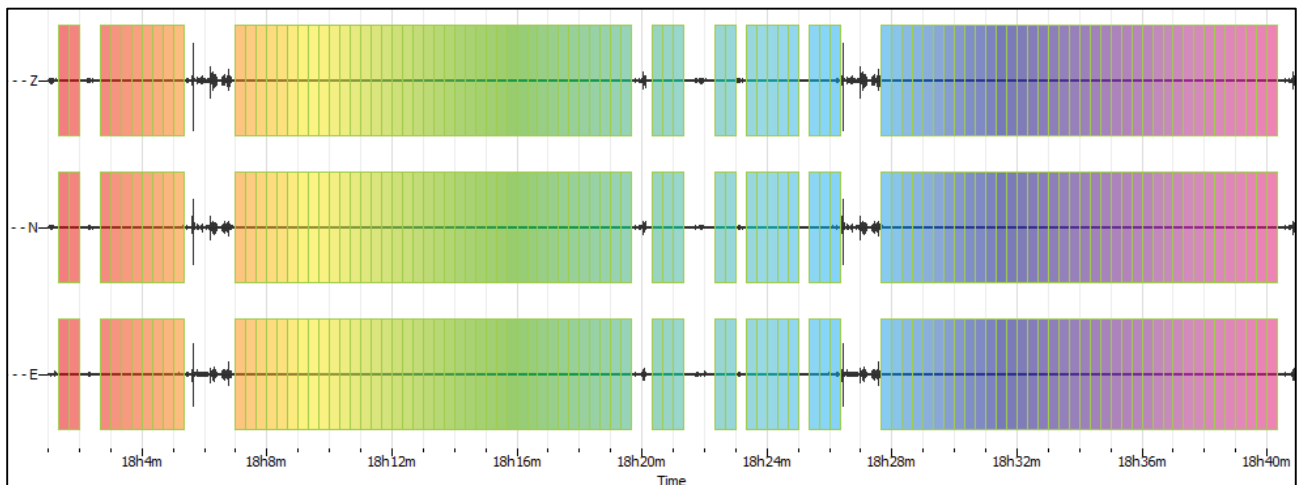
ULTERIORI CRITERI (D.Albarello, S.Castellaro, 2011)		
DURATA	Durata minima registrazione 20 minuti	SI
STAZIONARIETA'	% ($\sum L_w$ /durata registrazione) almeno 30%	SI
ISOTROPIA	Le variazioni azimutali di ampiezza non superano il 30% del massimo	SI
ASSENZA DISTURBI	Non ci sono indizi di rumore elettromagnetico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

CLASSE | A1

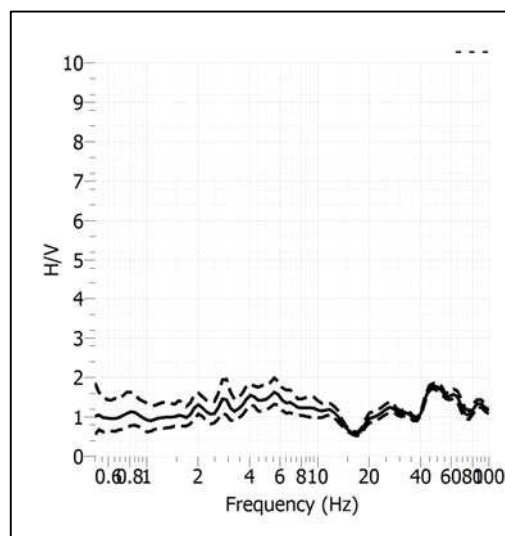
Stazione	La Borghetta_1	
Strumento	Theremino	
Data acquisizione	Giugno 2022	
Durata registrazione	40 minuti	
Freq. Campionamento	500 Hz	
Lunghezza finestre	20 s	
Numero di finestre analizzate	99 (83% del tracciato)	
Tipo di lisciamento	Konno & Ohmachi	
Lisciamento	40	
Orientamento strumentazione	0° N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

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

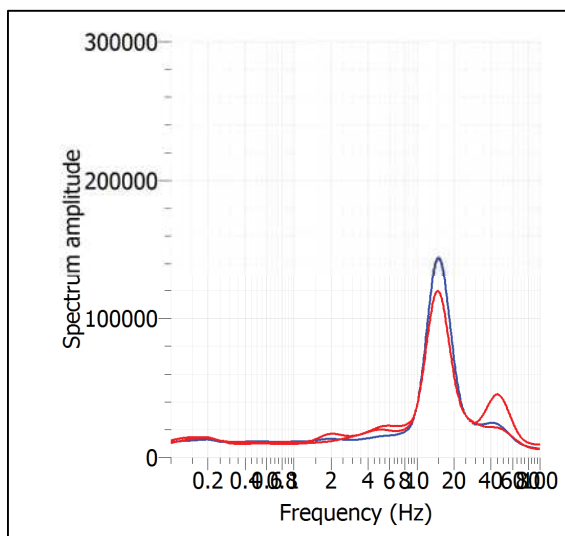
ACQUISIZIONE E FINESTRE DI ELABORAZIONE



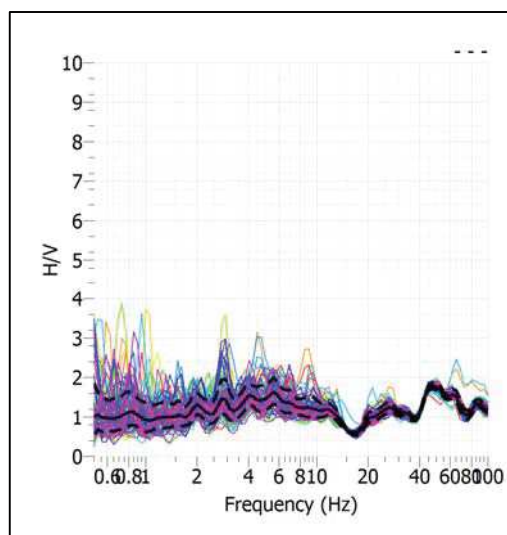
RAPPORTO SPETTRALE H/V



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'	% ($\sum L_w$ /durata registrazione) almeno 30%	SI
ISOTROPIA	Le variazioni azimutali di ampiezza non superano il 30% del massimo	NO
ASSENZA DISTURBI	Non ci sono indizi di rumore elettromagnetico nella banda di frequenza di interesse	SI
PLAUSIBILITA' FISICA	I massimi sono caratterizzati da una diminuzione localizzata di ampiezza dello spettro verticale	NO
ROBUSTEZZA STATISTICA	Verificati i tre Criteri SESAME per curva affidabile	NO

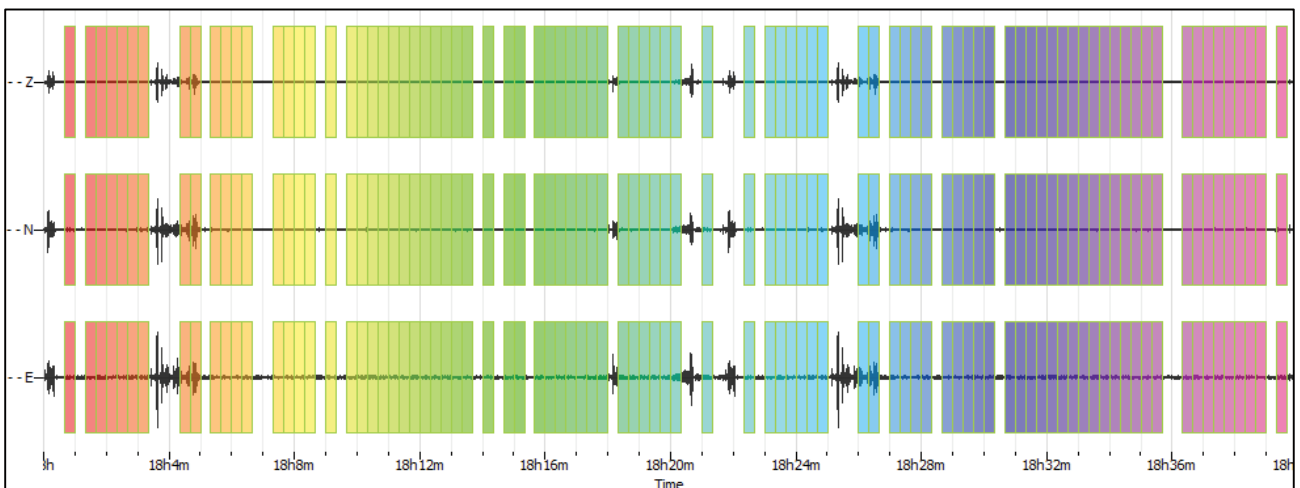
CLASSE | A2

Non ci sono picchi significativi nel range di frequenze utile (0.5 - 20Hz)

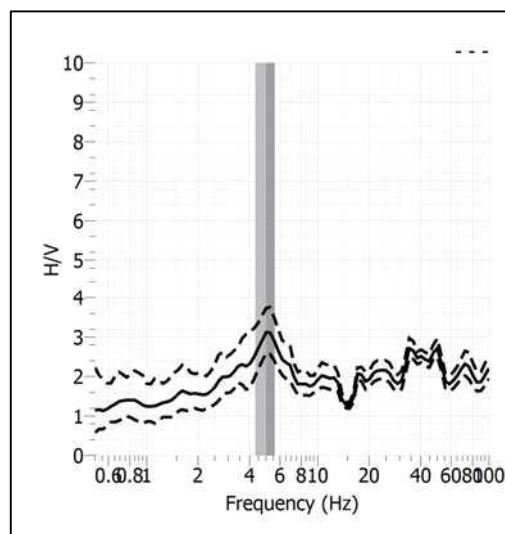
Stazione	La Borghetta_2	
Strumento	Theremino	
Data acquisizione	Giugno 2022	
Durata registrazione	40 minuti	
Freq. Campionamento	500 Hz	
Lunghezza finestre	20 s	
Numero di finestre analizzate	89 (75% del tracciato)	
Tipo di lisciamento	Konno & Ohmachi	
Lisciamento	40	
Orientamento strumentazione	0° N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

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

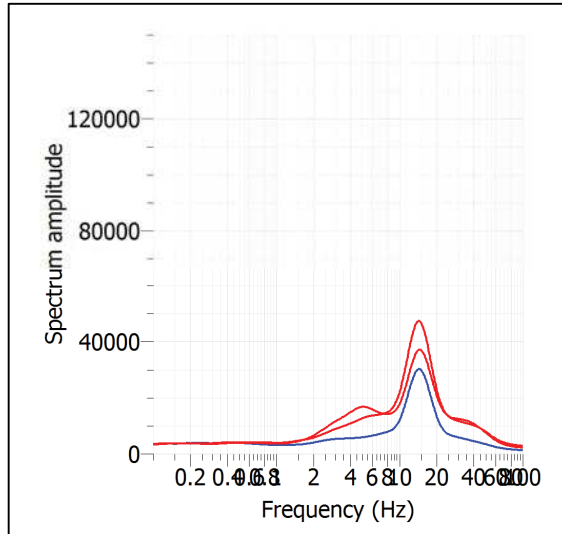
ACQUISIZIONE E FINESTRE DI ELABORAZIONE



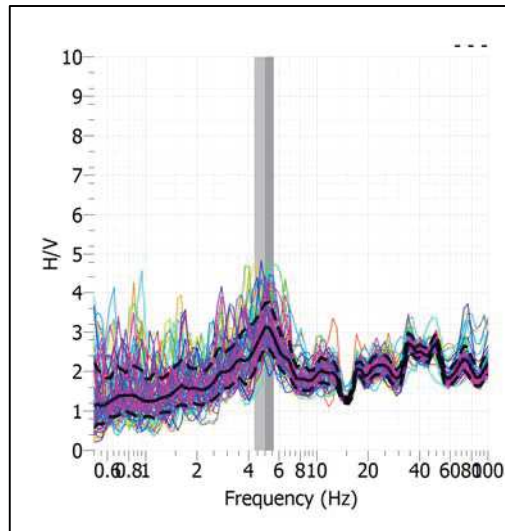
RAPPORTO SPETTRALE H/V



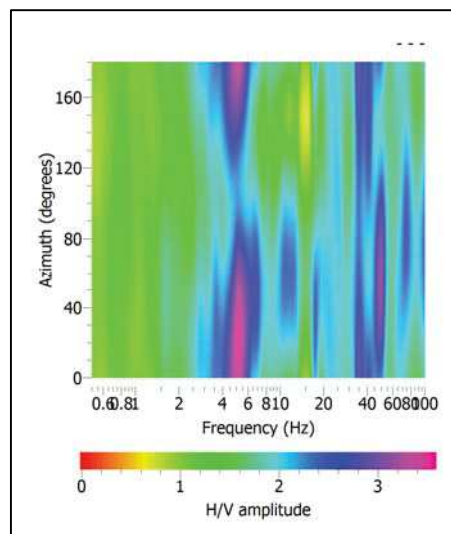
SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



SERIE TEMPORALE H/V



DIREZIONALITA' H/V




CRITERI SESAME

Window length l_w [s]	Number of windows n_w	Number of significant cycles n_c	Frequency statistics from individual windows				Grado del contrasto di impedenza sismica
			f_0 [Hz]	σ_f [Hz]	A_0	$\sigma_A(f_0)$	
20.00	89	8869	4.983	0.65	3.11	1.20	MODERATO
Criteri per una curva H/V affidabile							
[Tutti i tre requisiti dovrebbero essere soddisfatti]							
$f_0 > 10/L_w$			4.983	>	0.500		OK
$n_c(f_0) > 200$			8869	>	200		OK
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$			Superato 0 volte su 26				OK
$\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$							
Criteri per un picco H/V chiaro							
[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]							
Amplitude conditions	Esiste f in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f) < A_0/2$						OK
	Esiste f^* in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^*) < A_0/2$						OK
	$A_0 > 2$			3.1104	>	2	OK
Stability conditions	$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$						NO
	$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$			0.6524	>	0.2491	OK
	$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$			1.1993	<	1.5800	OK

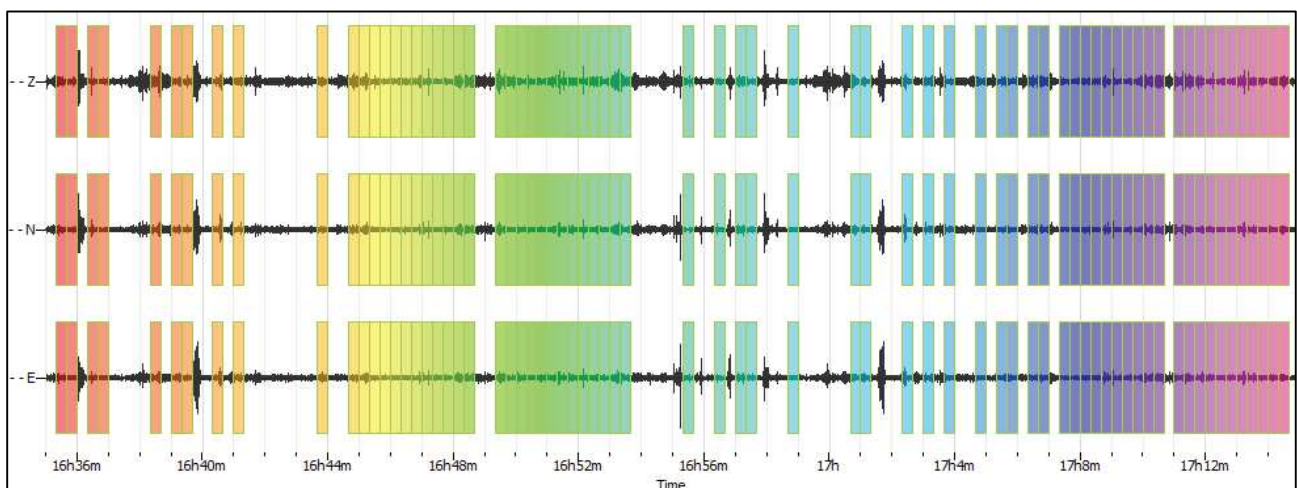
ULTERIORI CRITERI (D.Albarello, S.Castellaro, 2011)		
DURATA	Durata minima registrazione 20 minuti	SI
STAZIONARIETA'	% ($\sum L_w$ /durata registrazione) almeno 30%	SI
ISOTROPIA	Le variazioni azimutali di ampiezza non superano il 30% del massimo	SI
ASSENZA DISTURBI	Non ci sono indizi di rumore elettromagnetico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

CLASSE | A1

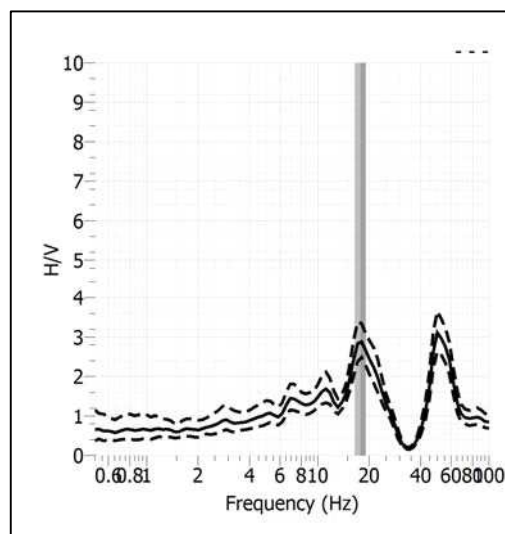
Stazione	Palagina_1	
Strumento	Theremino	
Data acquisizione	Giugno 2022	
Durata registrazione	40 minuti	
Freq. Campionamento	500 Hz	
Lunghezza finestre	20 s	
Numero di finestre analizzate	71 (54% del tracciato)	
Tipo di lisciamento	Konno & Ohmachi	
Lisciamento	40	
Orientamento strumentazione	0° N	
Terreno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

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

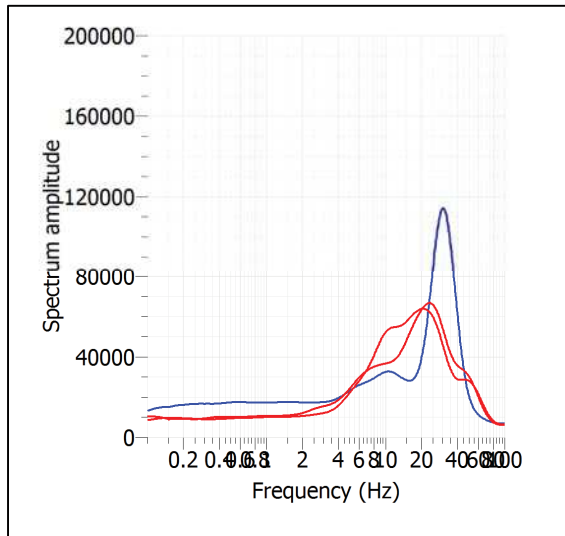
ACQUISIZIONE E FINESTRE DI ELABORAZIONE



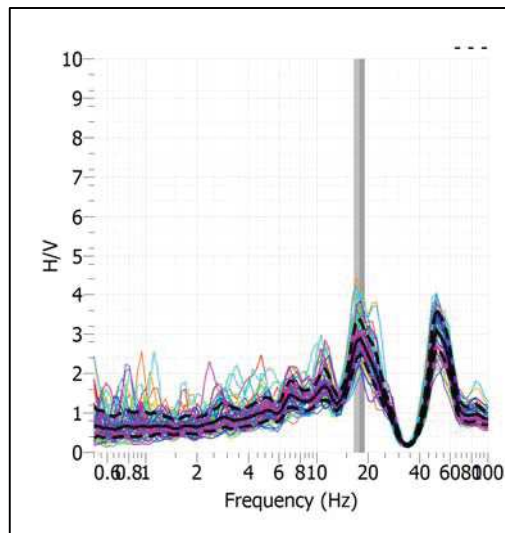
RAPPORTO SPETTRALE H/V



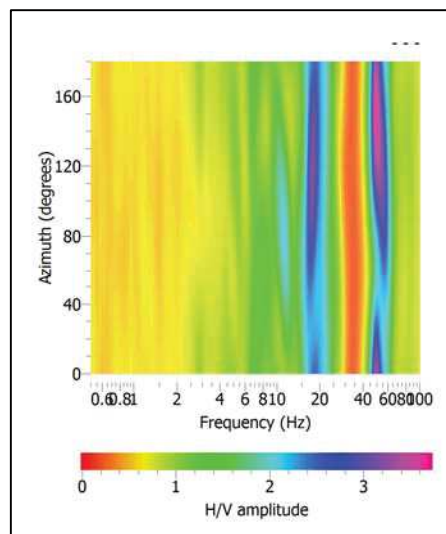
SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



SERIE TEMPORALE H/V



DIREZIONALITA' H/V




CRITERI SESAME

Window length l_w [s]	Number of windows n_w	Number of significant cycles n_c	Frequency statistics from individual windows				Grado del contrasto di impedenza sismica
			f_0 [Hz]	σ_f [Hz]	A_0	$\sigma_A(f_0)$	
20.00	71	25274	17.799	1.34	2.87	1.17	BASSO
Criteri per una curva H/V affidabile							
[Tutti i tre requisiti dovrebbero essere soddisfatti]							
$f_0 > 10/Lw$			17.799	>	0.500		OK
$n_c(f_0) > 200$			25274	>	200		OK
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$			Superato 0 volte su 27				OK
$\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$							
Criteri per un picco H/V chiaro							
[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]							
Amplitude conditions	Esiste f in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f) < A_0/2$						OK
	Esiste f^* in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^*) < A_0/2$						OK
	$A_0 > 2$			2.8722	>	2	OK
Stability conditions	$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$						NO
	$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$			1.3397	>	0.8899	OK
	$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$			1.1726	<	1.5800	OK

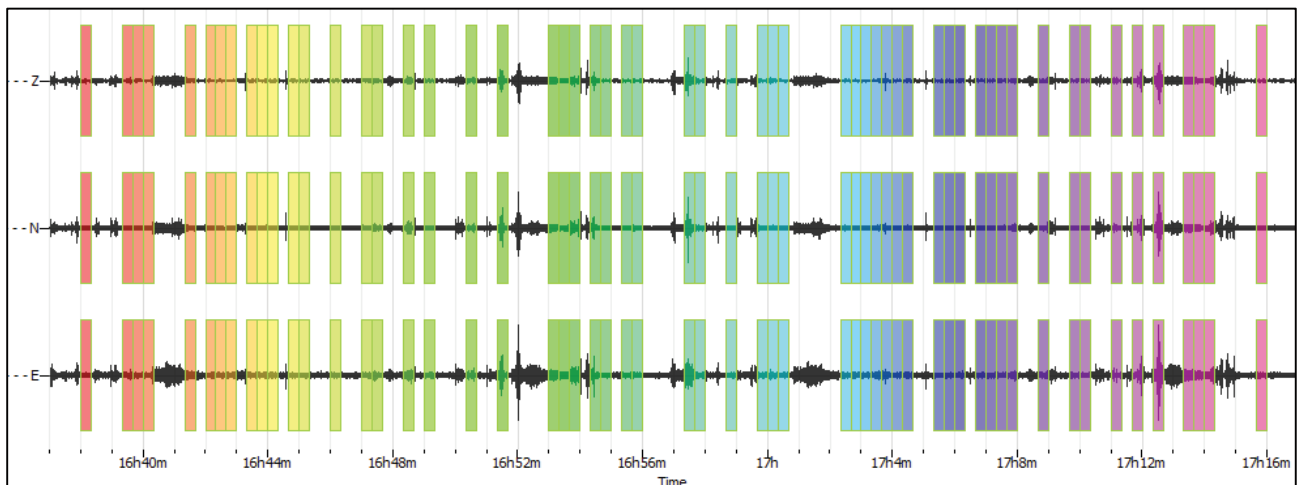
ULTERIORI CRITERI (D.Albarello, S.Castellaro, 2011)		
DURATA	Durata minima registrazione 20 minuti	SI
STAZIONARIETA'	% ($\sum Lw$ /durata registrazione) almeno 30%	SI
ISOTROPIA	Le variazioni azimutali di ampiezza non superano il 30% del massimo	SI
ASSENZA DISTURBI	Non ci sono indizi di rumore elettromagnetico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

CLASSE | A1

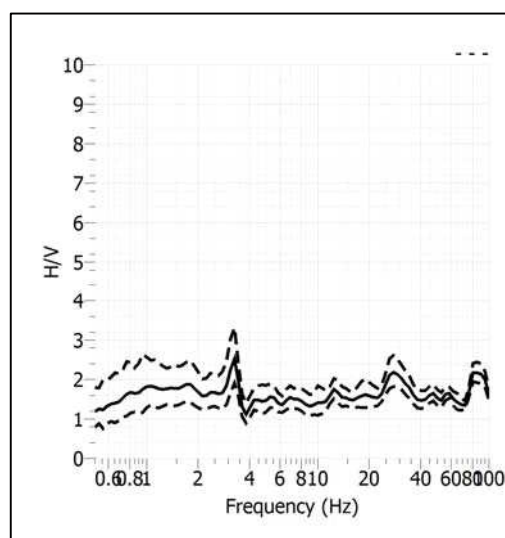
Stazione	Palagina_2	
Strumento	Theremino	
Data acquisizione	Giugno 2022	
Durata registrazione	40 minuti	
Freq. Campionamento	500 Hz	
Lunghezza finestre	20 s	
Numero di finestre analizzate	57 (48% del tracciato)	
Tipo di lisciamiento	Konno & Ohmachi	
Lisciamiento	40	
Orientamento strumentazione	0° N	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

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

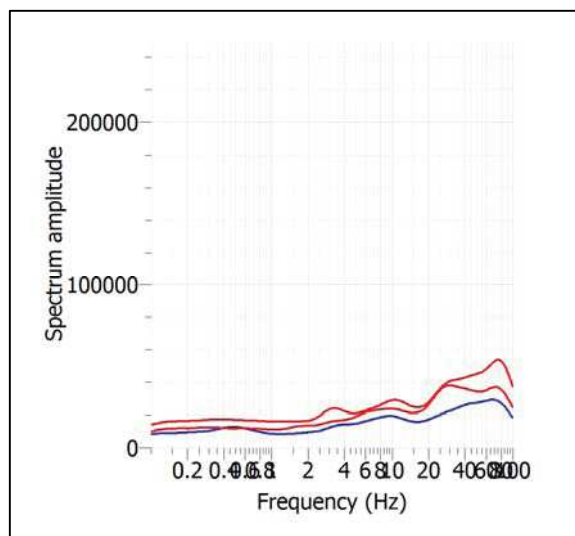
ACQUISIZIONE E FINESTRE DI ELABORAZIONE



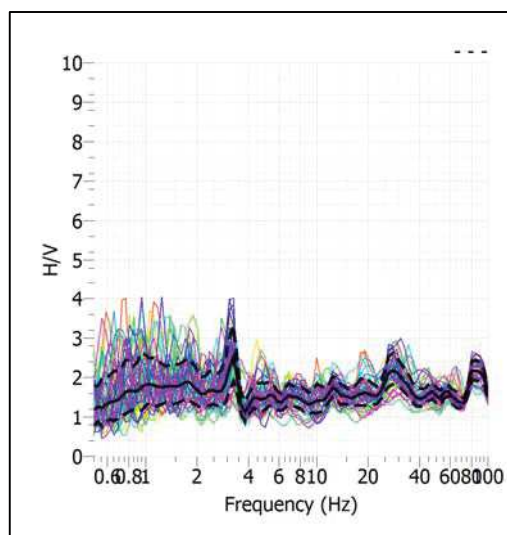
RAPPORTO SPETTRALE H/V



SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



SERIE TEMPORALE H/V



CRITERI SESAME

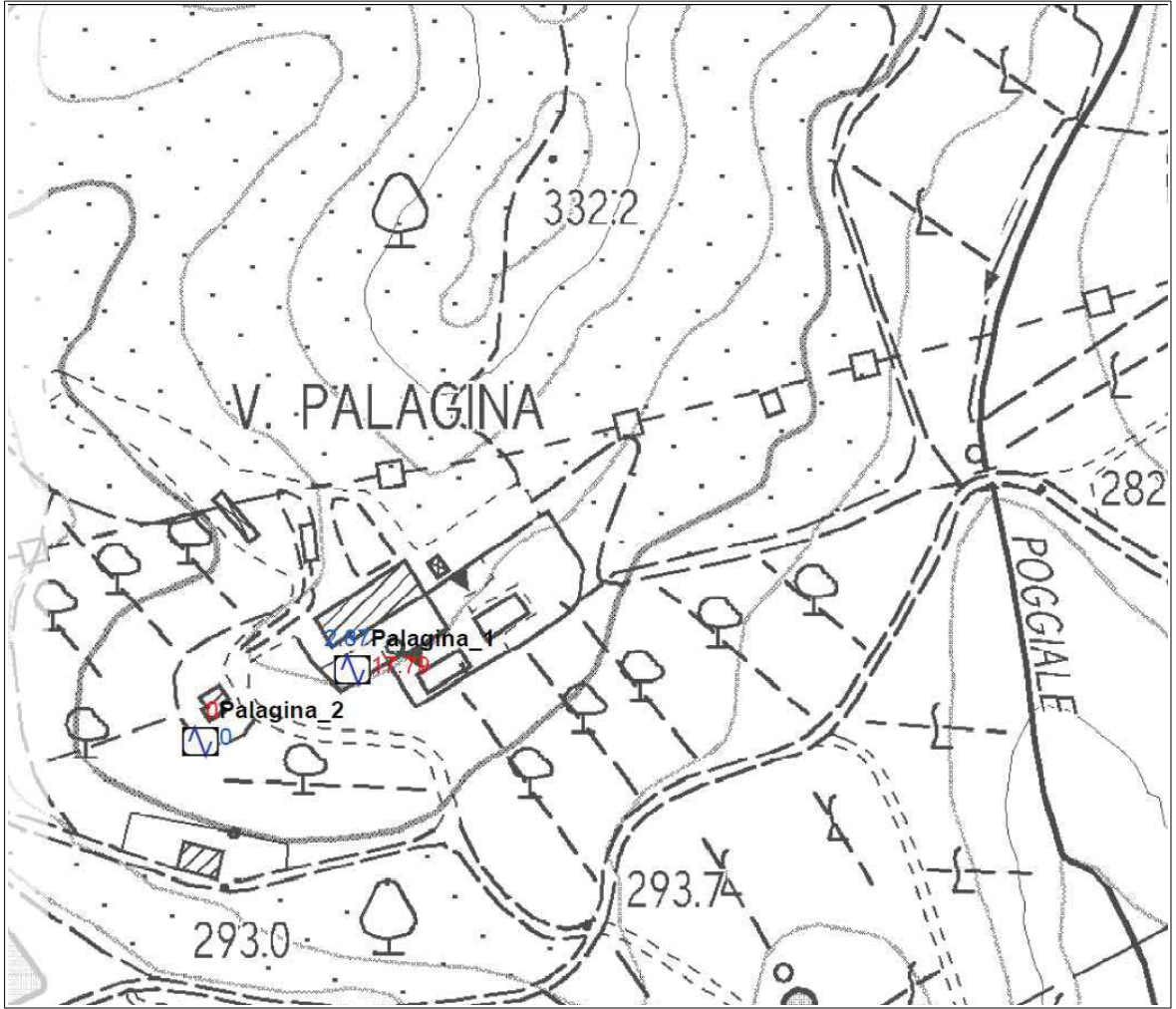
ULTERIORI CRITERI (D.Albarello, S.Castellaro, 2011)		
DURATA	Durata minima registrazione 20 minuti	SI
STAZIONARIETA'	% ($\sum Lw$ /durata registrazione) almeno 30%	SI
ISOTROPIA	Le variazioni azimutali di ampiezza non superano il 30% del massimo	NO
ASSENZA DISTURBI	Non ci sono indizi di rumore elettromagnetico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

CLASSE | A2

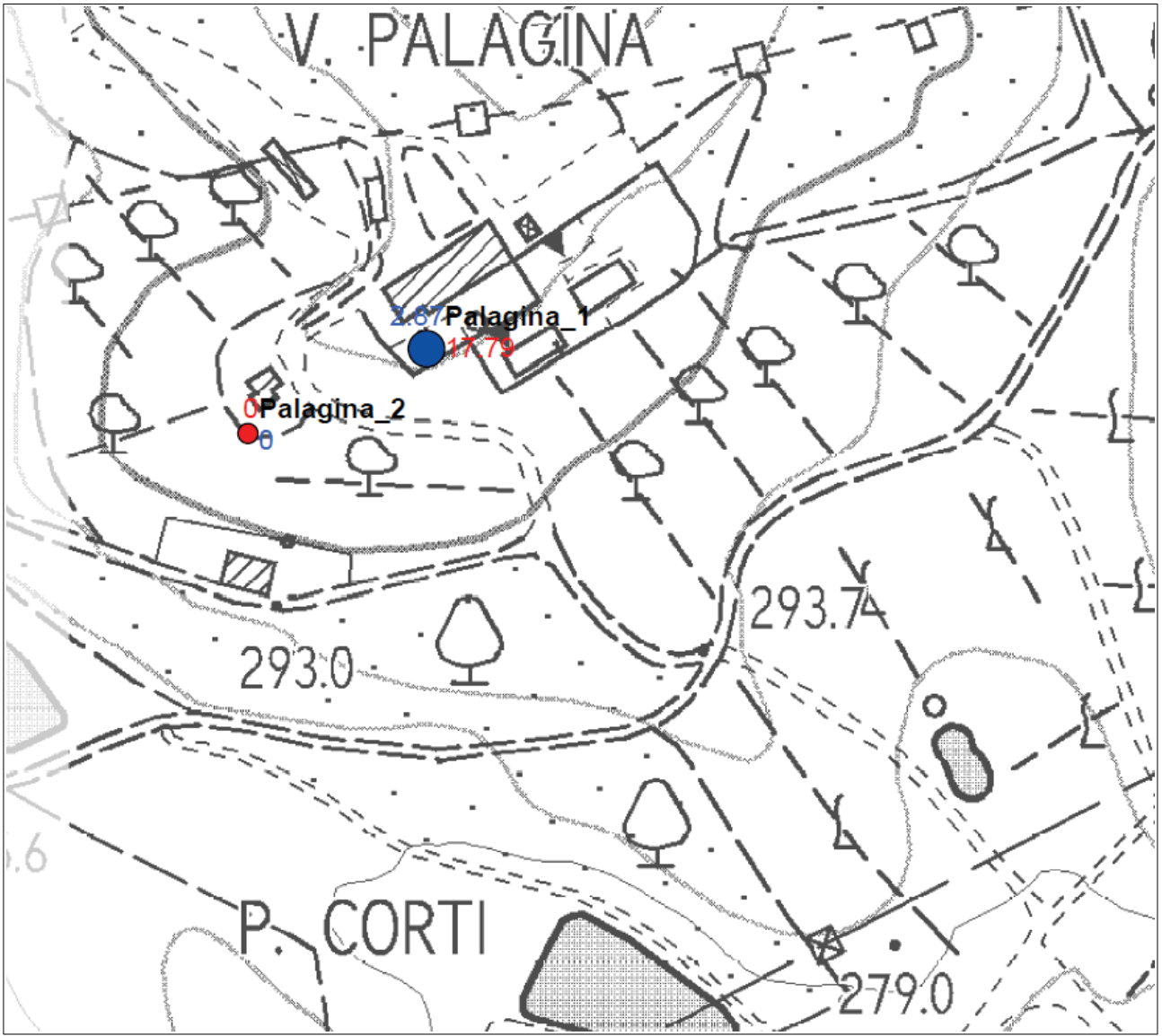
Non ci sono picchi significativi nel range di frequenze utile (0.5 - 20 Hz)

- **ALLEGATO GRAFICO: UBICAZIONE DELLE INDAGINI**

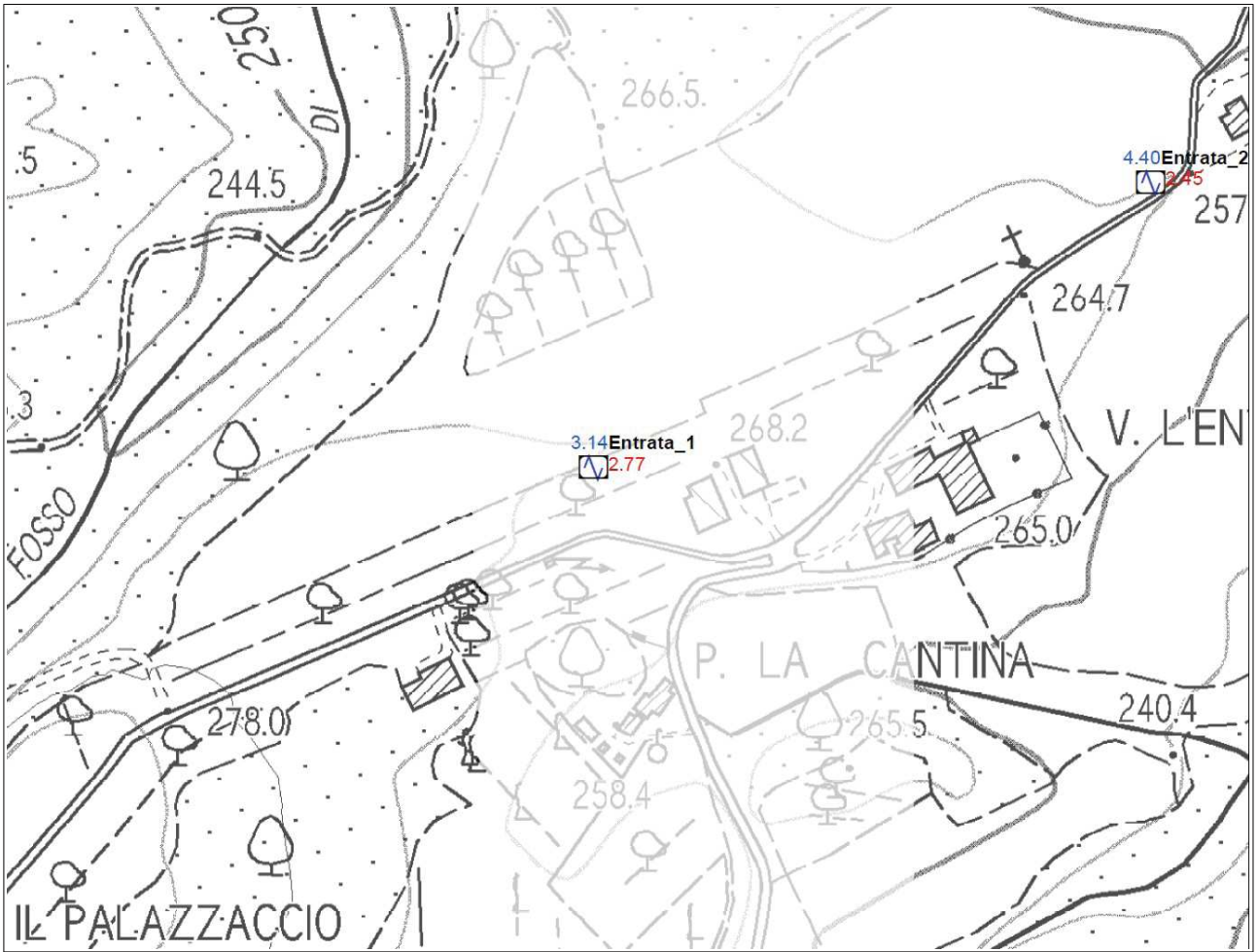
- **ALLEGATO GRAFICO: UBICAZIONE DELLE INDAGINI – SCALA 1: 2.000**



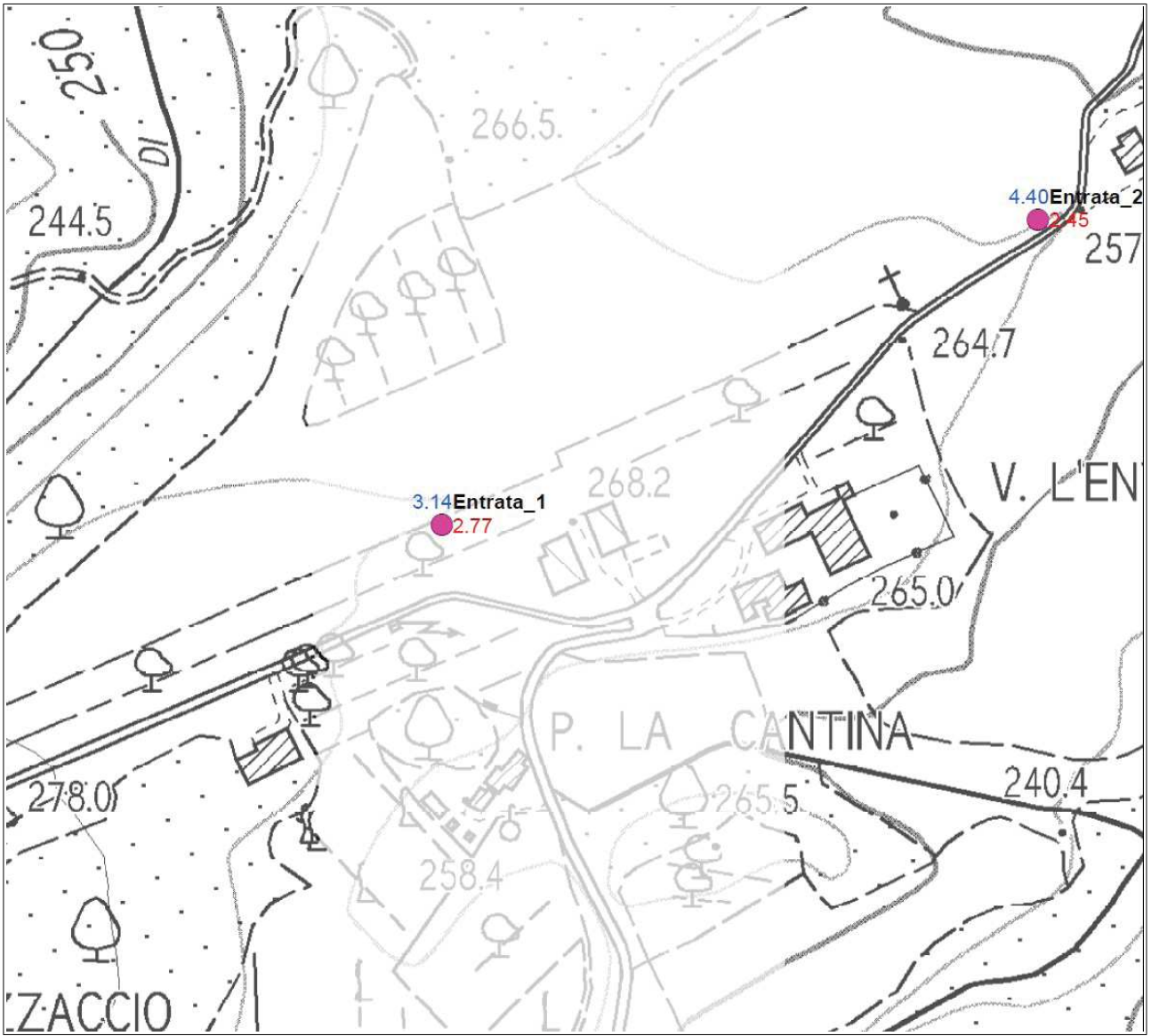
Carta delle Indagini Palagina



Carta delle Frequenze Palagina



Carta delle Indagini Entrata



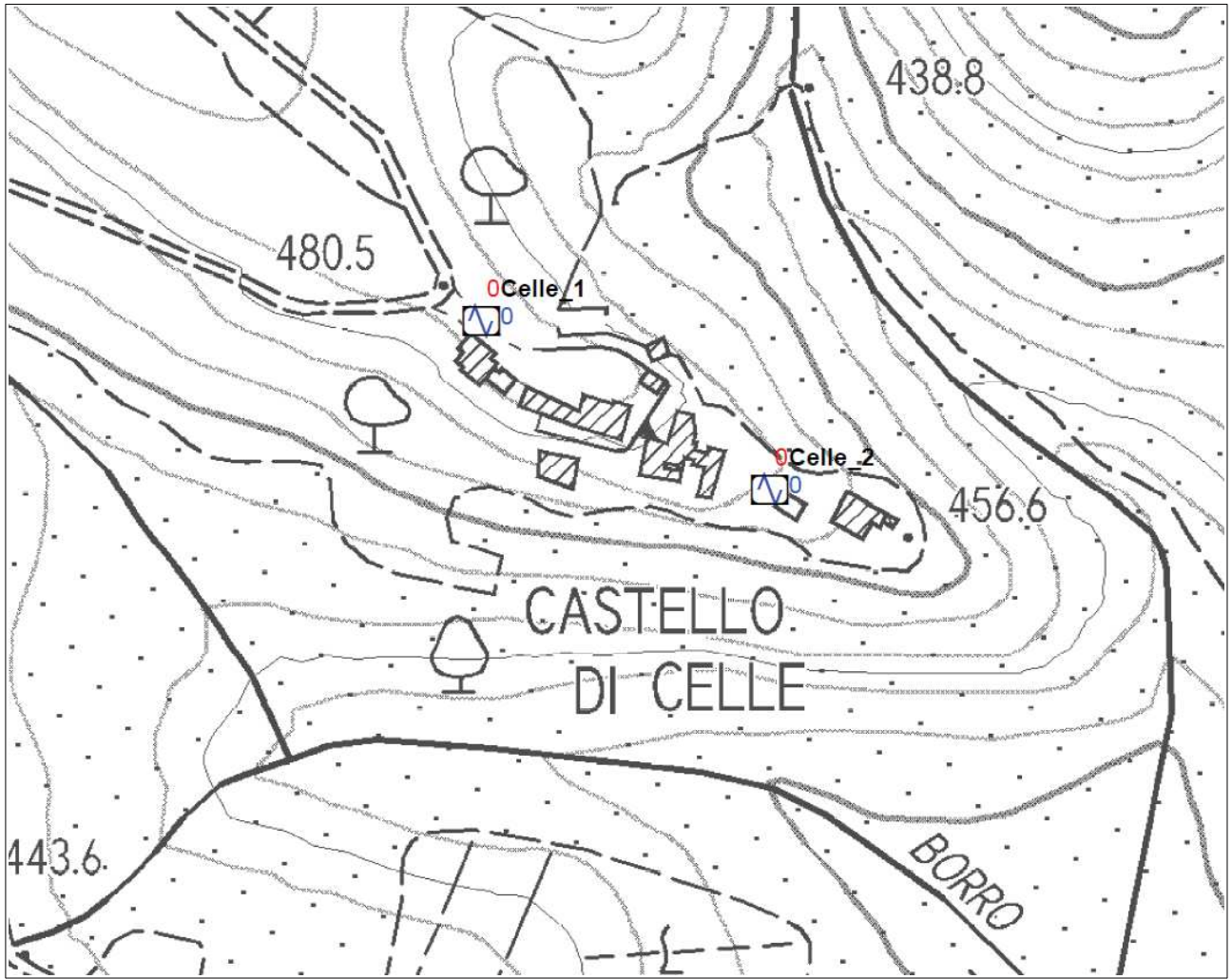
Carta delle |Frequenze Entrata



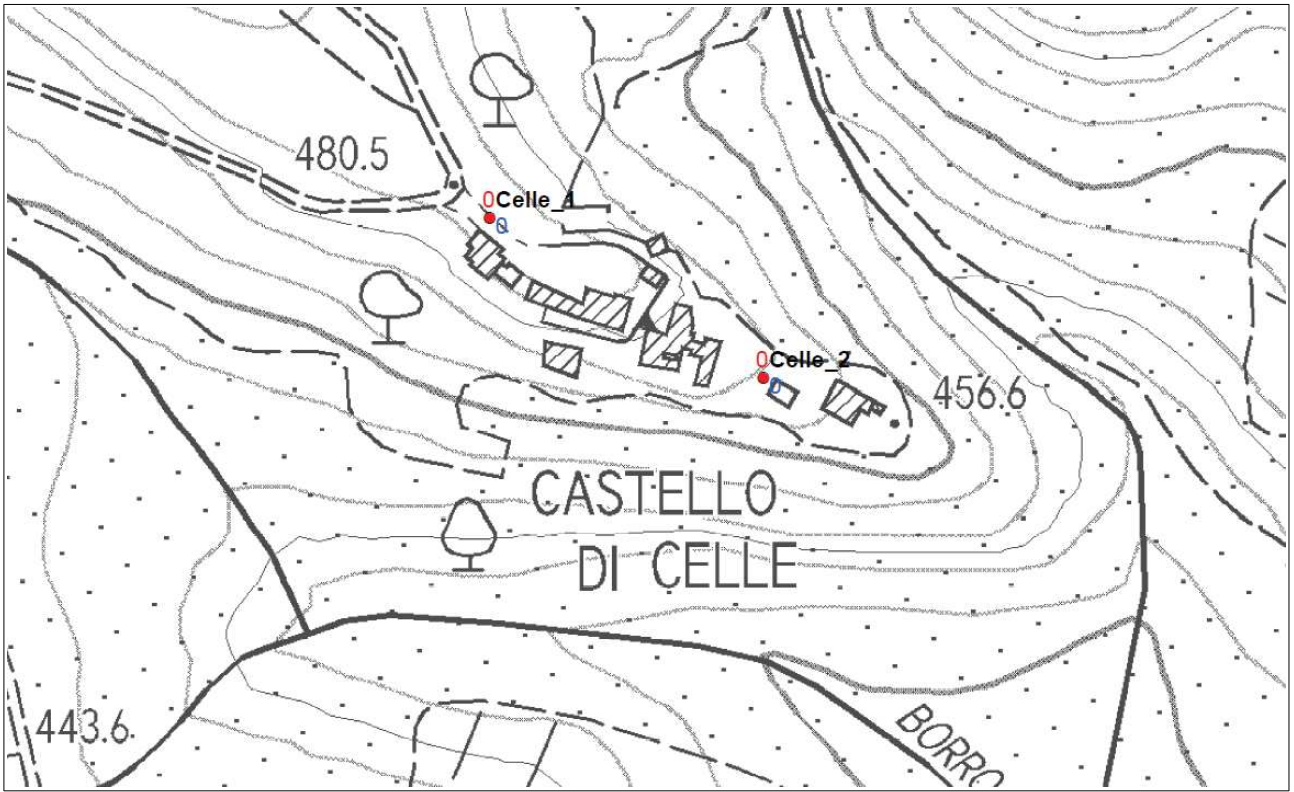
Carta delle Indagini Fattoio



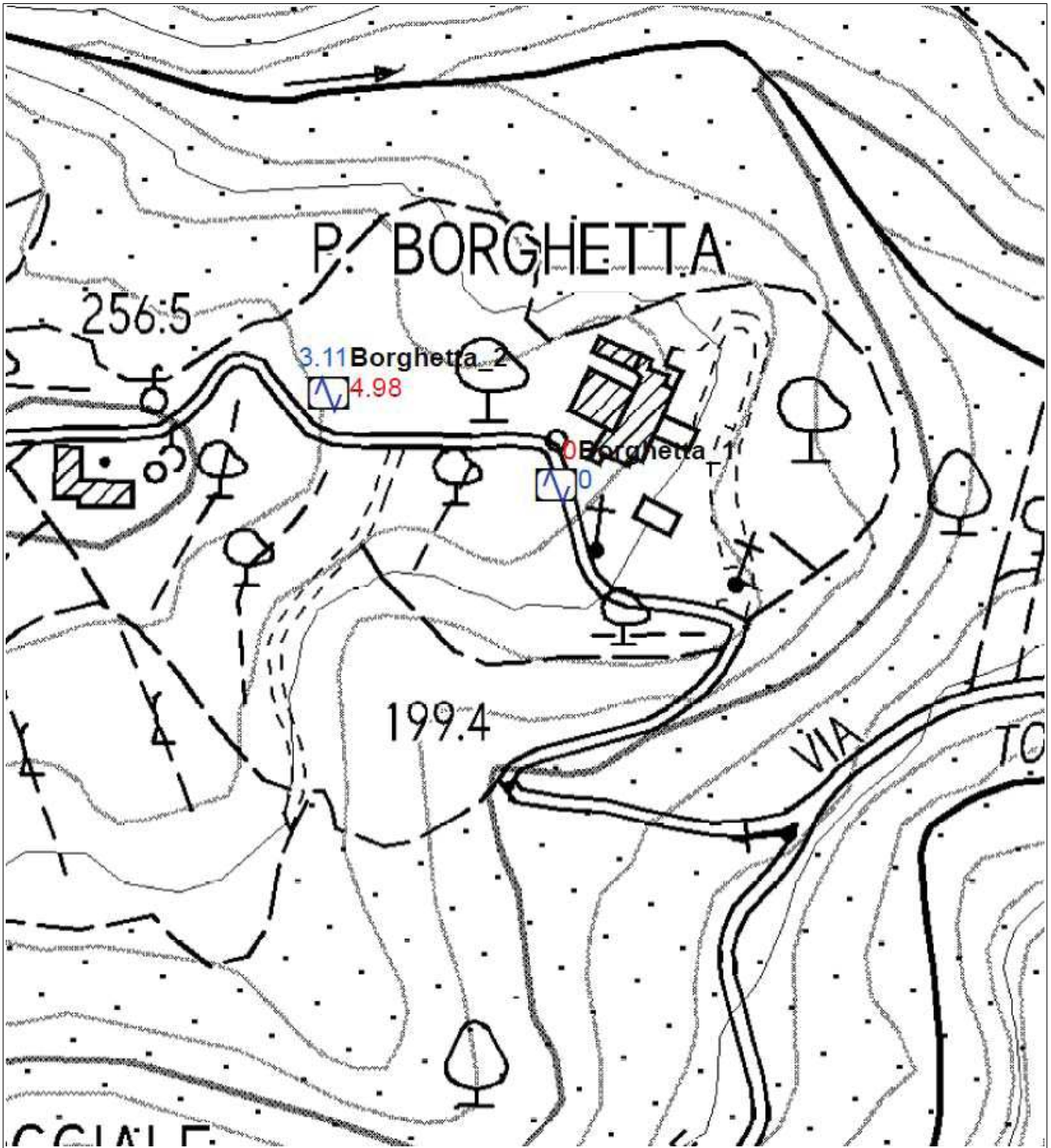
Carta delle Frequenze Fattoio



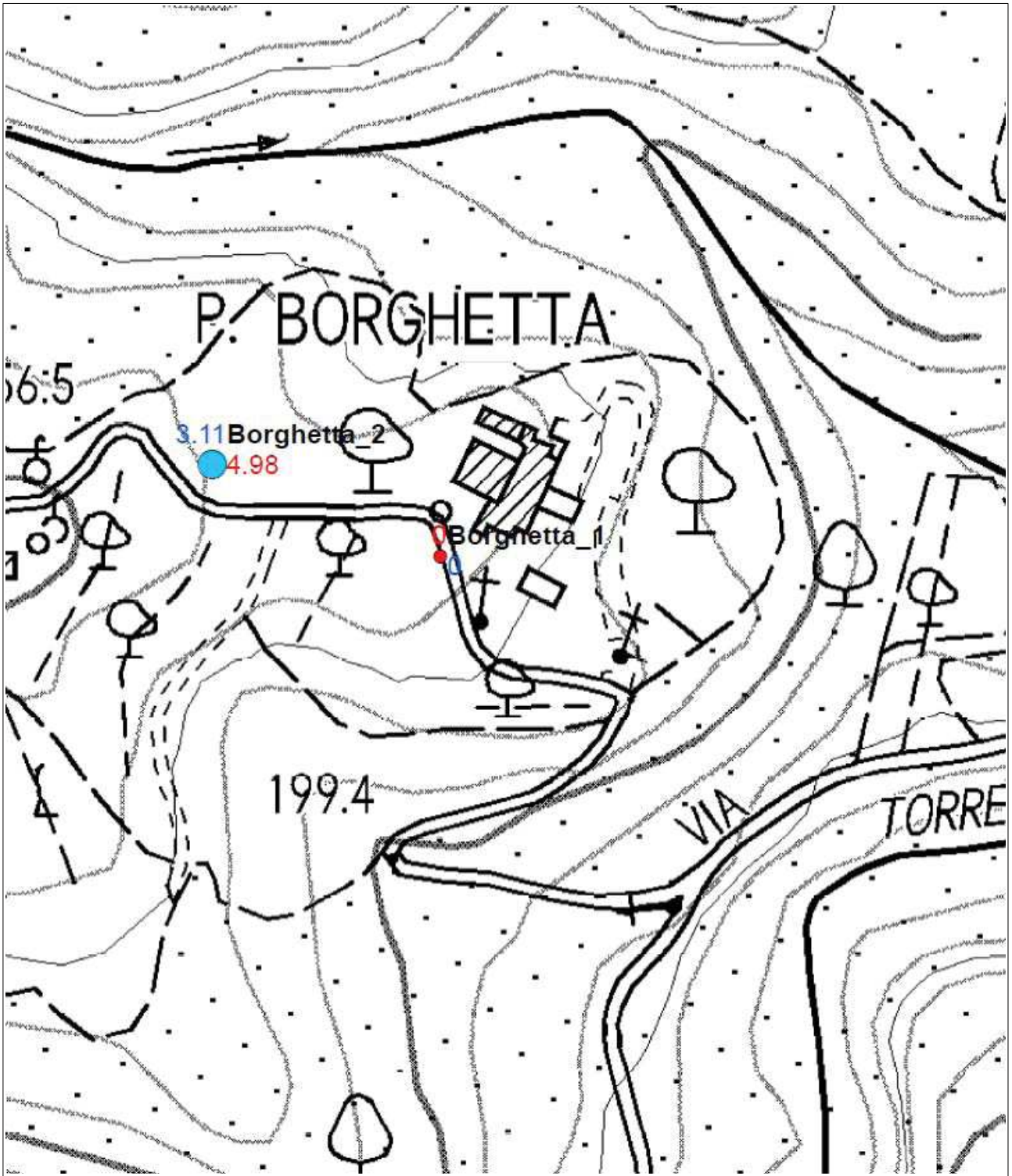
Carta delle Indagini Castello di Celle



Carta delle Frequenze Castello di Celle



Carta delle Indagini



Carta delle Frequenze Borghetta



Carta delle Indagini Castagneto



Carta delle Frequenze Castagneto