

E

COMUNE DI FUCECCHIO
Protocollo Generale
COPIA CONFORME ALL'ORIGINALE DIGITALE CONSERVATO PRESSO IL SISTEMA DI GESTIONE DOCUMENTALE DI QUESTO ENTE
Protocollo N.0022286 del 24/06/2022
Firmatario: Alessandro Fontanelli



GEOTECNICA IDROGEOLOGIA
GEOLOGIA AMBIENTALE

Via G. Pajetta, 48
56030 Calcinaia (PI)
tel./fax: 0587-489181

af.geo@virgilio.it

COMUNE DI FUCECCHIO
PROVINCIA DI FIRENZE

INTERVENTO DI TRASFORMAZIONE EDILIZIA.
ESECUZIONE DI PIANO ATTUATIVO DI
INIZIATIVA PRIVATA. UTOE 7 – MEZZOPIANO, PA87
IN VIA DI TACCINO – VIA BERTONCINI.
RELAZIONE GEOLOGICA DI
FATTIBILITA' GENERALE
AI SENSI DEL D.P.G.R. 5/R DEL 30.01.2020

APRILE 2020

COMMITTENTE:
La Freccia del Sud srl

SOMMARIO

PREMESSA	1
I. INQUADRAMENTO DELL'AREA	1
II. CARATTERIZZAZIONE DEI TERRENI D'IMPOSTA	9
III. INDAGINI GEOFISICHE.....	10
III.A.PROSPEZIONE SISMICA CON METODOLOGIA MASW.....	10
III.B. ACQUISIZIONE IN SISMICA PASSIVA	17
IV. CONCLUSIONI	25

ALLEGATI

- Corografia generale, scala 1:25.000
- Corografia, scala 1:10.000
- Studio geologico di supporto allo S.U. – Estratto carta geologica e geomorfologica, scala 1:5.000
- Studio geologico di supporto allo S.U. – Estratto carta della pericolosità geologica ai sensi del D.P.G.R. 53/R e del P.A.I. Bacino Arno, scala 1:5.000
- Studio geologico di supporto allo S.U. – Estratto carta della pericolosità idraulica ai sensi del D.P.G.R. 53/R, scala 1:5.000
- Studio geologico di supporto allo S.U. – Estratto carta della pericolosità sismica ai sensi del D.P.G.R. 53/R, scala 1:5.000
- Comune di Fuецchio – Regolamento Urbanistico, schede normative e di indirizzo progettuale: Scheda progetto PA87 – 2° VAR.
- Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Settentrionale: Piano di Bacino, stralcio Assetto Idrogeologico (P.A.I.) – Perimetrazione delle aree con pericolosità da fenomeni geomorfologici di versante, livello di sintesi, scala 1:5.000
- Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Settentrionale: Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni (PGRA) – Stralcio carta della pericolosità idraulica per il

dominio fluviale, scala 1:5.000

- Punti quotati di riferimento per rilievo planialtimetrico, scala 1:10.000
- Planimetria, scala 1:500
- Risultati indagini di riferimento: prove penetrometriche
- Risultati indagini di riferimento: geofisica - grafici "common-shot gather" e spettro di velocità
- Risultati indagini di riferimento: geofisica - grafici elaborazioni e profilo verticale onde S
- Risultati indagini di riferimento: geofisica - risultati inversione
- Risultati indagini di riferimento: geofisica - report di calcolo
- Risultati indagini di riferimento: geofisica – report indagine HVSR
- Documentazione fotografica
- Carta della pericolosità geologica ai sensi del D.P.G.R. 5/R
- Carta della pericolosità idraulica ai sensi del D.P.G.R. 5/R
- Carta della pericolosità sismica locale ai sensi del D.P.G.R. 5/R

PREMESSA

Il presente documento costituisce relazione geologica di fattibilità generale a supporto di un INTERVENTO DI TRASFORMAZIONE URBANISTICA per l'esecuzione di un PIANO ATTUATIVO DI INIZIATIVA PRIVATA nell'UTOE 7 – MEZZOPIANO, PA87, per un terreno posto in Fucecchio (FI), Via di Taccino – Via Bertoncini.

Il Comune di Fucecchio ha uno S.U. supportato da apposito Studio Geologico ai sensi del D.P.G.R. 53/R del 25.11.2011.

Lo studio si è articolato sulla caratterizzazione geologica, geomorfologica, idraulica e idrogeologica di un conveniente intorno dell'area, anche per riferimento alle cartografie tematiche esistenti (Studio Geologico di supporto allo S.U., ...), con adeguamento, laddove necessario, ai recenti aggiornamenti normativi (D.P.G.R. 5/R del 30.01.2020).

Una preliminare definizione stratigrafica e geomeccanica dei terreni d'imposta è ricavata per riferimento ad apposita indagine geognostica puntuale.

E' stata inoltre eseguita una indagine geofisica strutturata su una prospezione sismica di superficie MASW e una indagine in sismica passiva HVSR.

Al sensi del D.P.G.R. 5/R del 30.01.2020 sono definite le CLASSI DI PERICOLOSITÀ e i CRITERI GENERALI DI FATTIBILITÀ.

I. INQUADRAMENTO DELL'AREA

UBICAZIONE

L'area in oggetto è inquadrabile nella carta IGMI, al Foglio 274, Sezione IV ("Fucecchio"), e nella Carta Tecnica Regionale alla Sezione 274 060.

E' posta in margine Nord-Ovest della zona industriale che si sviluppa a Nord-Ovest di Fucecchio, in prossimità del toponimo Mezzopiano, nella parte settentrionale della grande piana alluvionale del Fiume Arno, in area sub-pianeggiante con quota media del p.c. intorno ai 16 m s.l.m..

GEOLOGIA

I tratti attuali della pianura del Fiume Arno si sono definiti durante l'Olocene con la progressiva erosione dei rilievi a seguito dell'ultimo "sollevamento" della Toscana occidentale (Pleistocene); in quest'ambito alcune fasi tettoniche hanno interessato anche i Monti Pisani e le dorsali collinari di Montecarlo e delle Cerbaie, con la lenta subsidenza dei bacini lacustri di Bientina e di Fucecchio. I rilievi plio-pleistocenici a Sud sono caratterizzati dai sedimenti pliocenici dovuti all'ultima ingressione marina (a seguito del riattivarsi delle comunicazioni tra Atlantico e Mediterraneo); su questi, nella fascia di passaggio al fondovalle, si ritrovano i depositi del Quaternario antico. I rilievi delle Cerbaie sono invece caratterizzati da importanti depositi fluviali antichi terrazzati a elementi quarziticci provenienti dal Monte Pisano. Le depressioni lacustri si sono venute colmando, talora anche con materiali torbosi, dando origine al caratteristico ambiente palustre, in parte portato a bonifica con le colmate artificiali. Nel fondovalle si è invece formato un "materasso" alluvionale costituito dai depositi dell'Arno stesso, con il locale contributo dei vari affluenti principali.

I terreni affioranti all'interno del territorio di Fucecchio sono:

- ❖ Depositi quaternari
 - Depositi di colmata: limi, limi argillosi e sabbie limose costituenti i depositi artificiali di colmate (prevalentemente per sedimentazione) antiche, recenti e attuali. Localmente possono anche essere presenti limitati livelli torbosi, rappresentativi di una passata maggiore estensione delle aree francamente paludose [Olocene].
 - Depositi palustri: torbe, limi e limi argillosi riferibili alla naturale deposizione

-
- del Padule di Fucecchio [Olocene].
- Depositi alluvionali attuali e recenti: ghiaie eterometriche, sabbie e limi di composizione poligenica (golene d'Arno); sabbie, sabbie limose e limi sabbiosi depositati fra l'Arno e Fucecchio; limi argillosi e argille limo-sabbiose. Nei fondovalle dei depositi della formazione delle Cerbaie-Altopascio anche ciottoli e sabbie [Olocene].
 - Depositi alluvionali antichi: depositi sabbiosi e sabbiosi-limosi con rari livelli di ghiaie centimetriche di composizione generalmente poligenica, costituenti le zone di raccordo tra i versanti e l'attuale piana alluvionale e localmente terrazzati [Pleistocene sup.-Olocene].
 - Colluvioni, detriti di versante e depositi gravitativi: accumuli eterogenei di residuali depositi di prodotti dell'erosione, composti da ciottoli, sabbie e limi-sabbiosi [Olocene].
 - ❖ Depositi fluviali delle Cerbaie – Altopascio
 - Formazione delle Cerbaie: conglomerato debolmente cementato in matrice sabbiosa, di colore prevalentemente rosso ocra, con ciottoli di quarziti, calcari cristallini e altri litotipi del Monte Pisano. Sono presenti anche livelli di spessore variabile di sabbie monogranulari fini, sabbie limose e limi argillosi, di colore generalmente variabile dal giallo al grigio. Lo stato d'alterazione è particolarmente accentuato e caratterizzato da frequente e abbondante argillificazione. Localmente, nel territorio comunale, sono prevalenti le frazioni più fini con scarsa presenza di ciottoli [Pleistocene medio].
 - ❖ Depositi fluviali e lacustri del Bacino di Lucca – Montecarlo – Vinci
 - Argille e sabbie di Marginone – Mastromarco: sabbie gialle, limi sabbiosi ed argille limose di colore grigio-nocciola. Ambiente deposizionale fluviale e palustre; nelle facies di canale presenti sottili livelli conglomeratici, spesso cementati e con ciottoli prevalentemente carbonatici [Villafranchiano sup.].
 - ❖ Depositi marini del bacino dell'Elsa – Pesa – Cerreto Guidi
 - Argille e sabbie: argille e argille sabbiose con intercalazioni di sabbia e sabbia argillosa. Le intercalazioni sabbiose possono variare da sabbia pulita a sabbia
-

con ciottoli a sabbia argillosa, anche lateralmente all'interno dello stesso banco. Non di rado sono associati livelli conglomeratici. Al tetto della formazione è presente un banco sabbioso caratterizzato da concrezioni ematitiche, sovrastato da un livello di argille sabbiose [Pliocene inf.-medio].

L'area in studio risulta cartograficamente impostata sui terreni alluvionali del Quaternario recente, di ambiente fluviale.

GEOMORFOLOGIA

I principali elementi geomorfologici, naturali e antropici che caratterizzano il territorio comunale di Fucecchio sono contraddistinti come riportato di seguito.

FORME NATURALI

- Erosione superficiale: zone con presenza di segni di canalizzazioni naturali o denudamenti della coltre superficiale causati dall'azione degli eventi meteorici più intensi. Queste forme si rilevano prevalentemente sulle colline a Est di Fucecchio.
- Ruscellamento: zone caratterizzate dall'assenza di un reticolo idraulico tale da consentire il corretto drenaggio delle acque per deflusso superficiale. Queste aree si presentano spesso denudate dalla vegetazione e direttamente esposte agli agenti esogeni.
- Depositi colluviali: coltri detritiche di pedemonte che hanno subito un breve trasporto, rilevabili alla base dei versanti, in prossimità degli importanti cambiamenti di pendenza. Questi depositi sono rilevabili molto frequentemente sulla testa degli impluvi che incidono il versante meridionale dell'altopiano delle Cerbaie sulla formazione geologica dei Depositi fluviali e lacustri del Bacino di Lucca-Montecarlo-Vinci. Da uno sguardo di insieme la formazione di questi depositi sembrerebbe direttamente collegata a un innalzamento della linea di riva dell'area lacustre del Padule di Fucecchio avvenuta nelle ultime

migliaia di anni. Il piede dei colluvi infatti, sebbene situato a distanze talvolta rilevanti dal padule, è posto sempre a quota leggermente superiore di questo. In tale contesto questi depositi potrebbero ricondursi anche ad alluvioni terrazzate, tuttavia non sono presenti dati geognostici di letteratura che consentano una classificazione più specifica.

- Soliflusso localizzato: piccole evidenze di soliflusso (scivolamento lento della coltre pedogenetica superficiale) si manifestano sui versanti delle colline a Est di Fucecchio.
- Detrito di versante: spesse coltri detritiche di versante che non presentano tracce di movimento. Questi depositi sono rilevabili sui versanti che modellano la formazione geologica dei Depositi fluviali e lacustri del Bacino di Lucca-Montecarlo-Vinci.
- Versanti acclivi di entità rilevante: si tratta di versanti con pendenze e altezze tali da giustificare il loro inserimento nella classe PF3 del P.A.I..
- Scarpate attive e quiescenti: la loro presenza si concentra prevalentemente sui Depositi fluviali e lacustri del Bacino di Lucca-Montecarlo-Vinci.
- Frane attive e quiescenti e relativa area di influenza: movimenti franosi di scivolamento rotazionale, di scivolamento planare e aree a franosità diffusa. La gran parte di detti movimenti si manifesta nelle colline a Est di Fucecchio.

FORME ANTROPICHE

- Argini fluviali: principali argini antropici, tra cui quello del Fiume Arno e quelli minori, rappresentati dal reticolo di canali (tra cui il Canale Maestro di Usciana) che drena le acque dal padule di Fucecchio.
- Forme residue di attività estrattiva: si distinguono essenzialmente in due tipologie:
 - le ex cave di sabbia dismesse situate sui depositi alluvionali dell'Arno, a Sud dell'abitato di Fucecchio e a Nord-Est di San Pierino;
 - le cosiddette cave "di prestito", situate sull'altopiano delle Cerbaie aperte

allo scopo di reperire materiale sabbioso per la realizzazione di rilevati stradali da eseguire nelle immediate vicinanze del sito.

- Rilevati stradali: piuttosto rari sulle colline delle Cerbaie, più frequenti nel fondovalle del Fiume Arno.
- Ex discariche: l'unica area segnalata corrisponde alla ex discarica "La Querciola".
- Riporti e rilevati: si possono distinguere in base ai vari spessori: <1 m, tra 1 e 2 m, superiore a 2 m.

L'area in oggetto risulta inserita in un contesto caratterizzato da buona stabilità generale, senza fenomeni di modellamento, naturali (erosivi o gravitativi, attivi o quiescenti) o antropici che possano condizionare quanto in progetto.

L'area industriale risulta in generale caratterizzata da uno spessore di riporto dell'ordine massimo del metro (a seguito degli interventi di urbanizzazione), che cartograficamente non è riportato nell'area in oggetto.

In realtà, già a vista per i rapporti di quota con la viabilità, ma anche a seguito dell'indagine effettuata, è possibile estendere detto riporto anche a quell'area.

IDROGEOLOGIA

In relazione ai vari affioramenti geologici, sulla base della litologia e della permeabilità, si possono distinguere alcune "situazioni" idrogeologiche:

- ➔ la fascia dei rilievi delle Cerbaie, dove importanti spessori fini, sterili, vedono l'intercalazione di livelli ghiaiosi (piuttosto profondi). Sulla base delle risultanze di perforazioni di pozzi artesiani, si possono localizzare risorse idriche di un qualche interesse a profondità variabili da 80 a oltre 130 m di profondità;
- ➔ la zona dei rilievi plio-pleistocenici, dove depositi a prevalenza argillosa, sterili, presentano intercalazioni di livelli sabbiosi, anche in questo caso piuttosto profondi, sede di acquiferi di media produttività; i pozzi che si attestano in detti acquiferi sono utilizzati per scopi essenzialmente domestici (quindi con

consumi piuttosto limitati);

- la zona di pianura, particolarmente nota dal punto di vista idrogeologico date le numerose perforazioni per i pozzi concentrati nelle varie zone industriali sviluppatasi nella fascia a cavallo del Fiume Arno. Questa zona è caratterizzata da una coltre di alluvioni argillose e limose con intercalazioni sabbiose e ghiaiose sede di acquiferi produttivi; la base di tali alluvioni (nella porzione centrale) è mediamente localizzabile intorno a 100 – 130 m di profondità. Gli acquiferi principali (artesiani) localizzabili nel “materasso” quaternario sono:
- ✧ acquifero A1: sabbioso e ghiaioso, individuato a partire dal piano campagna fino a una profondità massima di 50 m;
 - ✧ acquifero A2: costituito da ghiaie, individuato tra i 60 e i 95 m dal p.c., separato dall’acquifero A1 da un importante spessore (mediamente 30 m) semipermeabile.

Entro i 10 – 15 m dal p.c., si ha la presenza di uno o più livelli sabbiosi fini, che favoriscono l’infiltrazione e accumulo delle acque, formando una lama continua d’acqua con i connotati di falda acquifera vera e propria. Tale falda, da libera a semiconfinata, fino a confinata laddove i terreni più superficiali sono a prevalenza argillosa, è alimentata, oltre che dalle acque d’infiltrazione diretta, da quelle di subalveo dei corsi d’acqua minori. La produttività è relativamente bassa, e a questa attingono pozzi di grande diametro (del tipo detto “a sterro”) a uso domestico, che devono la loro funzionalità all’accumulo, per effetto “cisterna”, delle acque drenate all’immediato intorno. La piezometria è relativamente superficiale, anche se in genere oltre la canonica quota d’imposta di fondazioni dirette.

IDROGRAFIA SUPERFICIALE

L’idrografia superficiale principale nel medio intorno è scarsamente rappresentata.

Il corso d'acqua contraddistinto cartograficamente più vicino è il Rio di Fucecchio, circa 50 m a Nord.

Nella porzione circostante l'edificato (a Nord, Sud e Ovest) si ha piuttosto un fitto reticolo di scoline, fosse campestri, capofossi, nelle diffuse aree a coltivazioni.

Il recapito finale di detto reticolo sono essenzialmente i grandi canali di drenaggio della pianura, che bordano a Nord la pianura del Fiume Arno.

PERICOLOSITÀ E FATTIBILITÀ

Le cartografie di riferimento sono:

- ❖ Studio Geologico di supporto allo S.U. del Comune di Fucecchio:
 - ➔ Carta della pericolosità geologica ai sensi del D.P.G.R. 53/R e del P.A.I. Bacino Arno;
 - ➔ Carta della pericolosità idraulica ai sensi del D.P.G.R. 53/R;
 - ➔ Carta della pericolosità sismica ai sensi del D.P.G.R. 53/R.
- ❖ Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Settentrionale:
 - ➔ Piano di Bacino Stralcio Assetto Idrogeologico (P.A.I.): Carta di perimetrazione delle aree con pericolosità da fenomeni geomorfologici di versante – livello di sintesi (scala 1:25.000);
 - ➔ Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni (P.G.R.A.): Carta della pericolosità idraulica del dominio fluviale.

Nello Studio Geologico di supporto allo S.U., l'area d'intervento ricade in classe G.2 (MEDIA) di pericolosità geologica, in classe I.3 (ELEVATA) di pericolosità idraulica, parte in classe S.2 (MEDIA) e parte in classe S.3 (ELEVATA) di pericolosità sismica locale.

Nel Piano Stralcio Assetto Idrogeologico (P.A.I.) dell'AUTORITÀ DI BACINO DISTRETTUALE DELL'APPENNINO SETTENTRIONALE l'area non è classificata nella cartografia delle aree con pericolosità da fenomeni geomorfologici di versante – livello di sintesi.

Nel Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni (P.G.R.A.) dell'AUTORITÀ DI

BACINO DISTRETTUALE DELL'APPENNINO SETTENTRIONALE l'area classe P2 (PERICOLOSITÀ DA ALLUVIONE MEDIA) nella carta della pericolosità idraulica del dominio fluviale, attribuita "... ad aree inondabili da eventi con tempo di ritorno minore/uguale di 30 anni ...".

La scheda Progetto: PA87 – 2° VAR. del Regolamento Urbanistico (riportata in allegato e alla quale si rimanda per il dettaglio) infine norma l'intervento nell'area in oggetto dettando le specifiche classi di fattibilità, definendo una classe F3 (CONDIZIONATA) di fattibilità per gli aspetti geologici, idraulici e sismici.

II. CARATTERIZZAZIONE DEI TERRENI D'IMPOSTA

Per la caratterizzazione preliminare dei terreni d'imposta è stata eseguita una indagine geognostica puntuale.

INDAGINE GEOGNOSTICA DI RIFERIMENTO

Si tratta di due PROVE PENETROMETRICHE STATICHE CPT (Cone Penetration Test) spinte entrambe a 14 m di profondità, e ubicate secondo quanto riportato in allegato.

Le prove sono state eseguite dalla ditta PENETRATIO snc di San Miniato (PI) con un penetrometro statico-dinamico PAGANI TG 63/200 semovente autoancorante attrezzato, per la prova CPT, con punta meccanica tipo Begemann, e con dispositivo di spinta fino a 20 t complessive.

In entrambe le verticali geognostiche si rinviene un primo strato di riporto, di spessore intorno al metro.

Oltre detto strato si rilevano terreni a prevalenza coesiva (limo-argillosi), impostati su prevalenti litotipi granulari fino-medi (limi e sabbie), localmente con passate più grossolane (sabbie più franche e/o addensate, sabbie ghiaiose).

Il confronto tra le due verticali geognostiche evidenzia una sensibile variazione

laterale, sia per quanto riguarda le caratteristiche granulometriche, che (questo in modo più marcato oltre i 6 – 7 m) per i valori medi della resistenza alla punta:

- ❖ in effetti terreni con maggiore valore di $q_{c_{med}}$ si rinvennero in CPT1 a partire dai 6 m di profondità, mentre in CPT2 a 10 m dal p.c.;
- ❖ in CPT1 si rinviene un litotipo più grossolano e/o addensato, non rilevato in CPT2.

In CPT2 è stata installata una canna piezometrica che successivamente ha permesso, mediante controllo manuale con sonda freaticometrica, di rilevare una quota piezometrica dell'acqua a – 2,47 m dal p.c.

III. INDAGINI GEOFISICHE

Nell'area in oggetto è stata eseguita una indagine geofisica così strutturata:

- ❖ esecuzione di prospezione sismica di superficie con metodologia MASW;
- ❖ acquisizione in sismica passiva (HVSr con singola stazione).

III.A. PROSPEZIONE SISMICA CON METODOLOGIA MASW

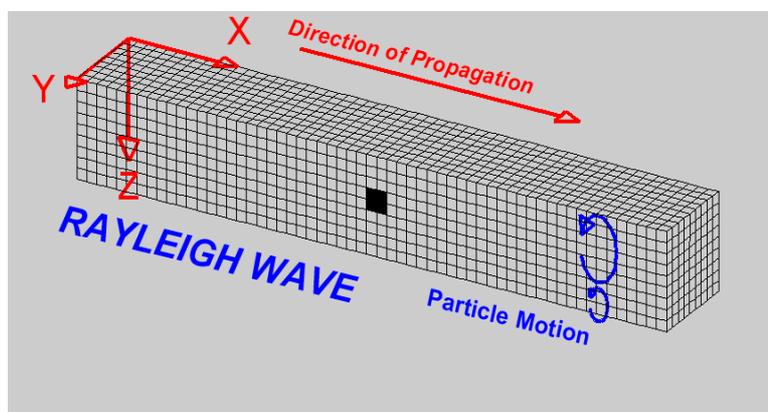
L'indagine MASW è effettuata per la caratterizzazione della velocità delle onde Sh dei terreni, per la determinazione del parametro VS_{30} , necessario al fine della classificazione dei suoli per la definizione dell'azione sismica di progetto.

GENERALITÀ SUL METODO MASW

Nella maggior parte delle indagini sismiche per le quali si utilizzano le onde compressive, più di due terzi dell'energia sismica totale generata viene trasmessa nella forma di onde di Rayleigh, la componente principale delle onde superficiali.

Queste sono generate dall'interazione tra le onde di pressione (P) e le onde di taglio verticali (SV) ogni qualvolta esiste una superficie libera in un mezzo omogeneo e isotropo; possono essere viste come la sovrapposizione di due componenti separate,

una longitudinale e l'altra trasversale, che si propagano lungo la superficie con la stessa velocità ma con differente attenuazione con la profondità. La propagazione delle onde di Rayleigh, anche se



influenzata dalla VP e dalla densità, è funzione innanzitutto della VS. Alla superficie libera hanno moto ellittico retrogrado (moto antiorario) che si inverte a una profondità di $\lambda/2\pi$. In presenza di un semispazio omogeneo la loro velocità non presenta dipendenza dalla frequenza: non si ha cioè la dispersione, che è la deformazione di un treno d'onde dovuta a una variazione di velocità di propagazione al variare della frequenza. Per le onde di Rayleigh questa deformazione si manifesta solo quando il terreno presenta una stratificazione. In caso di variazione di velocità dei terreni in senso verticale, ciascuna componente di frequenza dell'onda superficiale ha una diversa velocità di propagazione (chiamata velocità di fase) che, a sua volta, corrisponde a una diversa lunghezza d'onda.

Sebbene le onde superficiali siano considerate rumore per le indagini sismiche che utilizzano le onde di corpo (riflessione e rifrazione), la loro proprietà dispersiva può essere pertanto utilizzata per studiare le proprietà elastiche dei terreni superficiali.

La costruzione di un profilo verticale di velocità delle onde di taglio (Vs), ottenuto dall'analisi delle onde piane della modalità fondamentale delle onde di Rayleigh è una delle pratiche più comuni per utilizzare le proprietà dispersive delle onde superficiali. Questo tipo di analisi fornisce i parametri fondamentali comunemente utilizzati per valutare la rigidità superficiale, una proprietà critica per molti studi geotecnici.

L'intero processo comprende tre passi successivi:

- l'acquisizione delle onde superficiali (ground roll);
- la costruzione di una curva di dispersione (il grafico della velocità di fase rispetto alla frequenza);
- l'inversione della curva di dispersione per ottenere il profilo verticale delle Vs.

Per ottenere un profilo Vs bisogna produrre un treno d'onde superficiali a banda larga e registrarlo minimizzando il rumore. Una molteplicità di tecniche diverse sono state utilizzate nel tempo per ricavare la curva di dispersione, ciascuna con i suoi vantaggi e svantaggi.

L'inversione della curva di dispersione viene realizzata iterativamente, utilizzando la curva di dispersione misurata come riferimento sia per la modellizzazione diretta che per la procedura ai minimi quadrati.

Dei valori approssimati per il rapporto di Poisson e per la densità sono necessari per ottenere il profilo verticale Vs dalla curva di dispersione e vengono solitamente stimati utilizzando misure prese in loco o valutando le tipologie dei materiali.

Quando si generano le onde piane della modalità fondamentale delle onde di Rayleigh vengono generate anche una molteplicità di tipi diversi di onde. Fra queste le onde di corpo, le onde superficiali non piane, le onde riverberate (back scattered) dalle disomogeneità superficiali, il rumore ambientale e quello imputabile alle attività umane. Le onde di corpo sono in vario modo riconoscibili in un sismogramma multicanale. Quelle rifratte e riflesse sono il risultato dell'interazione fra le onde e l'impedenza acustica (il contrasto di velocità) fra le superfici di discontinuità, mentre le onde di corpo dirette viaggiano, come è implicito nel nome, direttamente dalla sorgente ai ricevitori (geofoni). Le onde che si propagano a breve distanza dalla sorgente sono sempre onde superficiali. Queste onde, in prossimità della sorgente, seguono un complicato comportamento non lineare e non possono essere trattate come onde piane. Le onde superficiali riverberate (back scattered) possono essere prevalenti in un sismogramma multicanale se in prossimità delle misure sono presenti discontinuità orizzontali quali fondazioni e muri di contenimento. Le ampiezze relative di ciascuna tipologia di rumore generalmente cambiano con la

frequenza e la distanza dalla sorgente. Ciascun rumore, inoltre, ha diverse velocità e proprietà di attenuazione che possono essere identificate sulla registrazione multicanale grazie all'utilizzo di modelli di coerenza e in base ai tempi di arrivo e all'ampiezza di ciascuno. La scomposizione di un campo di onde registrate in un formato a frequenza variabile consente l'identificazione della maggior parte del rumore, analizzando la fase e la frequenza indipendentemente dalla distanza dalla sorgente. La scomposizione può essere quindi utilizzata in associazione con la registrazione multicanale per minimizzare il rumore durante l'acquisizione.

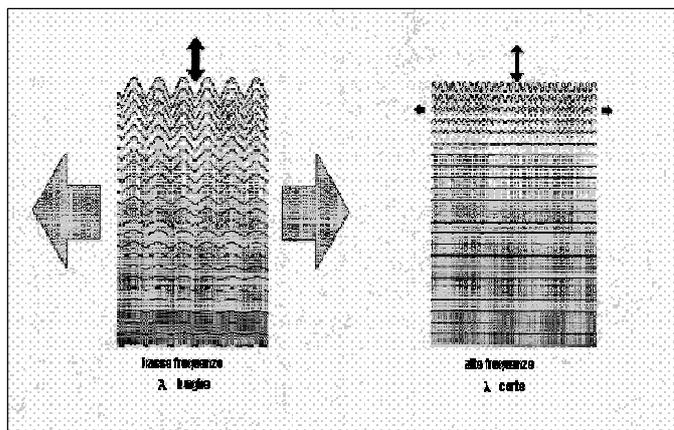
La scelta dei parametri di elaborazione così come del miglior intervallo di frequenza per il calcolo della velocità di fase, può essere fatto con maggior accuratezza utilizzando dei sismogrammi multicanale. Una volta scomposto il sismogramma, una opportuna misura di coerenza applicata nel tempo e nel dominio della frequenza può essere utilizzata per calcolare la velocità di fase rispetto alla frequenza. La velocità di fase e la frequenza sono le due variabili (x ; y), il cui legame costituisce la curva di dispersione. E' anche possibile determinare l'accuratezza del calcolo della curva di dispersione analizzando la pendenza lineare di ciascuna componente di frequenza delle onde superficiali in un singolo sismogramma. In questo caso MASW permette la miglior registrazione e separazione ad ampia banda ed elevati rapporti S/N. Un buon rapporto S/N assicura accuratezza nel calcolo della curva di dispersione, mentre l'ampiezza di banda migliora la risoluzione e la possibile profondità di indagine del profilo V_s di inversione.

Le onde di superficie sono facilmente generate da una sorgente sismica quale, ad esempio, una mazza battente. La configurazione base di campo e la routine di acquisizione per la procedura MASW sono generalmente le stesse utilizzate in una convenzionale indagine a riflessione (CMP).

MASW può essere efficace con anche solo dodici canali di registrazione collegati a geofoni singoli a bassa frequenza (<10Hz).

L'illustrazione mostra le proprietà di dispersione delle onde di superficie. Le

componenti a bassa frequenza (lunghezze d'onda maggiori), sono caratterizzate da forte energia e grande capacità di penetrazione, mentre le componenti ad alta frequenza (lunghezze d'onda corte), hanno meno energia e una penetrazione superficiale. Grazie a queste proprietà, una



metodologia che utilizzi le onde superficiali può fornire informazioni sulle variazioni delle proprietà elastiche dei materiali prossimi alla superficie al variare della profondità. La velocità delle onde S (V_s) è il fattore dominante che governa le caratteristiche della dispersione.

ATTREZZATURE E METODOLOGIE IMPIEGATE

Per l'indagine in oggetto si è impiegata un'attrezzatura AMBROGEO "ECHO 12-24/2002 Sismic Unit", avente le seguenti caratteristiche:

- ❖ numero di canali: 24
- ❖ sampler interval: 0,296 ms
- ❖ A/D conversion: 16 bit
- ❖ input impedance: 1KOhm
- ❖ Gain: 10 dB – 100 dB (step 1 dB)
- ❖ saturation tension: +/- 2,3 V
- ❖ saturation level: 100 dB
- ❖ distorsion: 0,01%
- ❖ sampler:
 - 25 ms (191 punti)
 - 50 ms (383 punti)
 - 100 ms (1530 punti)

- 200 ms (3060 punti)
- 400 ms (6121 punti)
- 1000 ms
- ❖ sampling: 130 micro/s
- ❖ filter low pass: 50/950 Hz, step 1 Hz
- ❖ digital filter low pass: 1000-50
- ❖ digital filter high pass: 0-250
- ❖ frequency response: 7-950 Hz, filter at 950 Hz
- ❖ dynamic range: 93 dB
- ❖ noise: 0,66 uV RMS, gain = 55 dB
- ❖ crosstalk: 52 dB, gain = 55 dB
- ❖ power: 12 V.

Il software di acquisizione dati è "ECHO 12-24" vers. 7.00.

L'attrezzatura è completata da 2 cavi sismici a 12 takes out spazati a 5 m, con connettori cannon, montati su rullo, geofoni "Geospace" a 4,5 Hz, cannoncino per cartucce industriali, mazza di battuta da 8 Kg con interruttore starter, geofono starter, cavo trigger da 200 m montato su rullo.

Lo stendimento impiegato per il profilo MASW in oggetto ha le seguenti caratteristiche:

- ➔ n. geofoni: 12
- ➔ spaziatura fra i geofoni: 5 m
- ➔ n. shots: energizzazione mediante mazza battente a distanza di 5 e 107 m dalla linea geofonica
- ➔ tempo di acquisizione: 1.000 ms.

INTERPRETAZIONE DEI DATI

Per l'interpretazione è stato utilizzato il software winMASW, che consente la determinazione di profili verticali di velocità delle onde di taglio Vs tramite inversione

delle curve di dispersione ottenute, effettuata con algoritmi “genetici”. Tale programma è in grado di operare sui records in formato SGY prodotti dalla strumentazione Ambrogeo secondo la procedura specifica descritta nel capitolo introduttivo.

Nell’ambito del contesto litostratigrafico in oggetto le condizioni stratigrafiche e le proprietà dei terreni sono chiaramente riconducibili alle categorie definite nella Tab. 3.2.II delle NTC (cfr §3.2.2 “CATEGORIE DI SOTTOSUOLO E CONDIZIONI TOPOGRAFICHE”), e si può quindi fare riferimento a un APPROCCIO SEMPLIFICATO che si basa sulla classificazione del sottosuolo, in funzione dei valori della velocità di propagazione delle onde di taglio V_s , effettuata in base alle condizioni stratigrafiche e ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio, $V_{s,eq}$ (in m/s), definita dall’espressione:

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

con:

h_i = spessore dell’i-esimo strato;

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

N = numero di strati;

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

Le categorie di sottosuolo che permettono l’utilizzo dell’approccio semplificato sono definite in Tab. 3.2.II.

Tab. 3.2.II – *Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato.*

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

Con i dati di riferimento, per la zona di indagine si ricava una

$$V_{s,30} = 196 \text{ m/s}$$

e conseguentemente una

Categoria di suolo di fondazione "C".

III.B. ACQUISIZIONE IN SISMICA PASSIVA

GENERALITÀ SULLATECNICA HVSR

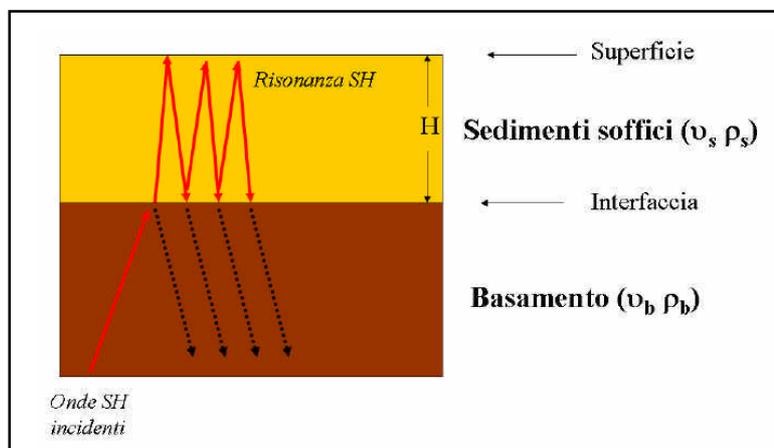
La sismica passiva studia il microtremore sismico ambientale (rumore sismico); questa sfrutta il fatto che il "rumore", pur non recando l'informazione relativa alla sua sorgente, risulta sensibile alla locale struttura presso la stazione di misura.

La strumentazione per eseguire misure di sismica passiva può operare in spazi ridotti, non necessita di energizzazioni e permette di indagare profondità molto elevate. I tempi di esecuzione sono relativamente bassi.

Il rumore sismico ambientale deriva dalla composizione di molte sorgenti che agiscono in tempi diversi e in zone diverse. Nel campo del rumore sono rappresentate

sia onde di volume (fronte d'onda sferico) sia onde di superficie (fronte d'onda cilindrico), ma le onde di superficie hanno carattere dominante, perché caratterizzate da minore attenuazione.

Quando fra 2 superfici esiste una variazione significativa dell'impedenza acustica si ha il fenomeno della risonanza, che deriva dall'intrappolamento di energia sismica (essenzialmente delle fasi



SH) all'interno delle coperture ovvero fra la superficie e un basamento rigido qui inteso come una formazione "caratterizzata da valori delle velocità di propagazione delle onde di taglio S significativamente maggiori di quelli relativi alle coperture localmente presenti" delle onde.

L'equazione della risonanza è la seguente:

$$f = n \frac{V_s}{4H} \quad n = 1, 3, 5, \dots$$

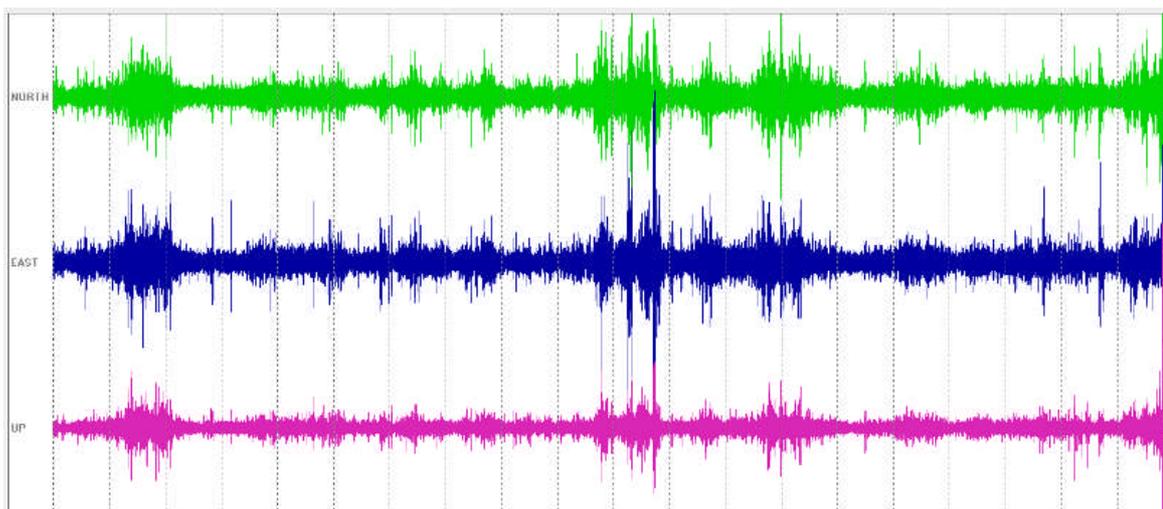
dove n indica l'ordine del modo di vibrare (fondamentale, primo superiore ecc.), Vs è la velocità delle onde di taglio nello strato oggetto di risonanza e H è lo spessore di detto strato.

Nella maggior parte dei casi, a causa dell'attenuazione delle coperture, il solo modo visibile è il fondamentale.

Le registrazioni in campagna vengono effettuate mediante un tromografo, che consiste in un'apparecchiatura che riunisce una terna di sensori velocimetrici orientati

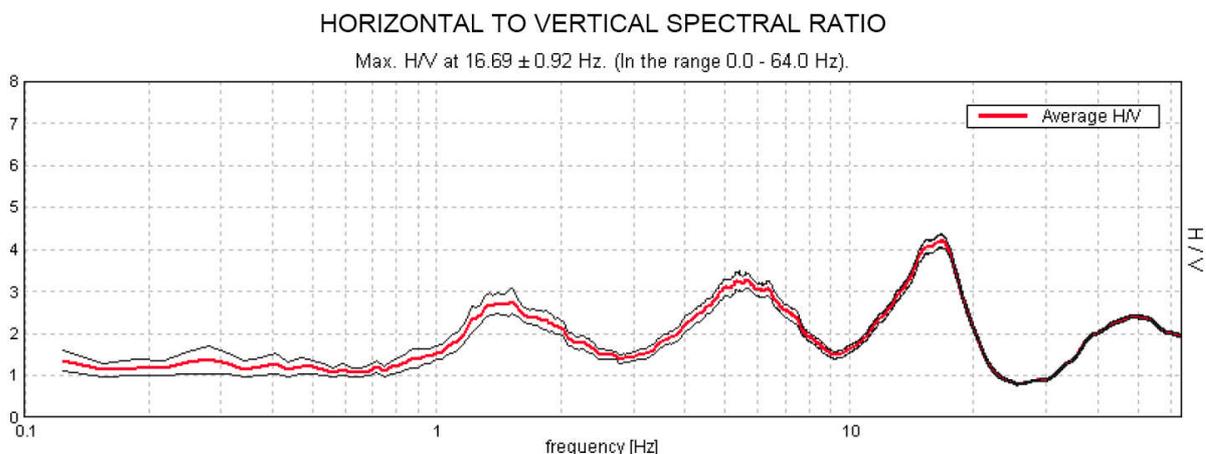
su tre direzioni ortogonali:

- 2 nella componente orizzontale dello spostamento (tra loro ortogonali) per misure su suoli ordinariamente corrispondenti alle direzioni NS ed EW;
- 1 nella componente verticale (up-down).



I diagrammi relativi a tali registrazioni vengono elaborati attraverso la determinazione dell'intensità del segnale in sottofinestre di determinata durata, e trasformati in spettri H/V.

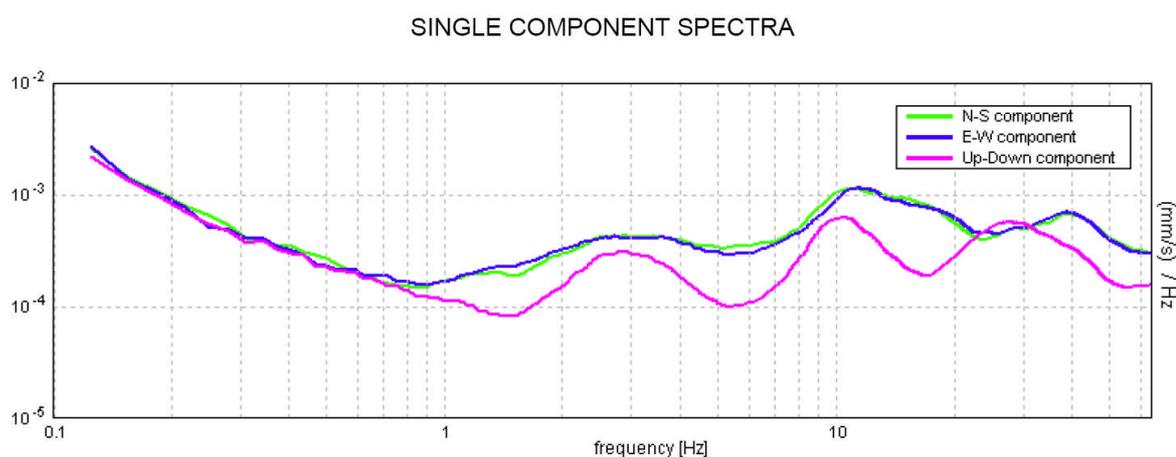
Nella pratica si utilizza il rapporto H/V perché è un buon normalizzatore e un buon estimatore delle frequenze di risonanza dei terreni; i valori assoluti degli spettri orizzontali e verticali variano infatti con il livello assoluto del rumore ambientale, mentre la forma dello spettro e in particolare il rapporto tra le ampiezze orizzontale e verticale si mantiene più stabile, e per il suo carattere stocastico mostra caratteristiche correlabili con la struttura locale del suolo. Alle frequenze caratteristiche di vibrazione dei suoli corrisponde infatti un decremento del segnale della componente verticale, che determina un picco nel rapporto spettrale rappresentato dal grafico seguente.



In un mezzo senza contrasti di impedenza (es. un ammasso roccioso sano) la curva H/V risulta teoricamente piatta e con valore medio tra 0,7 e 1,0 (in funzione del modulo μ).

La presenza di un picco nella curva H/V può essere data da un fenomeno di risonanza, causato da una variazione di velocità delle onde sismiche nel terreno, e quindi da passaggi stratigrafici caratterizzati da un notevole contrasto tra le velocità sismiche stesse.

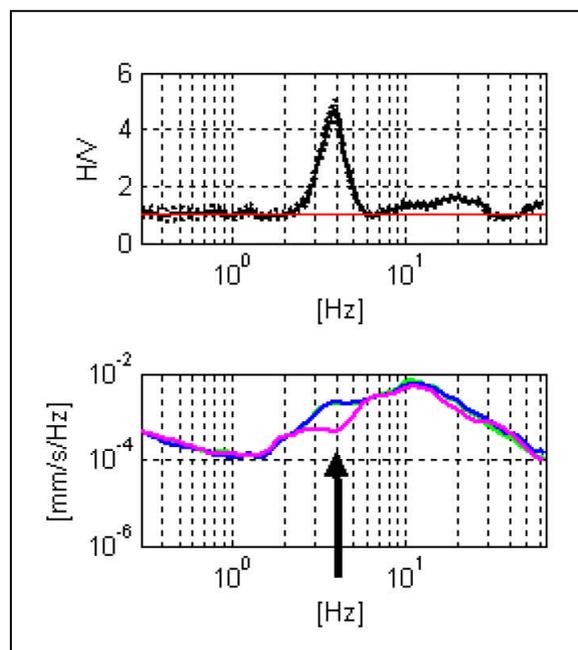
Dato che tali picchi su H/V possono essere dovuti anche ad artefatti e transienti, H/V deve essere sempre analizzato alla luce degli spettri delle singole componenti.



Un picco di natura stratigrafica (e non artefattuale) presenta un minimo locale

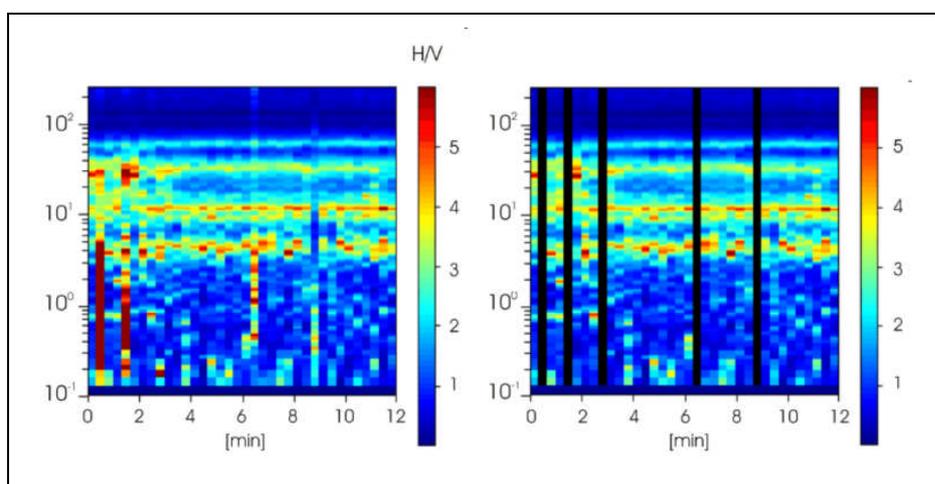
della componente spettrale verticale, mentre picchi spettrali (di solito aguzzi) su tutte le 3 componenti del moto sono di origine antropica.

L'elaborazione degli spettri H/V comporta quindi un'analisi ragionata dei vari picchi, uno smoothing e una valutazione sugli spettri nelle varie "finestre" di tempo in cui è stata suddivisa l'acquisizione, in modo da poter eventualmente rimuovere gli intervalli di misura caratterizzati da disturbi.



Di solito è consigliabile effettuare le correzioni nel dominio delle frequenze, e non operare nel dominio del tempo, in quanto in tale contesto non è agevole identificare quali perturbazioni siano relative ad artefatti e transienti.

Altro aspetto importante da considerare è la stabilità direzionale del segnale, che è un elemento a favore della valenza stratigrafica del picco analizzato.



ATTREZZATURE E METODOLOGIE IMPIEGATE

Le prospezioni sono state eseguite mediante l'utilizzo di uno strumento TROMINO® della Micromed Geophysics, espressamente progettato per misure di

microtremore.



TROMINO® è uno strumento efficiente per la misura del rumore sismico; presenta ridotte dimensioni e peso, e bassissimo consumo di energia. L'alta risoluzione dell'elettronica digitale impiegata consente di ottimizzare la misura del microtremore nell'intervallo di frequenze compreso fra 0.1 e 200 Hz; i sensori sono costituiti da una terna di velocimetri smorzati criticamente che trasmettono il segnale a un sistema di acquisizione digitale a basso rumore a dinamica non inferiore a 23 bit. Le caratteristiche progettuali consentono una accuratezza relativa maggiore di 10^{-4} sulle componenti spettrali al di sopra di 0.1 Hz.

L'assenza di cavi esterni consente inoltre di lasciare virtualmente imperturbato il campo d'onda presente nell'ambiente.

Lo strumento dispone di tre canali analogici connessi a tre velocimetri elettrodinamici ad alta risoluzione disposti secondo tre direzioni ortogonali. Il moto del terreno viene amplificato, convertito in forma digitale, organizzato e salvato su una memoria digitale di tipo Flash.

I dati registrati da TROMINO® possono essere scaricati, organizzati, archiviati, visualizzati e analizzati tramite il programma Grilla fornito assieme allo strumento. Esso include inoltre procedure per l'analisi spettrale di base e per l'analisi HVSR anche secondo le direttive fornite dal progetto di ricerca europeo SESAME.

E' stata eseguita l'acquisizione su una stazione di misura (ubicata secondo

quanto riportato in allegato) in cui è stata effettuata una rilevazione del microtremore sismico ambientale con le seguenti modalità:

- ❖ durata dell'acquisizione pari a 20';
- ❖ suddivisione dell'acquisizione stessa in "finestre" temporali di 20";
- ❖ frequenza di campionamento pari a 128 Hz.

CRITERI DI ANALISI DELLE MISURE

I dati di campagna sono stati in primo luogo trattati con una procedura di analisi o trattamento consistente in:

- lisciatura triangolare al 15%;
- analisi temporale dell'88% del tracciato (selezione manuale) in sottofinestre di 20 s;
- analisi direzionale con step di 5°.

Successivamente, analizzati i dati ottenuti, si è effettuata una "pulizia" (nel dominio delle frequenze) tramite eliminazione delle sottofinestre temporali contenenti sollecitazioni transienti, con nuova analisi sulle sole finestre selezionate, fino al raggiungimento di un risultato il più possibile chiaro.

CRITERI DI CLASSIFICAZIONE DELLE MISURE

Le misure sono soggette alle valutazioni sulla "robustezza" statistica del dato secondo i criteri del protocollo SESAME, automaticamente inserito nei singoli report, secondo quanto accennato al paragrafo precedente. Nell'interpretare la tabella SESAME di significatività dei picchi H/V bisogna considerare che ogni sito può generare più di una risonanza, e che non esiste una risonanza fondamentale in assoluto.

- ❖ I primi 3 criteri della tabella dicono se la registrazione è stata condotta per un tempo sufficientemente lungo rispetto alla frequenza del picco considerata. E' opportuno che questi 3 criteri siano tutti soddisfatti. Se così non fosse, tipicamente è necessario rianalizzare la registrazione aumentando il parametro

WINDOW SIZE.

- ❖ I secondi 6 criteri della tabella dicono se il picco è significativo da un punto di vista statistico. E' bene che ne siano soddisfatti il maggior numero possibile (preferibilmente almeno 5 su 6) ma si ricordi che eventuali NO su tutte le righe non implicano necessariamente che la registrazione è stata effettuata male ma implicano che non ci sono picchi significativi. Ad esempio una registrazione su roccia "sana" darebbe NO su tutti questi criteri.

Un'ulteriore classificazione dei risultati può essere effettuata tenendo conto dei criteri adottati nello studio di "Microzonazione Sismica per la ricostruzione dell'area Aquilana" a cura del Dipartimento della Protezione Civile, e finalizzati a una valutazione più generale, e più restrittiva, della qualità del dato acquisito, secondo i seguenti parametri:

- stazionarietà del segnale nel campo dello sviluppo temporale dello spettro
- isotropia del segnale nel campo dello sviluppo direzionale dello spettro
- presenza di rumore elettromagnetico, con particolare riferimento al campo di frequenza di eventuali picchi
- plausibilità fisica del picco
- robustezza statistica del picco (comprensiva dei primi 3 criteri SESAME)
- durata della misura.

Le misure sono classificabili:

- in CLASSE A di qualità quando soddisfano tutti i criteri, fatta eccezione per gli spettri piatti che ovviamente disattendono i criteri SESAME per assenza di picchi significativi;
- in CLASSE B quando ne disattendono almeno uno ma mantengono buona leggibilità;
- in CLASSE C quando contengono elementi di disturbo invalidanti ai fini della corretta interpretazione.

Nel primo caso le misure sono utilizzabili anche da sole, nel secondo caso sono utilizzabili con cautela e unitamente ad altre misure effettuate nell'ambito della lunghezza d'onda di interesse, nel terzo caso vanno scartate. Limitatamente ai primi due casi sono poi definite le sottoclassi 1 e 2 in base alla presenza o meno di un picco chiaro.

INTERPRETAZIONE DEI DATI

In allegato sono riportati i grafici H/V relativi alla stazione di misura.

Le misure, ricadenti in classe B2, evidenziano un forte picco ad alta frequenza, che non ha significato ai fini stratigrafici, ma è associato allo strato immediatamente superficiale di terreno.

Alle basse frequenze è individuabile un picco (con $H/V > 3$) intorno a 1,05 Hz, di significato stratigrafico che, messo in relazione alle V_s ricavate con l'indagine MASW, è correlato a una profondità dell'ordine dei 40 m e può essere verosimilmente associato al contatto stratigrafico delle alluvioni attuali con i sottostanti depositi pleistocenici, oppure a un banco di ghiaie intercalanti ai suddetti depositi attuali.

IV. CONCLUSIONI

Ai sensi del D.P.G.R. 5/R del 30.01.2020 e nello specifico dell'Allegato A, punto 4 ("Direttive per la formazione dei Piani Attuativi"), si verifica che "... non sono intervenute modifiche rispetto al quadro conoscitivo di riferimento, relativamente agli aspetti geologico, idraulico e sismico ...".

In sostanza si possono confermare le classi di pericolosità derivate dallo Studio Geologico di supporto allo S.U., redatto ai sensi del D.P.G.R. 53/R, adeguando la cartografia specifica per gli aspetti idraulici.

Si definiscono le seguenti classi di pericolosità.

❖ ASPETTI GEOLOGICI:

- Classe G.2 (Pericolosità geologica media): aree in cui sono presenti fenomeni geomorfologici inattivi; aree con elementi geomorfologici, litologici e giacaturali dalla cui valutazione risulta una bassa propensione al dissesto; corpi detritici su versanti con pendenze inferiori a 15 gradi.

❖ ASPETTI IDRAULICI:

- Classe P2 (Pericolosità per alluvioni poco frequenti), "... come definite dall'articolo 2, comma 1, lettera e) della L.R. 41/2018 ...": aree classificate negli atti di pianificazione di bacino in attuazione del d.lgs. 49/2010 come aree a pericolosità per alluvioni poco frequenti o a PERICOLOSITÀ PER ALLUVIONI MEDIA, e cioè "... aree inondabili da eventi con tempo di ritorno maggiore di 30 anni e minore/uguale a 200 anni ...".

❖ ASPETTI SISMICI:

- Classe S.2 (Pericolosità sismica locale media): zone stabili suscettibili di amplificazioni locali connessi con contrasti di impedenza sismica attesa oltre alcune decine di metri dal piano campagna e con frequenza fondamentale del terreno indicativamente inferiore a 1hz; zone stabili suscettibili di amplificazioni locali con fattore di amplificazione (F_x) < 1.4; zone stabili suscettibili di amplificazione topografica (pendii con inclinazione superiore a 15 gradi); zone stabili suscettibili di amplificazioni locali, non rientranti tra quelli previsti nelle classi di pericolosità sismica S.3;
- Classe S.3 (Pericolosità sismica locale media): aree con terreni di fondazione particolarmente scadenti che possono dar luogo a cedimenti rilevanti; aree potenzialmente suscettibili di liquefazione dinamica, caratterizzate da terreni per i quali, sulla base delle informazioni disponibili, non è possibile escludere a priori il rischio di liquefazione; zone di contatto tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche significativamente diverse; zone stabili suscettibili di amplificazioni locali, connesse con un alto contrasto di impedenza sismica atteso entro alcune decine di metri dal piano

di campagna; zone stabili suscettibili di amplificazioni locali con fattore di amplificazione $(F_x) > 1.4$; aree interessate da instabilità di versante quiescente, relative aree di evoluzione, nonché aree potenzialmente franose denominate "APF", e, come tali, suscettibili di riattivazione del movimento in occasione di eventi sismici.

Di seguito si definiscono poi i CRITERI GENERALI DI FATTIBILITÀ.

❖ ASPETTI GEOLOGICI

L'indagine geognostica effettuata ha permesso di verificare, da un lato una sensibile variazione laterale sia stratigrafica che meccanica dei terreni d'imposta, dall'altro la presenza anche di terreni meccanicamente scadenti.

Nell'ambito della progettazione esecutiva si dovrà prevedere un appropriato approfondimento d'indagine adeguatamente esteso arealmente e in profondità, e conseguentemente la definizione di un modello geologico e geotecnico del substrato (con definizione di spessori e variazioni laterali dei differenti litotipi), che fornisca gli elementi (parametri geotecnici) per appropriate valutazioni geotecniche, con specifico riferimento ai cedimenti (assoluti e differenziali) attesi per il sistema terreno-fondazione.

❖ ASPETTI SISMICI

L'indagine effettuata ha permesso di confermare quanto già riportato nella Scheda Progetto del Regolamento Urbanistico (a profondità maggiore rispetto a quella indicata), anche se si risulterebbe "al limite" delle condizioni di cui al D.P.G.R. 5/R (punto C.3) ("... rapporti tra le velocità di propagazione delle onde di taglio (V_s) del substrato sismico di riferimento e delle coperture sismiche sovrastanti - oppure all'interno delle coperture stesse - almeno pari a 2 ...", oppure "... ampiezza del picco di frequenza fondamentale delle misure passive di rumore ambientale a stazione

singola, che deve essere almeno pari a 3 ...” in spessori massimi “... indicativamente intorno a 40 metri ...” per la definizione di un “... alto contrasto d’impedenza sismica ...”.

L’indagine MASW, eseguita per la determinazione delle Vs (da combinare con l’esame dell’acquisizione in sismica passiva), di fatto permette anche di determinare la categoria di suolo di fondazione (anticipando di fatto quanto necessario in fase di progettazione esecutiva, laddove si faccia riferimento all’APPROCCIO SEMPLIFICATO.

In ogni caso in fase di progettazione esecutiva si provvederà a un maggior dettaglio nella definizione di geometrie e velocità sismiche dei litotipi posti a contatto, e a valutare più dettagliatamente l’entità degli effetti del contrasto di rigidità sismica sulle strutture in progetto.

Oltre alle valutazioni sui cedimenti assoluti e differenziali, si dovrà provvedere alle appropriate valutazioni circa la suscettibilità dei terreni alla LIQUEFAZIONE DINAMICA.

❖ ASPETTI IDRAULICI

La Scheda Progetto detta la fattibilità per gli aspetti idraulici, con specifico riferimento all’adeguamento delle quote per rispetto al battente idraulico per Tr200, corrispondente a 16,20 m s.l.m., prevedendo un franco di 50 cm, per una quota non inferiore a 16,70 m s.l.m.

Con riferimento al D.P.G.R. 5/R, nelle aree caratterizzate da pericolosità per alluvioni frequenti e poco frequenti la fattibilità degli interventi è perseguita secondo quanto disposto dalla L.R. 41/2018, oltre a quanto già previsto dalla pianificazione di bacino.

Per riferimento alla L.R. 41/2018, art. 11 (Interventi di nuova costruzione in aree a pericolosità per alluvioni frequenti o poco frequenti), comma 2, nelle aree a pericolosità per alluvioni poco frequenti, indipendentemente dalla magnitudo idraulica, possono essere realizzati interventi di nuova costruzione a condizione che

sia realizzata almeno una delle opere di cui all'articolo 8, comma 1, lettere a), b) o c) ("... opere di sopraelevazione, senza aggravio delle condizioni di rischio in altre aree ...").

Per determinare il locale livello di rischio idraulico (battente idraulico per tr200) è stato eseguito un livello planialtimetrico del terreno in oggetto, per riferimento a 3 punti quotati derivati dalla Carta Tecnica Regionale scala 1:10.000.

Detto rilievo ha permesso di verificare che praticamente tutto il terreno risulta in condizioni di sicurezza idraulica, con una quota media del p.c. intorno a 16,5 m s.l.m.

Per quanto riguarda la regolazione delle attuali quote nelle differenti porzioni dell'area (fabbricato e piazzali, parcheggio, verde pubblico) si rimanda agli elaborati progettuali.

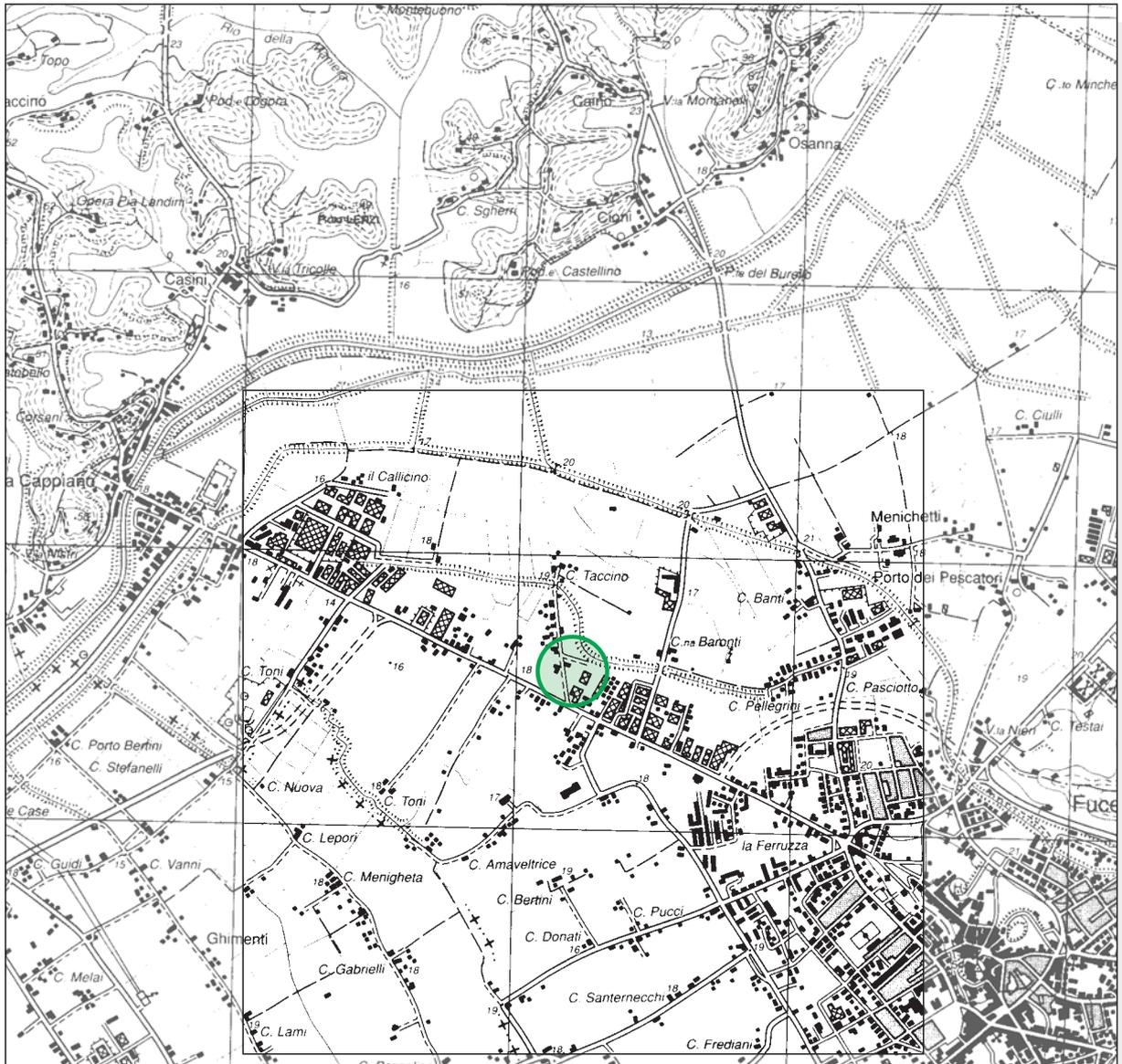
Per quanto riguarda i rapporti con il reticolo idraulico minore, si osserva che l'area in oggetto è in pratica il residuo di una zona in urbanizzazione che ha sostanzialmente obliterato il reticolo confinante.

Infatti attualmente il terreno scola in due tratti di fossetta a Nord e a Sud ormai non più comunicanti con l'originario reticolo scolante: praticamente dette fossette conferiscono poi alla viabilità adiacente.

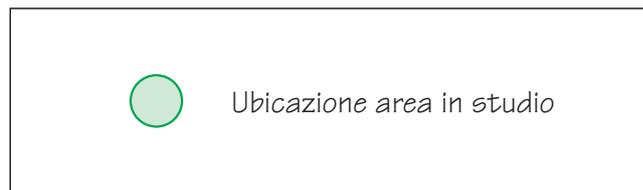
Il progetto dell'urbanizzazione prevede il conferimento delle acque interessanti l'edificato (fabbricato, piazzali, ...) alle pubbliche fognature, e il conferimento delle acque meteoriche interessanti l'area a verde pubblico sempre alle fognature, attraverso le caditoie lungo strada.

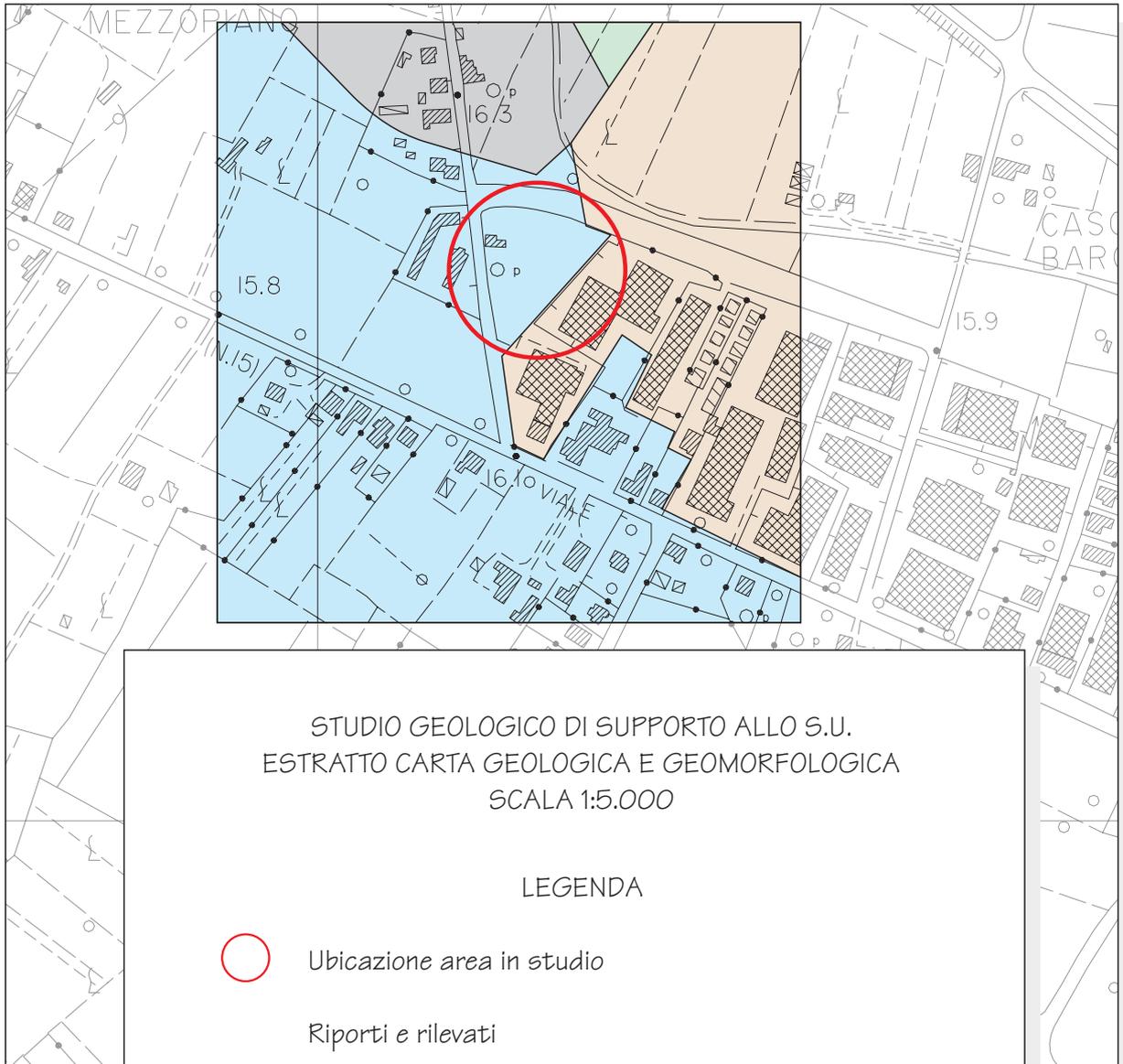
Calcinaia, Aprile 2020

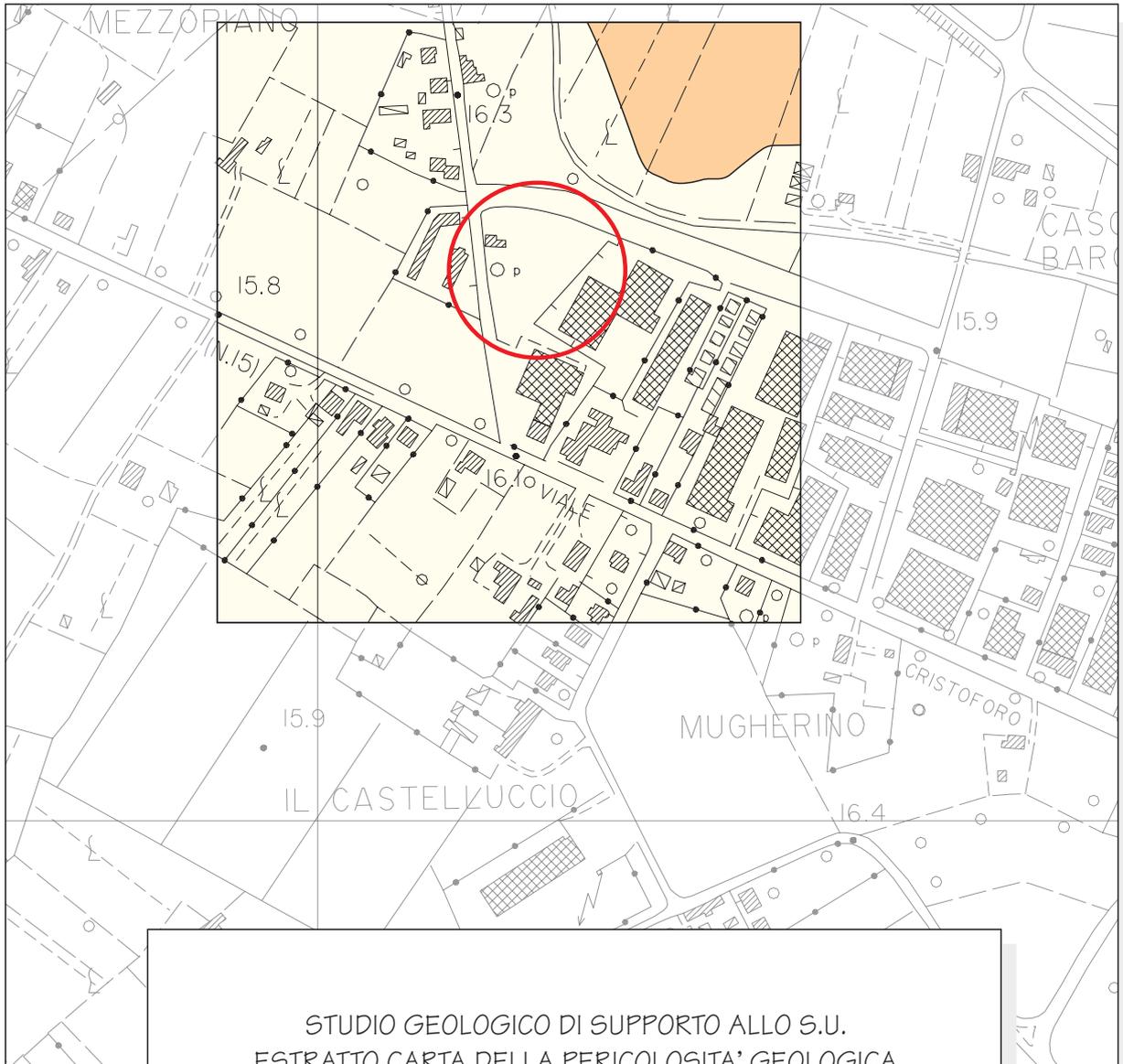
Alessandro Fontanelli
Geologo



COROGRAFIA GENERALE - SCALA 1:25.000
(dalla carta IGMI - Foglio 274, Sez. IV)







STUDIO GEOLOGICO DI SUPPORTO ALLO S.U.
 ESTRATTO CARTA DELLA PERICOLOSITA' GEOLOGICA
 AI SENSI DEL D.P.G.R. 53/R E DEL PAI BACINO ARNO
 SCALA 1:5.000

LEGENDA



Ubicazione area in studio

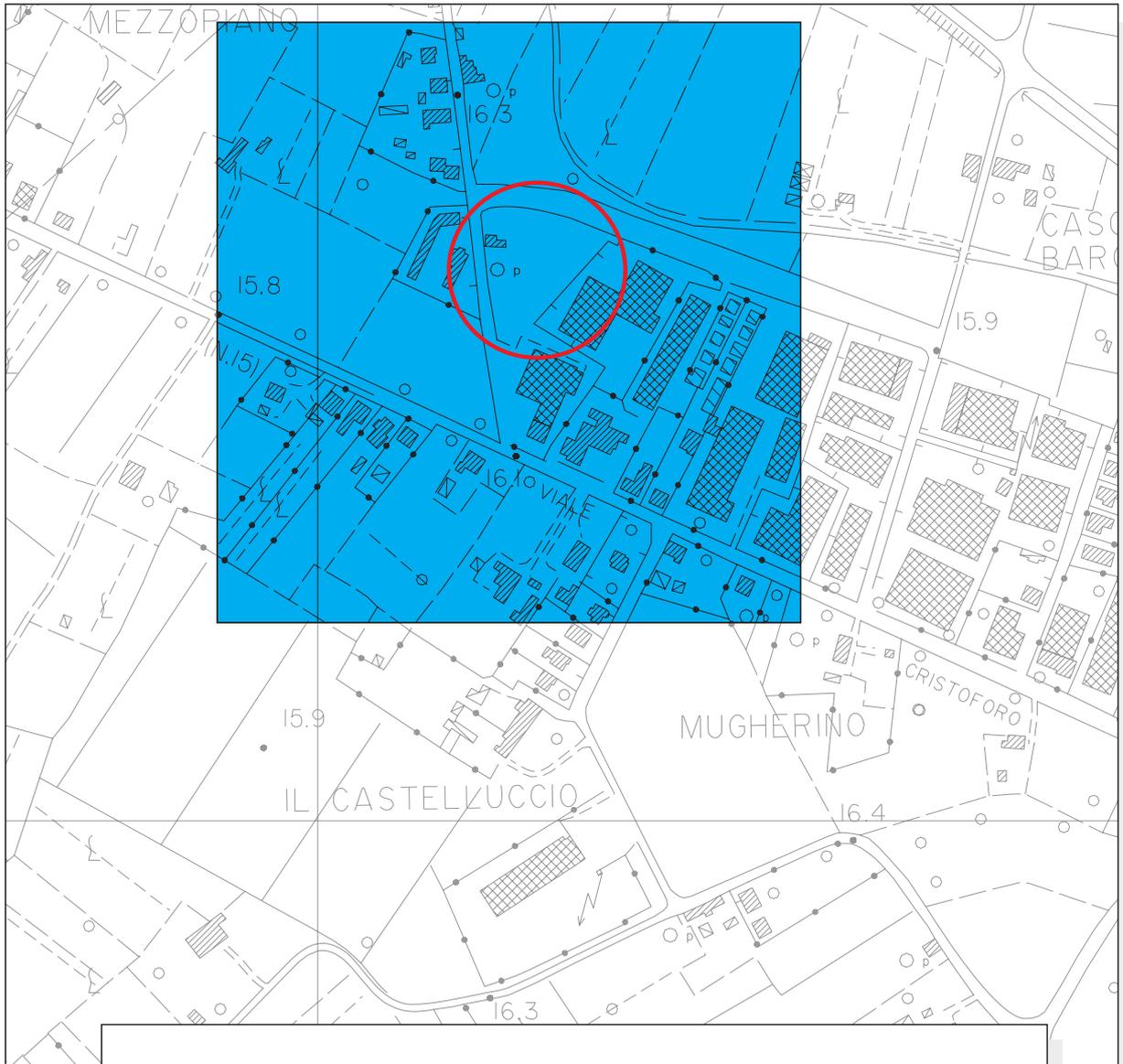
Pericolosità ai sensi D.P.G.R. n. 53/R



G.2 - Pericolosità geologica media



G.3 - Pericolosità geologica elevata



STUDIO GEOLOGICO DI SUPPORTO ALLO S.U.
ESTRATTO CARTA DELLA PERICOLOSITA' IDRAULICA
AI SENSI DEL D.P.G.R. 53/R
SCALA 1:5.000

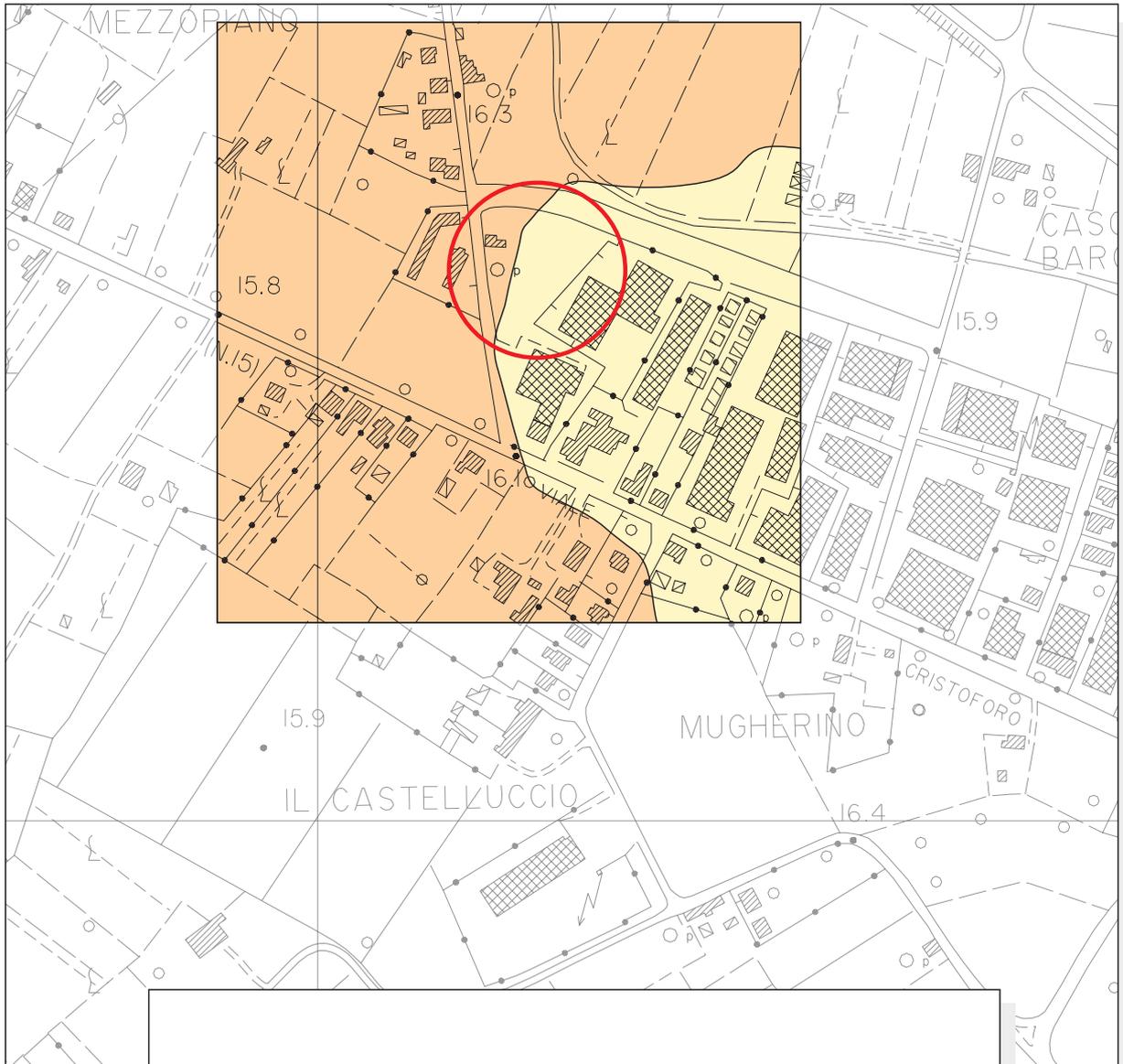
LEGENDA



Ubicazione area in studio



Classe di pericolosità idraulica 13 - TR = 200 anni

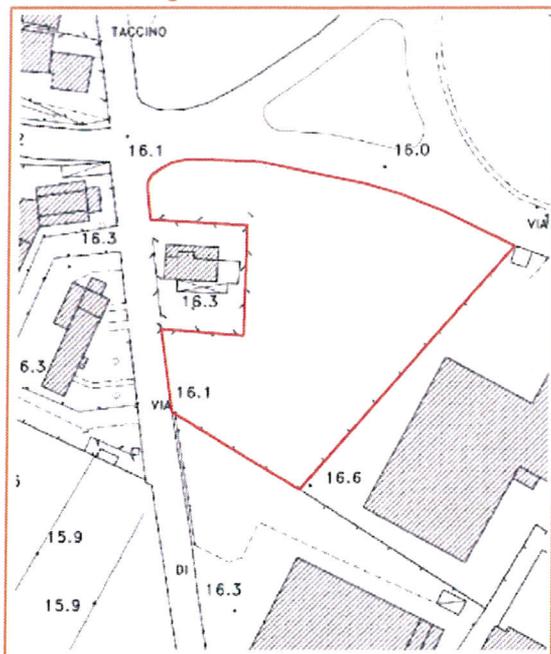


STUDIO GEOLOGICO DI SUPPORTO ALLO S.U.
ESTRATTO CARTA DELLA PERICOLOSITA' SISMICA
AI SENSI DEL D.P.G.R. 53/R
SCALA 1:5.000

LEGENDA

-  Ubicazione area in studio
-  S.2 - Pericolosità sismica locale media
-  S.3 - Pericolosità sismica locale elevata

Estratto cartografico (scala 1:2000):



Estratto ortofoto 2009 (scala 1:2000):



Ubicazione:

Via Taccino Fucecchio
UTOE : UTOE 7 - Mezzopiano
Inv. Strutturali: --
RUC: D7 - Nuovi interventi a prevalente destinazione produttiva soggetti a Piano Attuativo

Fattibilità e pericolosità:

	Pericolosità PAI	Pericolosità 53/R	Fattibilità
Geologica		G2	F3
Idraulica		I3	F3
Sismica		S3	F3

Obiettivi:

Soddisfare la domanda di insediamento produttivo, potenziando l'efficacia della zona industriale, offrendo nuove possibilità di servizi alle imprese e incrementando gli standard.

Dimensionamento e destinazioni d'uso ammesse:

Sup.territ.(St)	Esistente	Progetto	Opere di urbanizzazione primaria e secondaria:		
			Parcheggi pubblici	Verde attrezzato	Strade
Sup.fond.(Sf)		4350	800	1200	
Sup.ut.lorda(Sul)		2350			
Sup.ut.lorda(Sul)		950			
Dest.d'uso: residenziale			Attrezzature di interesse comune:		
produttivo		950	Istruzione:		
comm/direz.	/	/	Edilizia residenziale con finalità sociali :		
Rapp.cop. (Rc)/Sup.cop.(Sc)		40% /			
Altezza massima (Hmax)		7			
Numero dei piani (Np)		2			
Num.all. (Na)/ Abitanti		/			

Disposizioni e modalità di attuazione:

L'intervento di trasformazione è soggetto alla preventiva approvazione di un piano attuativo convenzionato che preveda la contestuale realizzazione degli interventi edificatori e di tutte le opere di urbanizzazione comprese entro il perimetro dell'area soggetta a PA, nonché del raccordo con le urbanizzazioni esistenti. Il verde attrezzato previsto dovrà essere posto quale schermatura tra il fabbricato di progetto e quello residenziale esistente lungo Via di Taccino, con una profondità pari ad almeno ml.10 (Rif.Oss.n.17 - II°VAR.RUC).



Specifiche fattibilità:

Fattibilità geologica condizionata F3

L'area è ubicata all'interno dei depositi alluvionali del Fiume Arno, immediatamente a Sud dei depositi palustri del Padule di Fucecchio.

Considerando la possibile presenza di terreni dalle scadenti caratteristiche geotecniche, le indagini geognostiche e geotecniche dovranno essere mirate ad una dettagliata caratterizzazione del sottosuolo, ed alla verifica della compressibilità dei terreni. Dovranno inoltre essere individuati spessori e variazioni laterali dei depositi alluvionali.

Dai dati a disposizione, il sottosuolo dell'area sembra essere costituito principalmente da depositi alluvionali a componente coesiva. Data comunque la forte variabilità laterale dei depositi rilevata in questo settore di territorio, la campagna geognostica dovrà consentire anche la caratterizzazione granulometrica dei terreni, al fine di acquisire tutti i dati utili alla ricostruzione della geometria dei litotipi con differente composizione ed alla eventuale esecuzione di verifiche alla liquefazione.

Fattibilità sismica condizionata F3

La misura tromometrica effettuata (Tr22) poco a Sud dell'area, indica la possibilità che si generino amplificazioni stratigrafiche a profondità comprese tra 20 e 30 metri, al contatto tra i depositi alluvionali attuali ed i depositi pleistocenici. La campagna geofisica dovrà definire geometrie e velocità sismiche dei litotipi posti a contatto, al fine di valutare l'entità degli effetti del contrasto di rigidità sismica sulle strutture in progetto.

Per la caratterizzazione geofisica sono da preferire indagini che consentano ricostruzioni bidimensionali del sottosuolo, orientate in direzione del maggior approfondimento del substrato geologico, in modo da definire le variazioni laterali dei depositi.

Fattibilità idraulica condizionata F3

L'area è ricompresa nella classe di pericolosità I3.

Gli interventi previsti, dovranno essere realizzati in condizioni di sicurezza ad una quota non inferiore a 16,92 mslm, valore comprensivo di 50 cm di franco sul livello duecentennale (Cella di riferimento VI_021_1; Tr200 16,42 mslm), tenendo comunque conto della necessità di non determinare aggravamenti di pericolosità nelle aree al contorno.

Ai sensi della lettera c) del punto 3.2.2.2 dell'Allegato A del D.P.G.R. 53-R/2011 la compensazione è richiesta solo per i volumi sottratti alla naturale esondazione per eventi con Tr fino a 200 anni. La compensazione di tali volumi, sarà possibile all'interno dell'area, nella zona prevista a cassa di laminazione a servizio degli interventi previsti nella cella di riferimento del PAI VI_021_1.

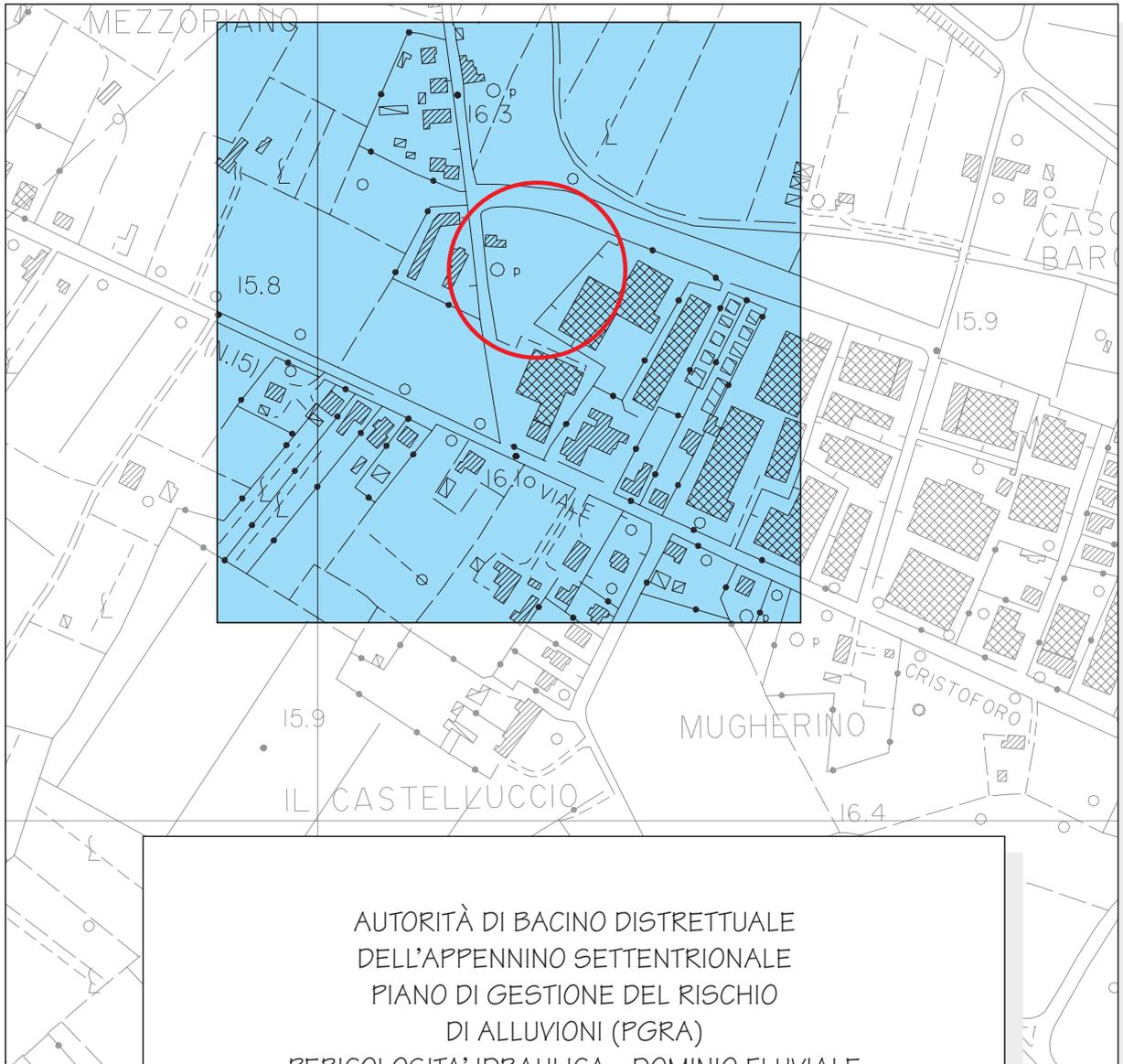
Relativamente al reticolo idraulico minore, se ne dovrà assicurare il corretto funzionamento anche in seguito agli interventi in progetto. Nelle tavole progettuali dovrà essere dettagliato il sistema di scolo delle acque meteoriche allo stato attuale ed in quello di progetto. Le modifiche apportate al sistema di scolo dovranno perseguire il miglioramento del deflusso delle acque e l'eliminazione di eventuali situazioni di fragilità.



AUTORITÀ DI BACINO DISTRETTUALE
 DELL'APPENNINO SETTENTRIONALE
 PIANO ASSETTO IDROGEOLOGICO (PGRA)
 PERICOLOSITA' DA FENOMENI GEOMORFOLOGICI
 DI VERSANTE - LIVELLO DI SINTESI
 SCALA 1:5.000

LEGENDA

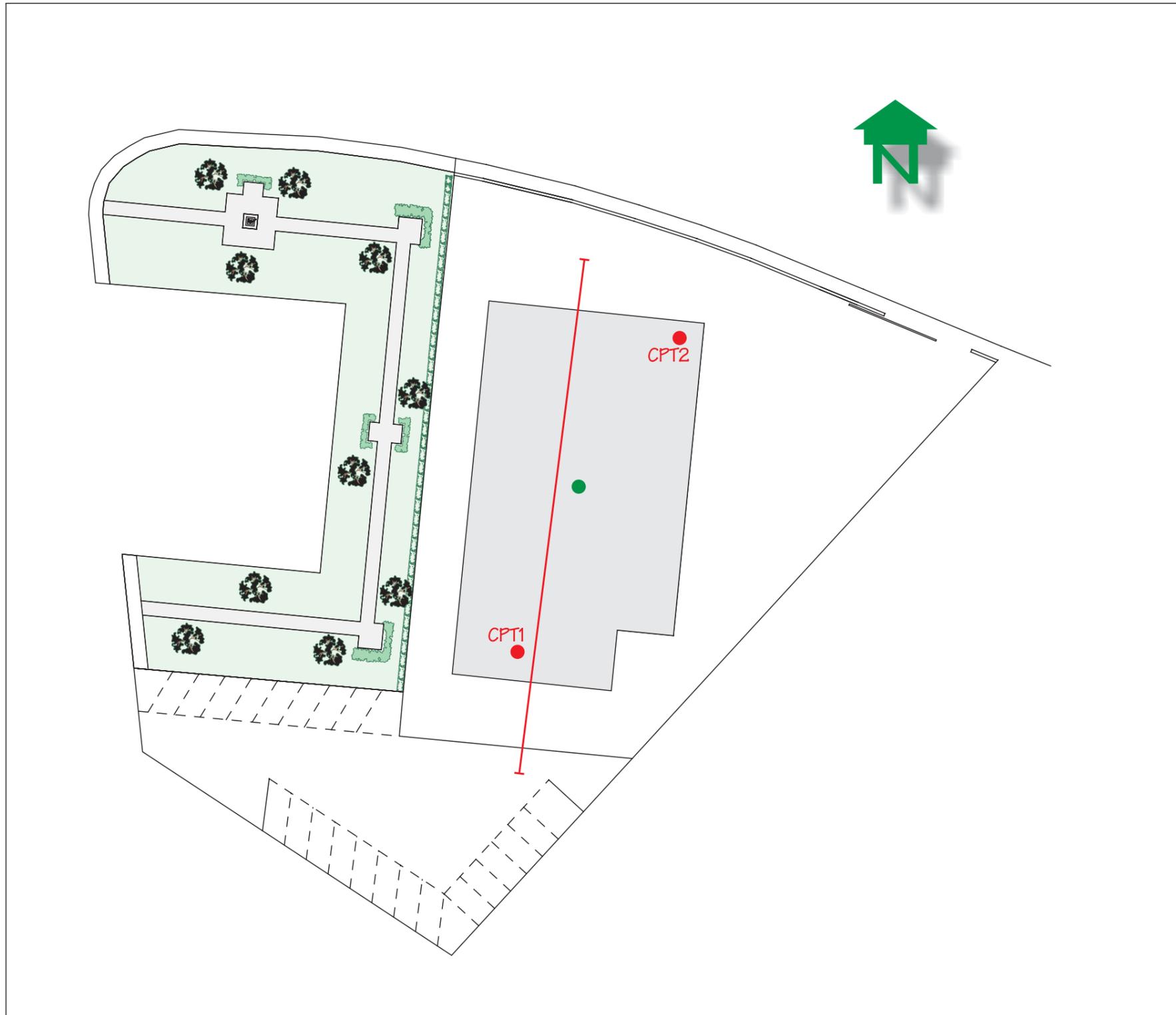
-  Ubicazione area in studio
-  P.F.1 - Pericolosità moderata
-  P.F.2 - Pericolosità media
-  P.F.3 - Pericolosità elevata
-  Pericolosità individuata su cartografia scala 1:10.000



AUTORITÀ DI BACINO DISTRETTUALE
 DELL'APPENNINO SETTENTRIONALE
 PIANO DI GESTIONE DEL RISCHIO
 DI ALLUVIONI (PGRA)
 PERICOLOSITA' IDRAULICA - DOMINIO FLUVIALE
 SCALA 1:5.000

LEGENDA

-  Ubicazione area in studio
-  P1 - Pericolosità da alluvione bassa
-  P2 - Pericolosità da alluvione media
-  P3 - Pericolosità da alluvione elevata



PLANIMETRIA

SCALA 1:500

LEGENDA

- CPT1 Ubicazione prove penetrometriche
- ↔ Traccia stendimento MASW
- HVSR Prospezione HVSR

PENETRATIO s.n.c.

Via P.Maioli 37, 56028 San Miniato (PI)

tel./fax:0571418116

PEC: penetratiosnc@lamiapec.it

C.F. 02174580502

Rif. 09 cpt 2020

(Archivio interno 16L-2020)

PROVA PENETROMETRICA STATICA

CPT1

committente:	Dott. Geol. A. FONTANELLI	data:	30/01/20
Comune :	Fucecchio (FI)	profondità prova:	14,00
località:	Via F. Bertoncini	quota inizio:	p.c.
		profondità falda:	-
Note:	-		

CARATTERISTICHE DEL SISTEMA

Penetrometro: statico/dinamico PAGANI TG 63-200 da 20 ton, autoancorante

Sistema di ancoraggio: aste elicoidali di serie (mm) Ø100x750

Sistema di misura: cella di carico AEP con visualizzatore Pagani

Punta: conica meccanica Ø 35.7 mm, angolo di apertura $\alpha = 60^\circ$ - (area punta $A_p = 10 \text{ cm}^2$)

Manicotto laterale di attrito tipo 'Begemann' (Ø 35.7 mm - h 133 mm - sup. lat. Am. = 150 cm^2)

Velocità di avanzamento costante $V = 2 \text{ cm / sec}$ ($\pm 0,5 \text{ cm / sec}$)

Spinta massima rilevabile dalla cella di carico 200 kN

Passo di lettura 0,20 m



PENETRATIO s.n.c.

Via P.Maioli 37, 56028 San Miniato (PI)

tel./fax:0571418116

PEC: penetratiosnc@lamiapec.it

C.F. 02174580502

**PROVA PENETROMETRICA STATICA CPT1
TABULATO DELLA PROVA**

Rif. 09 cpt 2020

(Archivio interno 16L-2020)

committente: Dott. Geol. A. FONTANELLI data: 30/01/2020
cantiere: Fucecchio (FI) profondità prova: 14,00
località: Via F. Bertoncini quota inizio: p.c.
profondità falda: -

Note:

profondità	letture di campagna		qc	fs	qc/fs	profondità	letture di campagna		qc	fs	qc/fs
(metri)	punta	Punta + laterale	(Kg/cmq)			(metri)	punta	Punta + laterale	(Kg/cmq)		
0,20	----	----	----	2,13	----	7,20	12,0	16,0	12,0	0,33	36,00
0,40	15,0	47,0	15,0	1,13	13,24	7,40	20,0	25,0	20,0	0,53	37,50
0,60	16,0	33,0	16,0	1,00	16,00	7,60	20,0	28,0	20,0	0,93	21,43
0,80	15,0	30,0	15,0	1,20	12,50	7,80	12,0	26,0	12,0	0,67	18,00
1,00	55,0	73,0	55,0	1,00	55,00	8,00	15,0	25,0	15,0	0,73	20,45
1,20	21,0	39,0	21,0	1,53	13,70	8,20	22,0	33,0	22,0	0,93	23,57
1,40	22,0	45,0	22,0	1,27	17,37	8,40	13,0	27,0	13,0	0,47	27,86
1,60	26,0	45,0	26,0	1,53	16,96	8,60	22,0	29,0	22,0	1,13	19,41
1,80	26,0	49,0	26,0	1,60	16,25	8,80	23,0	40,0	23,0	1,07	21,56
2,00	26,0	50,0	26,0	1,73	15,00	9,00	15,0	31,0	15,0	0,80	18,75
2,20	26,0	52,0	26,0	2,07	12,58	9,20	13,0	25,0	13,0	1,47	8,86
2,40	26,0	57,0	26,0	1,73	15,00	9,40	14,0	36,0	14,0	0,80	17,50
2,60	24,0	50,0	24,0	1,53	15,65	9,60	43,0	55,0	43,0	1,67	25,80
2,80	18,0	41,0	18,0	1,00	18,00	9,80	50,0	75,0	50,0	2,53	19,74
3,00	17,0	32,0	17,0	1,00	17,00	10,00	38,0	76,0	38,0	2,40	15,83
3,20	17,0	32,0	17,0	0,87	19,62	10,20	29,0	65,0	29,0	1,67	17,40
3,40	13,0	26,0	13,0	0,67	19,50	10,40	45,0	70,0	45,0	1,80	25,00
3,60	14,0	24,0	14,0	0,87	16,15	10,60	53,0	80,0	53,0	2,20	24,09
3,80	8,0	21,0	8,0	0,47	17,14	10,80	44,0	77,0	44,0	2,60	16,92
4,00	14,0	21,0	14,0	0,53	26,25	11,00	37,0	76,0	37,0	2,47	15,00
4,20	11,0	19,0	11,0	0,80	13,75	11,20	16,0	53,0	16,0	1,20	13,33
4,40	8,0	20,0	8,0	0,53	15,00	11,40	22,0	40,0	22,0	1,27	17,37
4,60	11,0	19,0	11,0	0,60	18,33	11,60	22,0	41,0	22,0	1,20	18,33
4,80	12,0	21,0	12,0	0,60	20,00	11,80	44,0	62,0	44,0	2,47	17,84
5,00	9,0	18,0	9,0	0,27	33,75	12,00	16,0	53,0	16,0	0,80	20,00
5,20	16,0	20,0	16,0	0,60	26,67	12,20	17,0	29,0	17,0	0,73	23,18
5,40	14,0	23,0	14,0	0,60	23,33	12,40	28,0	39,0	28,0	1,33	21,00
5,60	9,0	18,0	9,0	0,27	33,75	12,60	48,0	68,0	48,0	2,00	24,00
5,80	13,0	17,0	13,0	0,53	24,38	12,80	43,0	73,0	43,0	2,27	18,97
6,00	9,0	17,0	9,0	0,33	27,00	13,00	50,0	84,0	50,0	2,00	25,00
6,20	9,0	14,0	9,0	0,33	27,00	13,20	30,0	60,0	30,0	1,73	17,31
6,40	9,0	14,0	9,0	0,20	45,00	13,40	16,0	42,0	16,0	0,73	21,82
6,60	4,0	7,0	4,0	0,20	20,00	13,60	12,0	23,0	12,0	0,73	16,36
6,80	4,0	7,0	4,0	0,07	60,00	13,80	11,0	22,0	11,0	0,67	16,50
7,00	4,0	5,0	4,0	0,27	15,00	14,00	10,0	20,0	10,0		

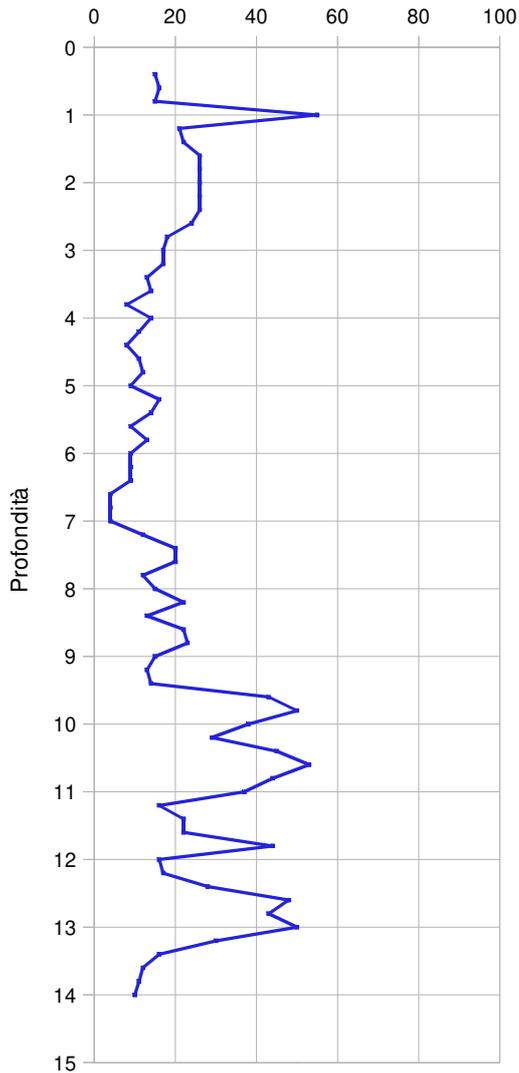
PROVA PENETROMETRICA STATICA CPT1
GRAFICI DELLE RESISTENZE

Rif. **09 cpt 2020**
(Archivio interno 16L-2020)

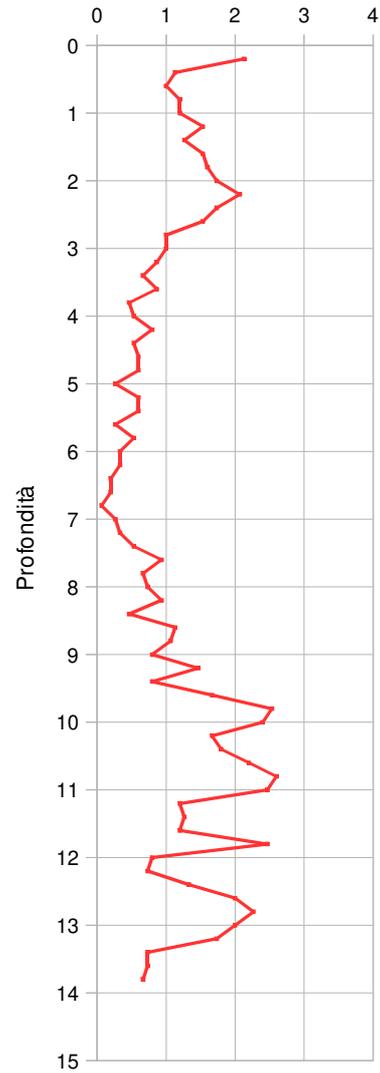
committente: Dott. Geol. A. FONTANELLI
cantiere: Fucecchio (FI)
località: Via F. Bertoncini

data: 30/01/2020
profondità prova: 14,00
quota inizio: p.c.
profondità falda: -

Note:



— qc (kg/cm²)



— fs (kg/cm²)

PENETRATIO s.n.c.

Via P.Maioli 37, 56028 San Miniato (PI)

tel./fax:0571418116

PEC: penetratiosnc@lamiapec.it

C.F. 02174580502

Rif. 09 cpt 2020

(Archivio interno 16L-2020)

PROVA PENETROMETRICA STATICA

CPT2

committente:	Dott. Geol. A. FONTANELLI	data:	30/01/20
Comune :	Fucecchio (FI)	profondità prova:	14,00
località:	Via F. Bertoncini	quota inizio:	p.c.
		profondità falda:	- 2,47 m da p.c.
Note:	-		

CARATTERISTICHE DEL SISTEMA

Penetrometro: statico/dinamico PAGANI TG 63-200 da 20 ton, autoancorante

Sistema di ancoraggio: aste elicoidali di serie (mm) Ø100x750

Sistema di misura: cella di carico AEP con visualizzatore Pagani

Punta: conica meccanica Ø 35.7 mm, angolo di apertura $\alpha = 60^\circ$ - (area punta $A_p = 10 \text{ cm}^2$)

Manicotto laterale di attrito tipo 'Begemann' (Ø 35.7 mm - h 133 mm - sup. lat. Am. = 150 cm^2)

Velocità di avanzamento costante $V = 2 \text{ cm / sec}$ ($\pm 0,5 \text{ cm / sec}$)

Spinta massima rilevabile dalla cella di carico 200 kN

Passo di lettura 0,20 m



PENETRATIO s.n.c.

Via P.Maioli 37, 56028 San Miniato (PI)

tel./fax:0571418116

PEC: penetratiosnc@lamiapec.it

C.F. 02174580502

**PROVA PENETROMETRICA STATICA CPT2
TABULATO DELLA PROVA**

Rif. **09 cpt 2020**

(Archivio interno 16L-2020)

committente: Dott. Geol. A. FONTANELLI data: 30/01/2020
cantiere: Fucecchio (FI) profondità prova: 14,00
località: Via F. Bertoncini quota inizio: p.c.
profondità falda: - 2,47 m da p.c.

Note:

profondità	letture di campagna		qc	fs	qc/fs	profondità	letture di campagna		qc	fs	qc/fs
(metri)	punta	Punta + laterale	(Kg/cmq)			(metri)	punta	Punta + laterale	(Kg/cmq)		
0,20	----	----	----	----	----	7,20	11,0	13,0	11,0	0,40	27,50
0,40	----	----	----	----	----	7,40	13,0	19,0	13,0	0,20	65,00
0,60	----	----	----	----	----	7,60	12,0	15,0	12,0	0,13	90,00
0,80	----	----	----	0,73	----	7,80	7,0	9,0	7,0	0,60	11,67
1,00	26,0	37,0	26,0	1,00	26,00	8,00	9,0	18,0	9,0	0,27	33,75
1,20	29,0	42,0	29,0	0,60	48,33	8,20	10,0	14,0	10,0	0,27	37,50
1,40	28,0	37,0	28,0	1,47	19,09	8,40	6,0	10,0	6,0	0,47	12,86
1,60	27,0	49,0	27,0	1,47	18,41	8,60	8,0	15,0	8,0	0,27	30,00
1,80	30,0	52,0	30,0	1,73	17,31	8,80	13,0	17,0	13,0	0,47	27,86
2,00	30,0	56,0	30,0	2,33	12,86	9,00	15,0	22,0	15,0	0,47	32,14
2,20	26,0	61,0	26,0	1,60	16,25	9,20	6,0	13,0	6,0	0,40	15,00
2,40	26,0	50,0	26,0	1,27	20,53	9,40	9,0	15,0	9,0	0,40	22,50
2,60	24,0	43,0	24,0	0,93	25,71	9,60	14,0	20,0	14,0	0,27	52,50
2,80	21,0	35,0	21,0	0,80	26,25	9,80	16,0	20,0	16,0	0,33	48,00
3,00	13,0	25,0	13,0	0,47	27,86	10,00	7,0	12,0	7,0	0,13	52,50
3,20	11,0	18,0	11,0	0,40	27,50	10,20	12,0	14,0	12,0	0,20	60,00
3,40	14,0	20,0	14,0	0,53	26,25	10,40	19,0	22,0	19,0	0,33	57,00
3,60	11,0	19,0	11,0	0,40	27,50	10,60	20,0	25,0	20,0	0,20	100,00
3,80	10,0	16,0	10,0	0,27	37,50	10,80	16,0	19,0	16,0	0,27	60,00
4,00	9,0	13,0	9,0	0,20	45,00	11,00	18,0	22,0	18,0	0,33	54,00
4,20	4,0	7,0	4,0	0,20	20,00	11,20	25,0	30,0	25,0	0,87	28,85
4,40	4,0	7,0	4,0	0,07	60,00	11,40	22,0	35,0	22,0	0,87	25,38
4,60	4,0	5,0	4,0	0,27	15,00	11,60	30,0	43,0	30,0	0,60	50,00
4,80	13,0	17,0	13,0	0,20	65,00	11,80	30,0	39,0	30,0	0,40	75,00
5,00	6,0	9,0	6,0	0,07	90,00	12,00	28,0	34,0	28,0	0,60	46,67
5,20	9,0	10,0	9,0	0,13	67,50	12,20	20,0	29,0	20,0	0,33	60,00
5,40	7,0	9,0	7,0	0,27	26,25	12,40	14,0	19,0	14,0	0,60	23,33
5,60	8,0	12,0	8,0	0,27	30,00	12,60	21,0	30,0	21,0	0,93	22,50
5,80	5,0	9,0	5,0	0,33	15,00	12,80	12,0	26,0	12,0	0,53	22,50
6,00	6,0	11,0	6,0	0,20	30,00	13,00	14,0	22,0	14,0	0,47	30,00
6,20	11,0	14,0	11,0	0,33	33,00	13,20	13,0	20,0	13,0	0,40	32,50
6,40	9,0	14,0	9,0	0,27	33,75	13,40	16,0	22,0	16,0	1,07	15,00
6,60	16,0	20,0	16,0	0,20	80,00	13,60	29,0	45,0	29,0	1,07	27,19
6,80	14,0	17,0	14,0	0,33	42,00	13,80	27,0	43,0	27,0	0,93	28,93
7,00	12,0	17,0	12,0	0,13	90,00	14,00	30,0	44,0	30,0		

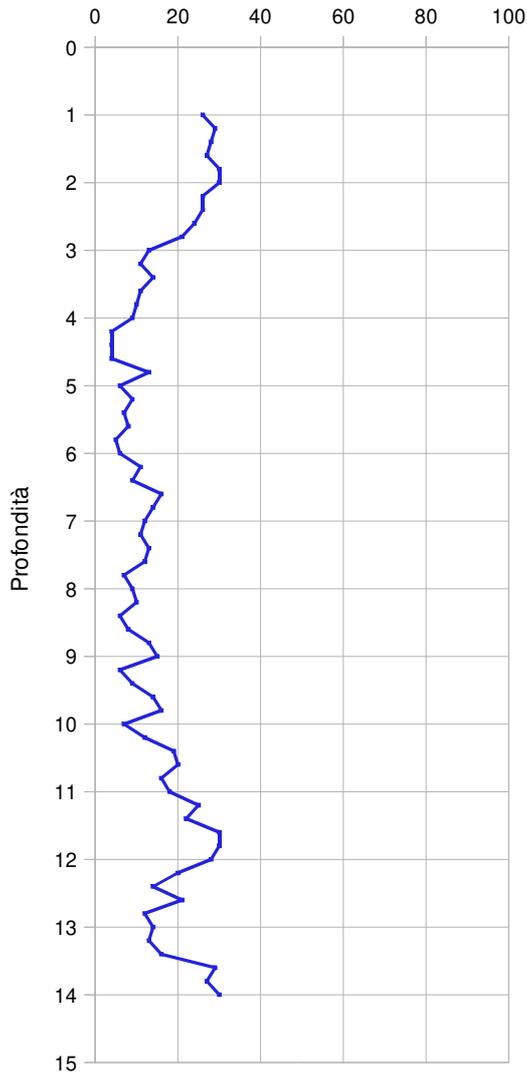
PROVA PENETROMETRICA STATICA CPT2
GRAFICI DELLE RESISTENZE

Rif. **09 cpt 2020**
(Archivio interno 16L-2020)

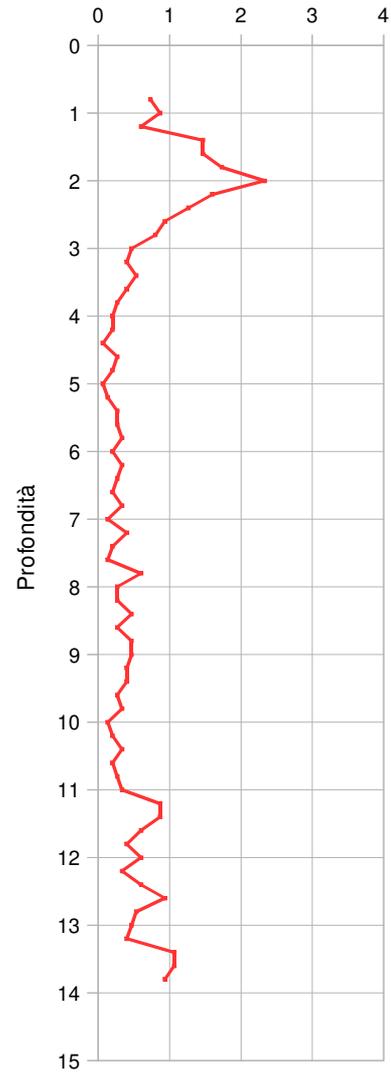
committente: Dott. Geol. A. FONTANELLI
cantiere: Fucecchio (FI)
località: Via F. Bertoncini

data: 30/01/2020
profondità prova: 14,00
quota inizio: p.c.
profondità falda: - 2,47 m da p.c.

Note:



— qc (kg/cm²)



— fs (kg/cm²)

PROVA PENETROMETRICA STATICA VALUTAZIONI LITOLOGICHE

CPT 1

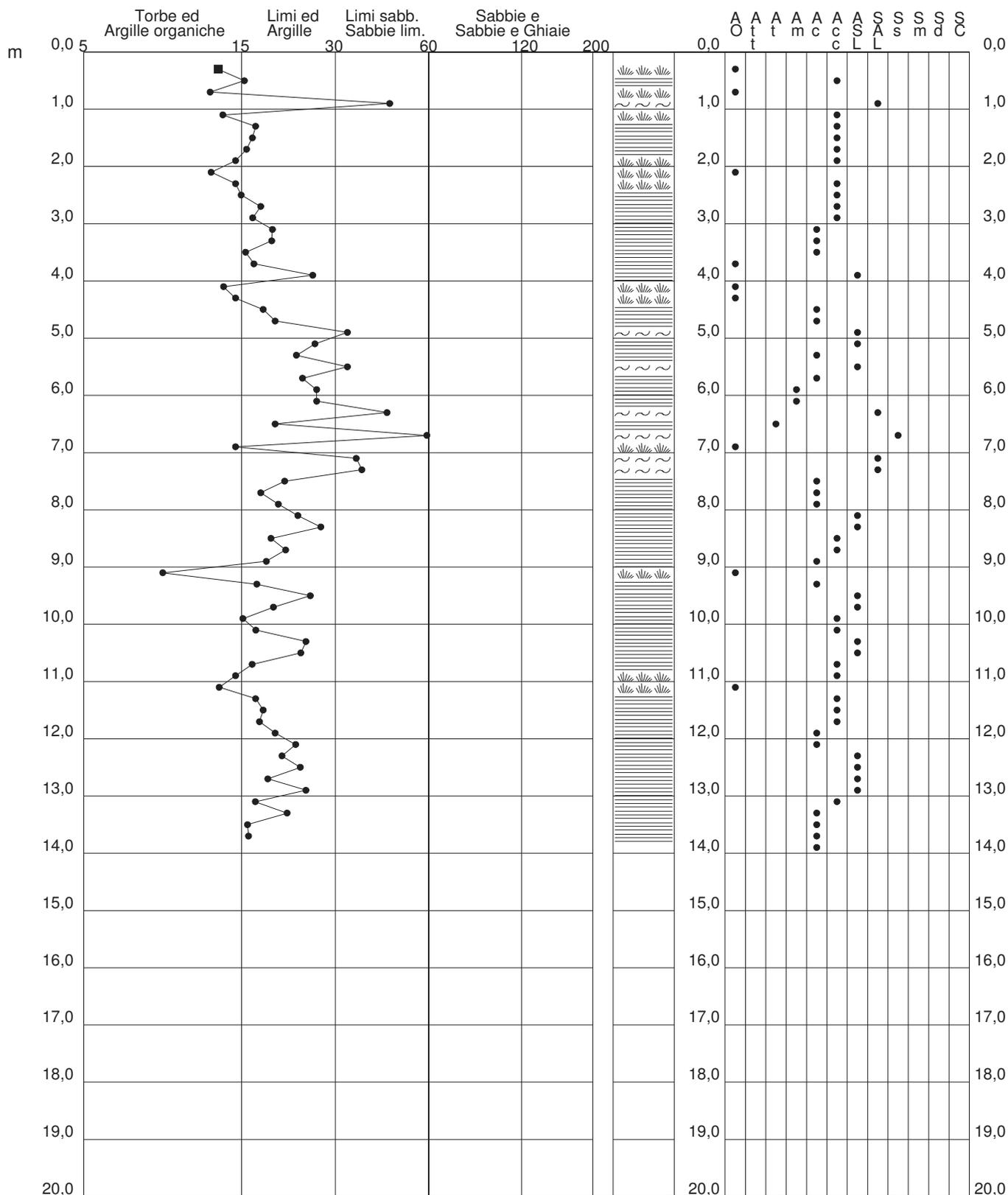
2.0105-157

- committente : Dott. Geol. A. FONTANELLI
 - lavoro :
 - località : Via F. Bertoncini - Fucecchio (FI)
 - assist. cantiere :

- data : 30/01/2020
 - quota inizio : Piano Campagna
 - falda : Falda non rilevata

qc/fs (Begemann 1965 A.G.I. 1977)

qc - fs/qc (Schmertmann 1978)



PROVA PENETROMETRICA STATICA VALUTAZIONI LITOLOGICHE

CPT 2

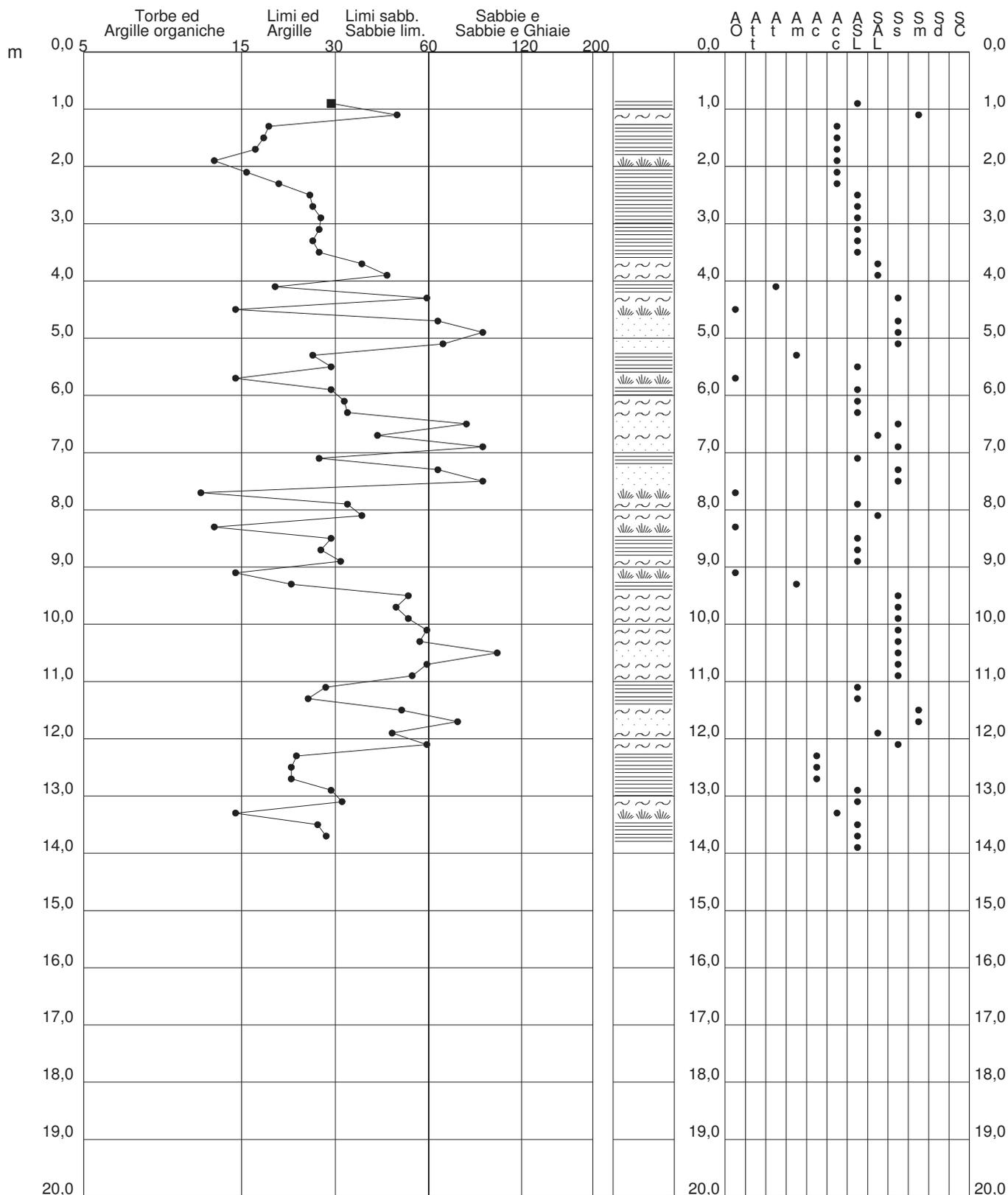
2.0105-157

- committente : Dott. Geol. A. FONTANELLI
 - lavoro :
 - località : Via F. Bertoncini - Fucecchio (FI)
 - assist. cantiere :

- data : 30/01/2020
 - quota inizio : Piano Campagna
 - falda : Falda non rilevata

qc/fs (Begemann 1965 A.G.I. 1977)

qc - fs/qc (Schmertmann 1978)



LEGENDA VALORI DI RESISTENZA

Strumento utilizzato:

PENETROMETRO STATICO tipo:

Caratteristiche:

- punta conica meccanica \varnothing 35.7 mm, angolo di apertura $\alpha= 60^\circ$ - (area punta $A_p = 10 \text{ cm}^2$)
- manicotto laterale di attrito tipo 'Begemann' (\varnothing 35.7 mm - h 133 mm - sup. lat. Am. = 150 cm^2)
- velocità di avanzamento costante $V = 2 \text{ cm / sec}$ ($\pm 0,5 \text{ cm / sec}$)
- spinta max nominale dello strumento S_{max} variabile a seconda del tipo
- costante di trasformazione (lett. \Rightarrow spinta) $C_t = \text{spinta (Kg)} / \text{LETTURA al manometro}$

$$\text{fase 1 - resistenza alla punta} \quad q_c \text{ (Kg / cm}^2\text{)} = L_1 \times C_t / 10$$

$$\text{fase 2 - resistenza laterale locale} \quad f_s \text{ (Kg / cm}^2\text{)} = (L_2 - L_1) \times C_t / 150$$

$$\text{fase 3 - resistenza totale} \quad R_t \text{ (Kg)} = (L_t) \times C_t$$

$$q_c / f_s = \text{rapporto Begemann}$$

- L1. punta = lettura di campagna durante l' infissione della sola punta (fase 1)
- L2. totale = lettura di campagna relativa all'infissione di punta e manicotto (fase 2)
- Lt. aste = lettura di campagna relativa all'infissione delle aste esterne (fase 3)

N.B. : la spinta S (Kg) , corrispondente a ciascuna fase , si ottiene moltiplicando la corrispondente lettura di campagna L per la costante di trasformazione C_t .

N.B. : causa la distanza intercorrente (20 cm circa) fra il manicotto laterale e la punta conica del penetrometro , la resistenza laterale locale f_s viene computata 20 cm sopra la punta .

CONVERSIONI

$$1 \text{ kN (kiloNewton)} = 1000 \text{ N} \approx 100 \text{ kg} = 0,1 \text{ t} - 1 \text{ MN (megaNewton)} = 1000 \text{ kN} = 1000000 \text{ N} \approx 100 \text{ t}$$

$$1 \text{ kPa (kiloPascal)} = 1 \text{ kN/m}^2 = 0,001 \text{ MN/m}^2 = 0,001 \text{ MPa} \approx 0,1 \text{ t/m}^2 = 0,01 \text{ kg/cm}^2$$

$$1 \text{ MPa (MegaPascal)} = 1 \text{ MN/m}^2 = 1000 \text{ kN/m}^2 = 1000 \text{ kPa} \approx 100 \text{ t / m}^2 = 10 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{kg/cm}^2 = 10 \text{ t/m}^2 \approx 100 \text{ kN/m}^2 = 100 \text{ kPa} = 0,1 \text{ MN/m}^2 = 0,1 \text{ Mpa}$$

$$1 \text{ t} = 1000 \text{ kg} \approx 10 \text{ kN}$$

LEGENDA VALUTAZIONI LITOLOGICHE

Valutazioni in base al rapporto: **$F = (qc / fs)$**

(Begemann 1965 - Raccomandazioni A.G.I. 1977)

valide in via approssimata per terreni immersi in falda :

$F = qc / fs$	NATURA LITOLOGICA	PROPRIETA'
$F < 15$	TORBE ED ARGILLE ORGANICHE	COESIVE
$15 < F \leq 30$	LIMI ED ARGILLE	COESIVE
$30 < F \leq 60$	LIMI SABBIOSI E SABBIE LIMOSE	GRANULARI
$F > 60$	SABBIE E SABBIE CON GHIAIA	GRANULARI

Vengono inoltre riportate le valutazioni stratigrafiche fornite da Schmertmann (1978), ricavabili in base ai valori di qc e di $FR = (fs / qc) \%$

- AO = argilla organica e terreni misti
- Att = argilla (inorganica) molto tenera
- At = argilla (inorganica) tenera
- Am = argilla (inorganica) di media consistenza
- Ac = argilla (inorganica) consistente
- Acc = argilla (inorganica) molto consistente
- ASL = argilla sabbiosa e limosa
- SAL = sabbia e limo / sabbia e limo argilloso
- Ss = sabbia sciolta
- Sm = sabbia mediamente addensata
- Sd = sabbia densa o cementata
- SC = sabbia con molti fossili, calcareniti

Secondo Schmertmann il valore della resistenza laterale da usarsi, dovrebbe essere pari a:

- $1/3 \pm 1/2$ di quello misurato , per depositi sabbiosi
- quello misurato (inalterato) , per depositi coesivi

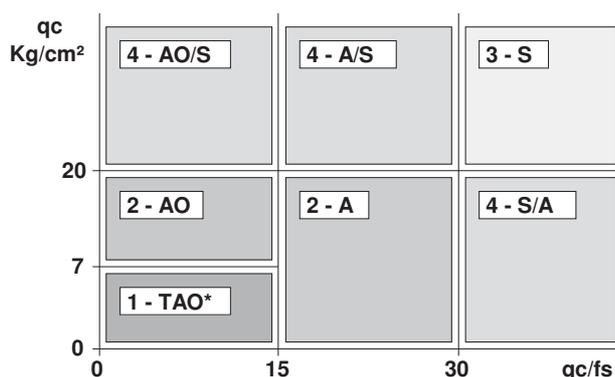
LEGENDA PARAMETRI GEOTECNICI

SCELTE LITOLOGICHE (validità orientativa)

Le scelte litologiche vengono effettuate in base al rapporto qc / fs (Begemann 1965 -Raccomandazioni A.G.I. 1977), prevedendo altresì la possibilità di casi dubbi :

$qc \leq 20 \text{ kg/cm}^2$: possibili terreni COESIVI anche se $(qc / fs) > 30$

$qc \geq 20 \text{ kg/cm}^2$: possibili terreni GRANULARI anche se $(qc / fs) < 30$



NATURA LITOLOGICA

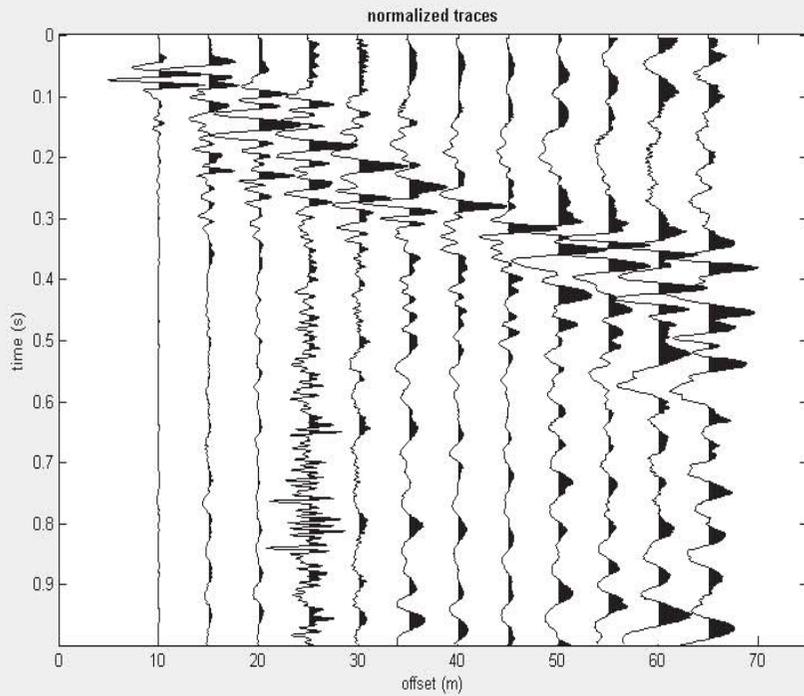
- 1 - COESIVA (TORBOSA) ALTA COMPRIMIBILITA'
- 2 - COESIVA IN GENERE
- 3 - GRANULARE
- 4 - COESIVA / GRANULARE

PARAMETRI GEOTECNICI (validità orientativa) - simboli - correlazioni - bibliografia

- γ = peso dell' unità di volume (efficace) del terreno [correlazioni : γ - qc - natura] (Terzaghi & Peck 1967 -Bowles 1982)
- σ'_{vo} = tensione verticale geostatica (efficace) del terreno (valutata in base ai valori di γ)
- C_u = coesione non drenata (terreni coesivi) [correlazioni : C_u - qc]
- OCR = grado di sovra consolidazione (terreni coesivi) [correlazioni : OCR - C_u - σ'_{vo}] (Ladd et al. 1972 / 1974 / 1977 - Lancellotta 1983)
- Eu = modulo di deformazione non drenato (terr.coes.) [correl. : Eu - C_u - OCR - I_p I_p = indice plastico] Eu50 - Eu25 corrispondono rispettivamente ad un grado di mobilitazione dello sforzo deviatorico corrisp. al 50-25% (Duncan & Buchigani 1976)
- E' = modulo di deformazione drenato (terreni granulari) [correlazioni : E' - qc] E'50 - E'25 corrispondono rispettivamente ad un grado di mobilitazione dello sforzo deviatorico corrisp. al 50-25% (coefficiente di sicurezza F = 2 - 4 rispettivamente) (Schmertmann 1970 / 1978 - Jamiolkowski et al. 1983)
- Mo = modulo di deformazione edometrico (terreni coesivi e granulari) [correl. : Mo - qc - natura] (Sanglerat 1972 - Mitchell & Gardner 1975 - Ricceri et al. 1974 - Holden 1973)
- Dr = densità relativa (terreni granulari N. C. - normalmente consolidati) [correlazioni : Dr - qc - σ'_{vo}] (Schmertmann 1976)
- ϕ' = angolo di attrito interno efficace (terreni granulari N.C.) [correl. : ϕ' - Dr - qc - σ'_{vo}] (Schmertmann 1978 - Durgunoglu & Mitchell 1975 - Meyerhof 1956 / 1976)
 ϕ'_{1s} - (Schmertmann) sabbia fine uniforme ϕ'_{2s} - sabbia media uniforme/ fine ben gradata
 ϕ'_{3s} - sabbia grossa uniforme/ media ben gradata
 ϕ'_{4s} - sabbia-ghiaia poco limosa/ ghiaietto uniforme
- ϕ'_{dm} - (Durgunoglu & Mitchell) sabbie N.C. ϕ'_{my} - (Meyerhof) sabbie limose
- Amax = accelerazione al suolo che può causare liquefazione (terreni granulari) (g = acc.gravità)(Seed & Idriss 1971 - Sirio 1976) [correlazioni : (Amax/g) - Dr]

#1: uploading & processing (MASW analyses)

dataset: 06.sgy
minimum offset: 10 m
geophone spacing: 5 m
sampling: 0.956 ms



utilities

flip traces
spectrum
movie ?

data selection

activate
select 20
cancel save

refraction

quick refraction
upload save
clear refraction

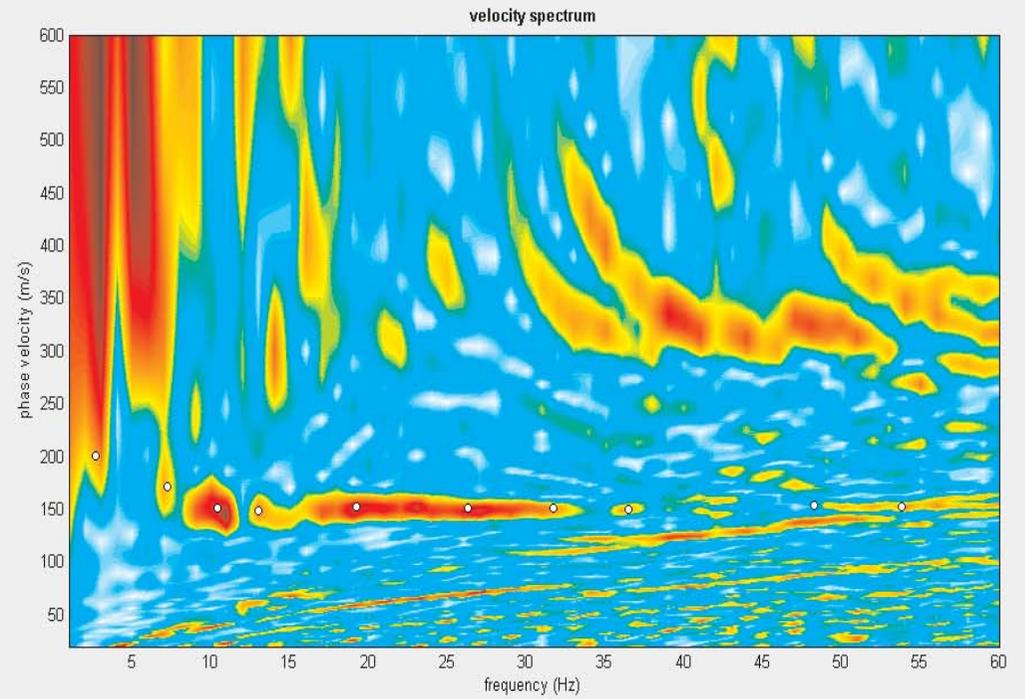


ver. 4.1 Pro

Attenuation analysis

#2: velocity spectrum, modelling & picking (MASW & ReMi analyses)

MASW ReMi visualize curves
calculate spectrum Tau - v upload ReMi spectrum input curve ?



explore spectrum

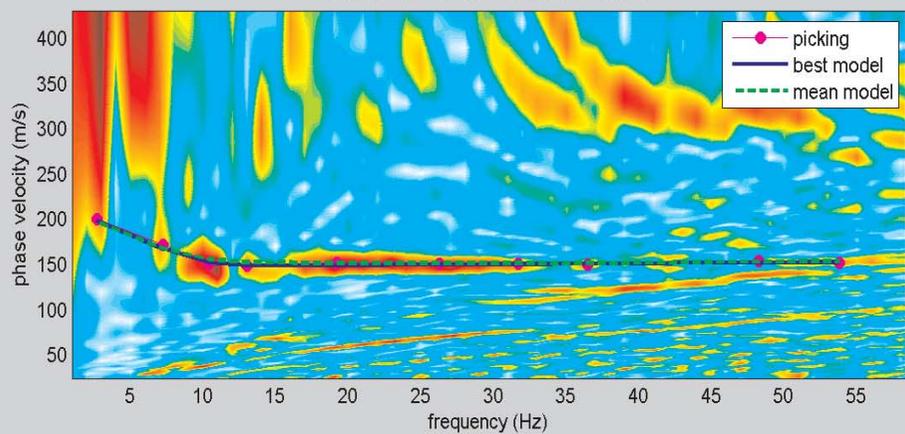
modelling

parameters save model
upload model 3 Rayleigh
 eigen period refresh ?

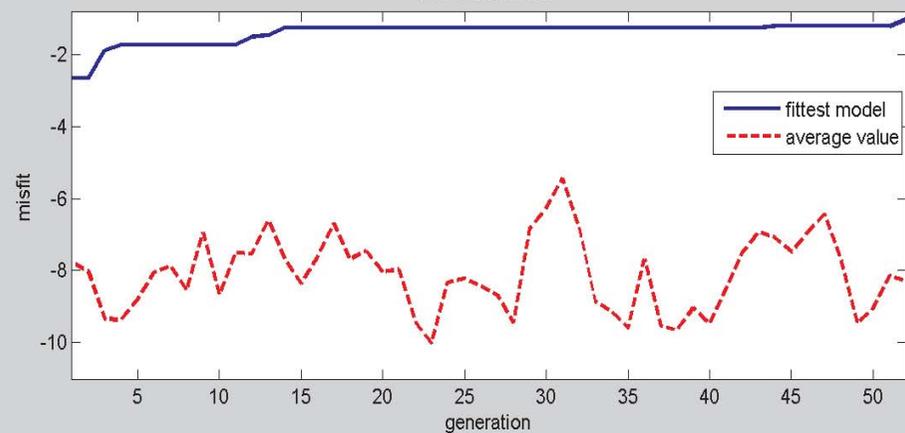
Freccia del Sud 5 m pick.cdp

fundamental ?
use the right button to select the last point of the considered mode
save picking ? cancel picking
inversion
exit

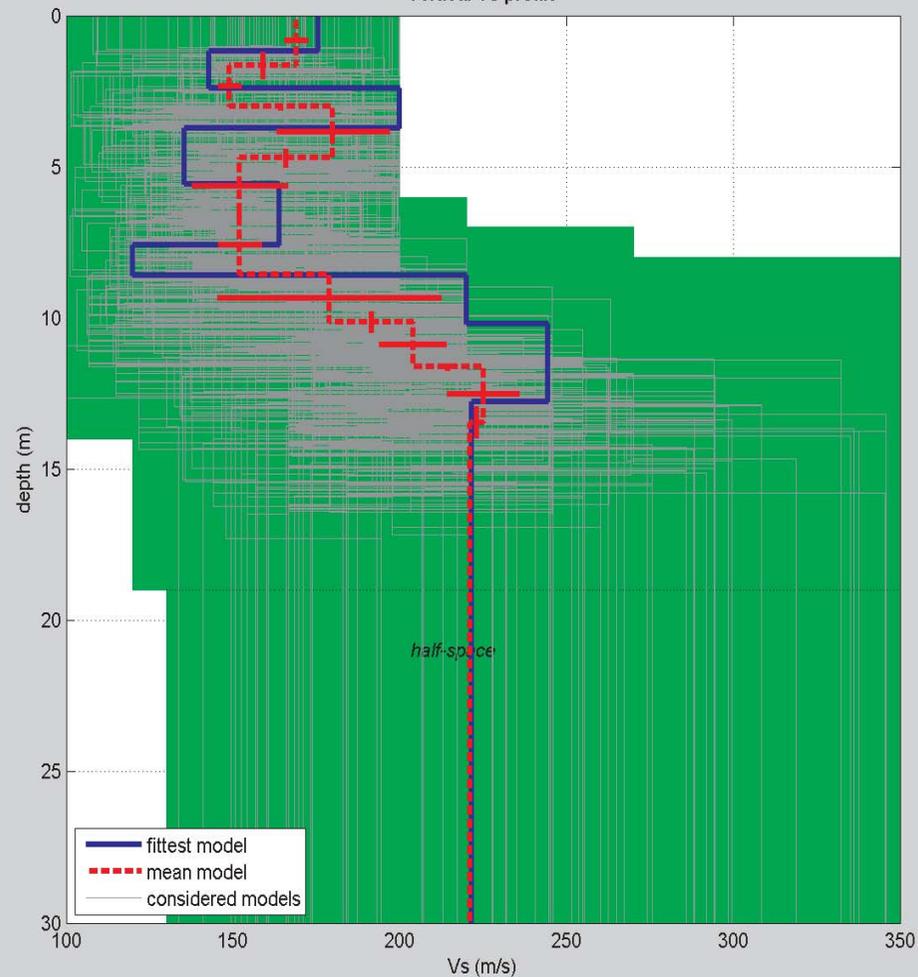
velocity spectrum & dispersion curve



misfit evolution



Vertical Vs profile

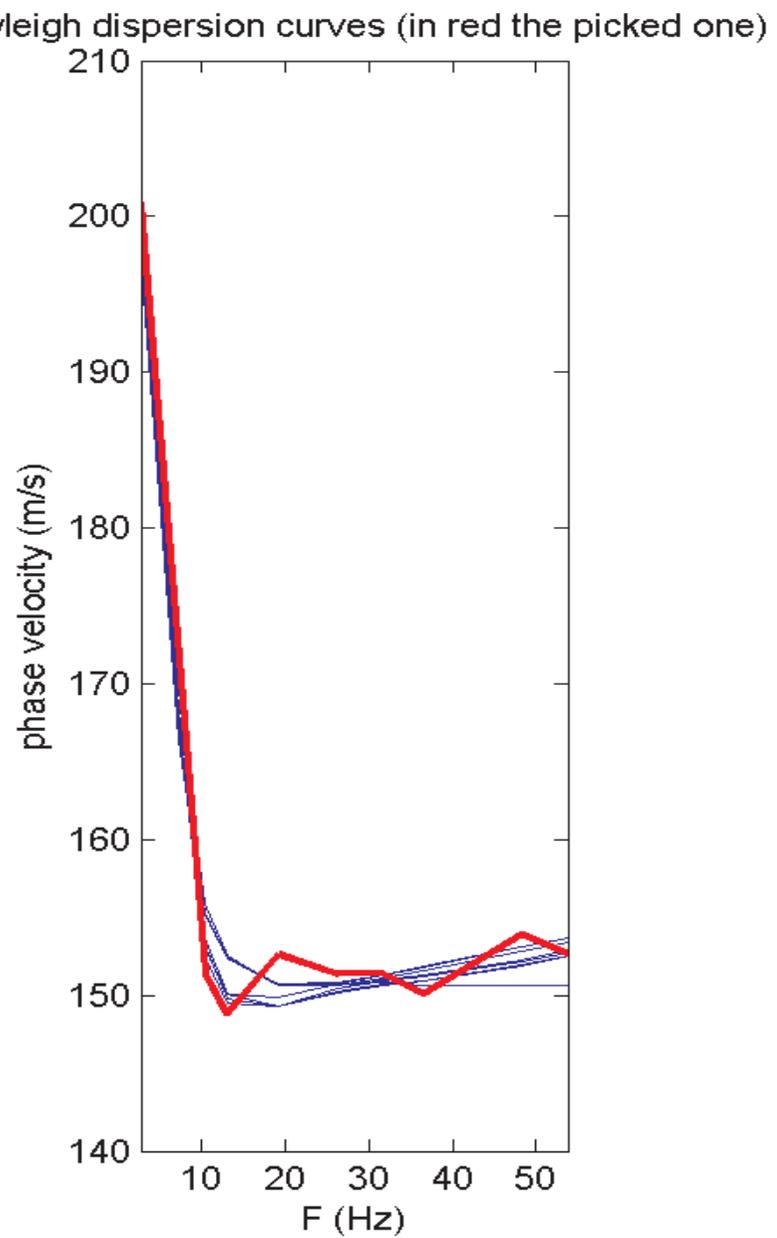
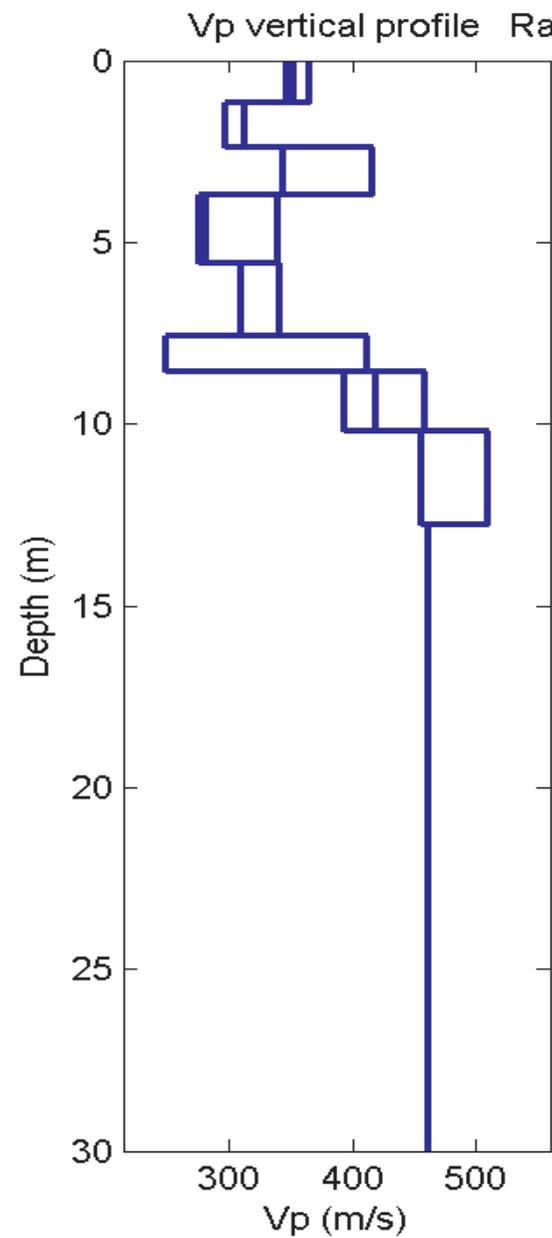
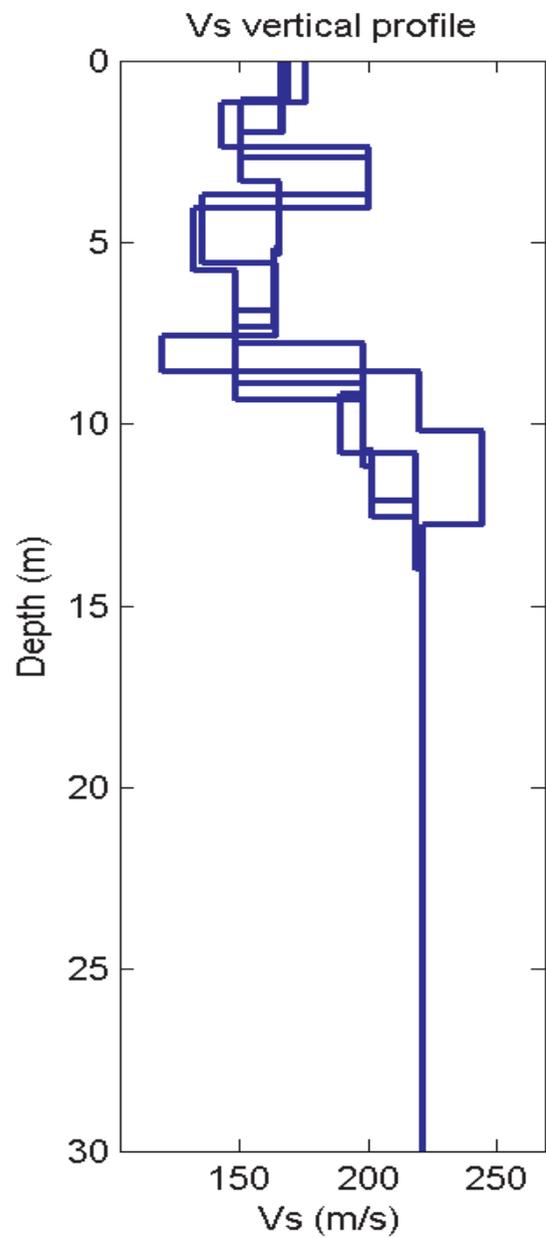


dataset: 06.sgy

dispersion curve: Freccia del Sud 5 m pick.cdp

VS30 (best model): 197 m/s

VS30 (mean model): 196 m/s



ELABORAZIONE MASW

SECTION 1

dataset: 06.sgy
minimum offset (m): 10
geophone spacing (m): 5
sampling (ms): 0.956
Dispersion curve: Freccia del Sud 5 m pick.cdp
Number of individuals: 30
Number of generations: 41

Adopted search space (minimum Vs & thickness):

100 1 100 1 100 1 100 1 100 1 100 1 100 1 120 1 130

Adopted search space (maximum Vs & thickness):

200 2 200 2 200 2 200 2 200 2 200 2 220 2 270 5 350

Adopted Poisson values:

0.35 0.35 0.35 0.35 0.35 0.35 0.35 0.35 0.35

SECTION 2

Rayleigh wave analysis

Optimizing Vs & Thickness - generation: 1; average & best misfits:	-7.7723	-2.6498
Optimizing Vs & Thickness - generation: 2; average & best misfits:	-8.0326	-2.6498
Optimizing Vs & Thickness - generation: 3; average & best misfits:	-9.3352	-1.9005
Optimizing Vs & Thickness - generation: 4; average & best misfits:	-9.3699	-1.7261
Optimizing Vs & Thickness - generation: 5; average & best misfits:	-8.8052	-1.7261
Optimizing Vs & Thickness - generation: 6; average & best misfits:	-8.0581	-1.7261
Optimizing Vs & Thickness - generation: 7; average & best misfits:	-7.8672	-1.7261
Optimizing Vs & Thickness - generation: 8; average & best misfits:	-8.5509	-1.7261
Optimizing Vs & Thickness - generation: 9; average & best misfits:	-6.9471	-1.7261
Optimizing Vs & Thickness - generation: 10; average & best misfits:	-8.6604	-1.7261
Optimizing Vs & Thickness - generation: 11; average & best misfits:	-7.5034	-1.7261
Optimizing Vs & Thickness - generation: 12; average & best misfits:	-7.537	-1.5057
Optimizing Vs & Thickness - generation: 13; average & best misfits:	-6.5924	-1.4643
Optimizing Vs & Thickness - generation: 14; average & best misfits:	-7.6744	-1.2489
Optimizing Vs & Thickness - generation: 15; average & best misfits:	-8.3524	-1.2489
Optimizing Vs & Thickness - generation: 16; average & best misfits:	-7.6371	-1.2489
Optimizing Vs & Thickness - generation: 17; average & best misfits:	-6.6901	-1.2489
Optimizing Vs & Thickness - generation: 18; average & best misfits:	-7.6793	-1.2489
Optimizing Vs & Thickness - generation: 19; average & best misfits:	-7.4622	-1.2489

Optimizing Vs & Thickness - generation: 20; average & best misfits:	-8.0337	-1.2489
Optimizing Vs & Thickness - generation: 21; average & best misfits:	-7.9715	-1.2489
Optimizing Vs & Thickness - generation: 22; average & best misfits:	-9.444	-1.2489
Optimizing Vs & Thickness - generation: 23; average & best misfits:	-10.0091	-1.24891
Optimizing Vs & Thickness - generation: 24; average & best misfits:	-8.3259	-1.2489
Optimizing Vs & Thickness - generation: 25; average & best misfits:	-8.2238	-1.2489
Optimizing Vs & Thickness - generation: 26; average & best misfits:	-8.4284	-1.2489
Optimizing Vs & Thickness - generation: 27; average & best misfits:	-8.6806	-1.2489
Optimizing Vs & Thickness - generation: 28; average & best misfits:	-9.4462	-1.2489
Optimizing Vs & Thickness - generation: 29; average & best misfits:	-6.8308	-1.2489
Optimizing Vs & Thickness - generation: 30; average & best misfits:	-6.2805	-1.2489
Optimizing Vs & Thickness - generation: 31; average & best misfits:	-5.432	-1.2489
Optimizing Vs & Thickness - generation: 32; average & best misfits:	-6.7956	-1.2489
Optimizing Vs & Thickness - generation: 33; average & best misfits:	-8.8583	-1.2489
Optimizing Vs & Thickness - generation: 34; average & best misfits:	-9.1304	-1.2489
Optimizing Vs & Thickness - generation: 35; average & best misfits:	-9.5982	-1.2489
Optimizing Vs & Thickness - generation: 36; average & best misfits:	-7.6918	-1.2489
Optimizing Vs & Thickness - generation: 37; average & best misfits:	-9.5361	-1.2489
Optimizing Vs & Thickness - generation: 38; average & best misfits:	-9.6624	-1.2489
Optimizing Vs & Thickness - generation: 39; average & best misfits:	-9.0326	-1.2489
Optimizing Vs & Thickness - generation: 40; average & best misfits:	-9.4808	-1.2489
Optimizing Vs & Thickness - generation: 41; average & best misfits:	-8.4932	-1.2489

Checking the new search space (for the finer search)

Now a finer search around the most promising search space area

Rayleigh wave analysis

Optimizing Vs & Thickness - generation: 1; average & best misfits:	-7.4816	-1.2489
Optimizing Vs & Thickness - generation: 2; average & best misfits:	-6.94	-1.2489
Optimizing Vs & Thickness - generation: 3; average & best misfits:	-7.0929	-1.2096
Optimizing Vs & Thickness - generation: 4; average & best misfits:	-7.4828	-1.2096
Optimizing Vs & Thickness - generation: 5; average & best misfits:	-6.9206	-1.2096
Optimizing Vs & Thickness - generation: 6; average & best misfits:	-6.4296	-1.2096
Optimizing Vs & Thickness - generation: 7; average & best misfits:	-7.663	-1.2096
Optimizing Vs & Thickness - generation: 8; average & best misfits:	-9.4671	-1.2096
Optimizing Vs & Thickness - generation: 9; average & best misfits:	-9.0463	-1.2096
Optimizing Vs & Thickness - generation: 10; average & best misfits:	-8.1424	-1.2096
Optimizing Vs & Thickness - generation: 11; average & best misfits:	-8.2944	-1.0264

Model after the Vs & Thickness optimization (fixed Poisson values):

Vs (m/s):	175	143	200	135	164	120	220	244	221
Poisson:	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35
Thickness (m):	1.2	1.2	1.3	1.9	2	1	1.6	2.6	

Number of models considered to calculate the average model: 5

RESULTS winMASW 4.1 Pro

Dataset: 06.sgy
Analyzed curve: Freccia del Sud 5 m pick.cdp

SECTION 3

MEAN MODEL

VS (m/s):	169	149	180	152	152	179	204	225	221
Standard deviations (m/s):	4	3	17	14	6	34	10	11	0
Thickness (m):	1.6	1.4	1.7	1.9	2.0	1.6	1.5	1.8	
Standard deviations (m):	0.4	0.1	0.3	0.1	0.0	0.3	0.1	0.5	

Approximate values for Vp, density & elastic moduli

Vp (m/s):	352	310	375	316	316	373	425	468	460
Density (g/cm ³):	1.80	1.77	1.82	1.78	1.78	1.82	1.85	1.87	1.87
Vp/Vs ratio:	2.08	2.08	2.08	2.08	2.08	2.08	2.08	2.08	2.08
Poisson:	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35
Young modulus (MPa):	139	106	159	111	111	157	208	256	246
Shear modulus (MPa):	51	39	59	41	41	58	77	95	91
Lamé (MPa):	120	92	138	95	95	136	180	220	213
Bulk modulus (MPa):	155	118	177	123	123	175	231	283	273

dispersion curve (frequency - Rayleigh phase velocity)

Fundamental mode

Mean model

f(Hz)	VR(m/s)
2.69706	197.4118
7.24663	168.0003
10.4241	155.8474
13.0239	153.0926
19.2344	151.8198
26.3115	151.7021
31.7277	151.8262
36.4939	152.1107
48.265	153.2274
53.8256	153.7992

SECTION 4

BEST MODEL

Vs (m/s):	1754901	1428191	200	1354753	1639158	1199743	220	2443745	2214628
thickness (m):	1.1746	12336	1.308	18623	2	10042	1.6172	25544	

Approximate values for Vp, density & elastic moduli

Vp (m/s):	365	297	416	282	341	250	458	509	461
Density (gr/cm ³):	1.81	1.76	1.84	1.75	1.79	1.72	1.87	1.89	1.87
Vp/Vs ratio:	2.09	2.08	2.08	2.09	2.08	2.08	2.08	2.09	2.09
Poisson:	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35
Young modulus (MPa):	150	97	199	86	130	67	244	304	246
Shear modulus (MPa):	55	36	74	32	48	25	90	113	91
Lamé (MPa):	130	83	171	75	112	58	211	265	214
Bulk modulus (MPa):	167	107	221	97	144	74	271	340	275

dispersion curve (frequency - Rayleigh phase velocity)

Fundamental mode)

Best model

f(Hz)	VR(m/s)
2.69706	198.7186
7.24663	167.7343
10.4241	152.4309
13.0239	149.4843
19.2344	149.2763
26.3115	150.4318
31.7277	150.9878
36.4939	151.3026
48.265	152.2949
53.8256	152.9319

SECTION 5

Maximum penetration depth according to the "Steady State Rayleigh Method": 30 m

Inversion quality: very good

VS5 (mean model): 165 m/s

VS5 (best model): 159 m/s

VS20 (mean model): 186 m/s

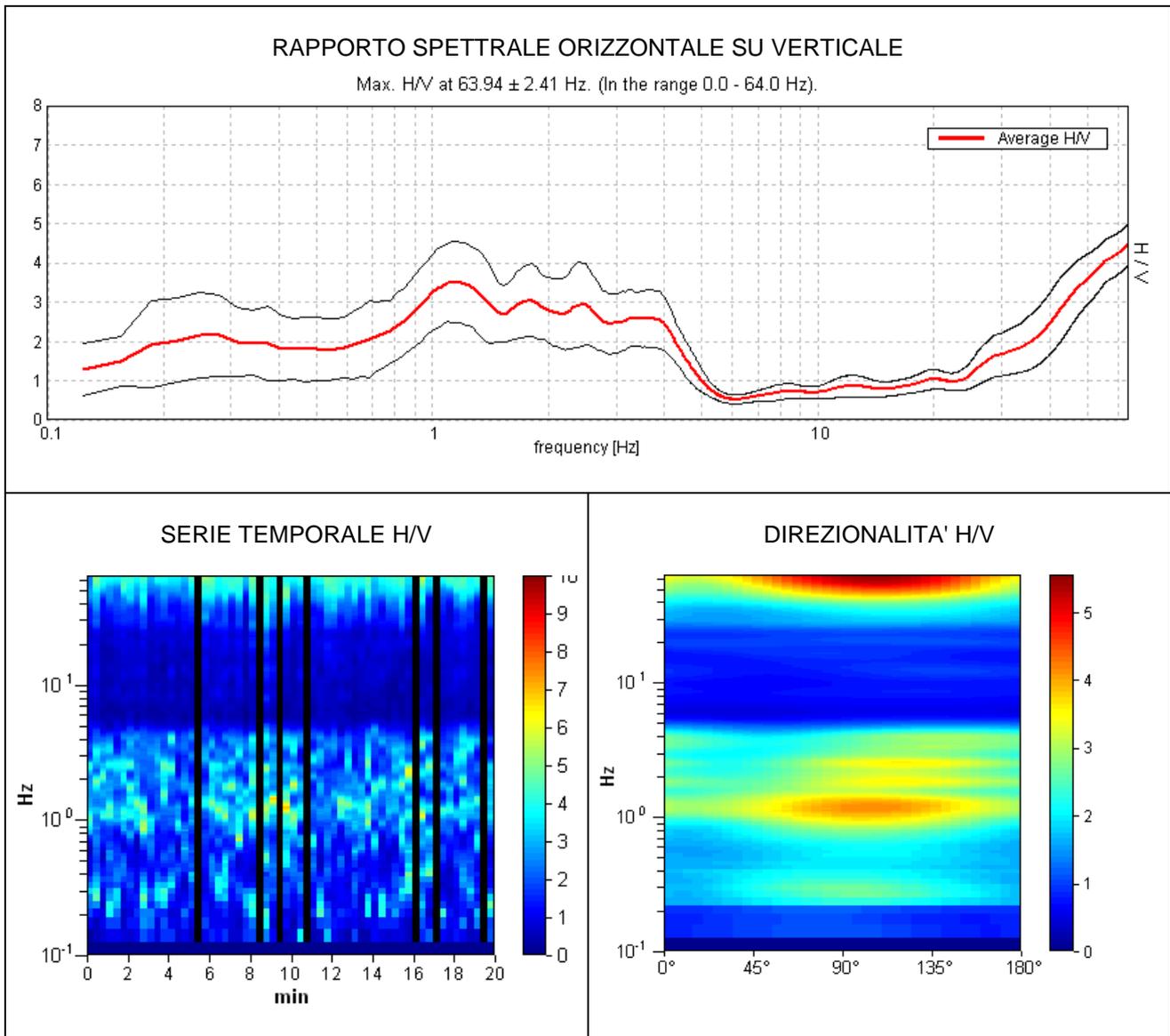
VS20 (best model): 187 m/s

VS30 (mean model): 196 m/s

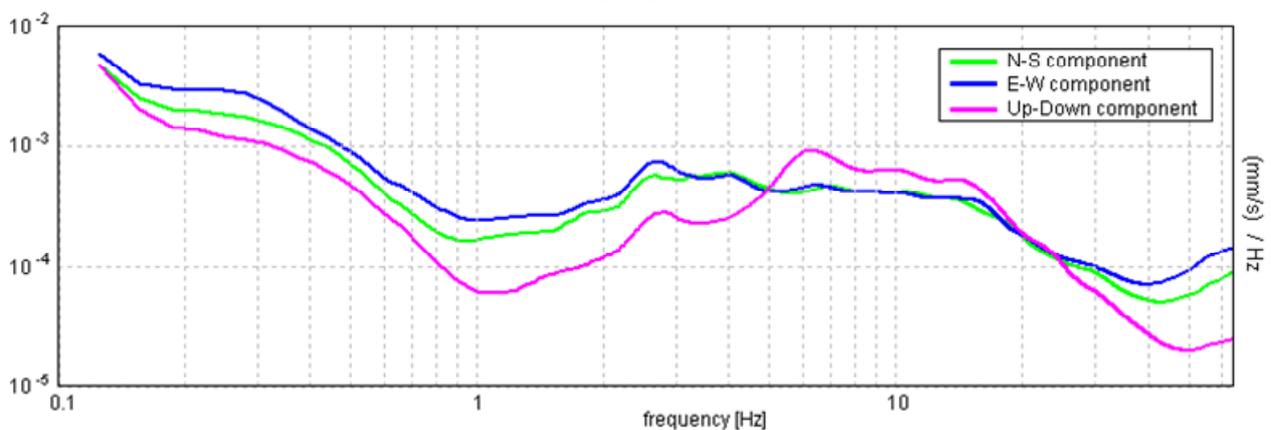
VS30 (best model): 197 m/s

REPORT INDAGINE HVSR – FUCECCHIO, FRECCIA DEL SUD SRL

Strumento: TRZ-0158/01-11
 Inizio registrazione: 04/02/20 11:17:59 Fine registrazione: 04/02/20 11:37:58
 Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN
 Durata registrazione: 0h20'00". Analizzato 88% tracciato (selezione manuale)
 Freq. campionamento: 128 Hz Lunghezza finestre: 20 s
 Tipo di lisciamento: Triangular window Lisciamento: 15%



SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



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

Picco H/V a 63.94 ± 2.41 Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).

Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	63.94 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	67773.8 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Superato 0 volte su 1026	OK	

Criteri per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	38.156 Hz	OK	
Esiste f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$			NO
$A_0 > 2$	4.46 > 2	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.01857 < 0.05$	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	1.1875 < 3.19688	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.2608 < 1.58	OK	

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

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

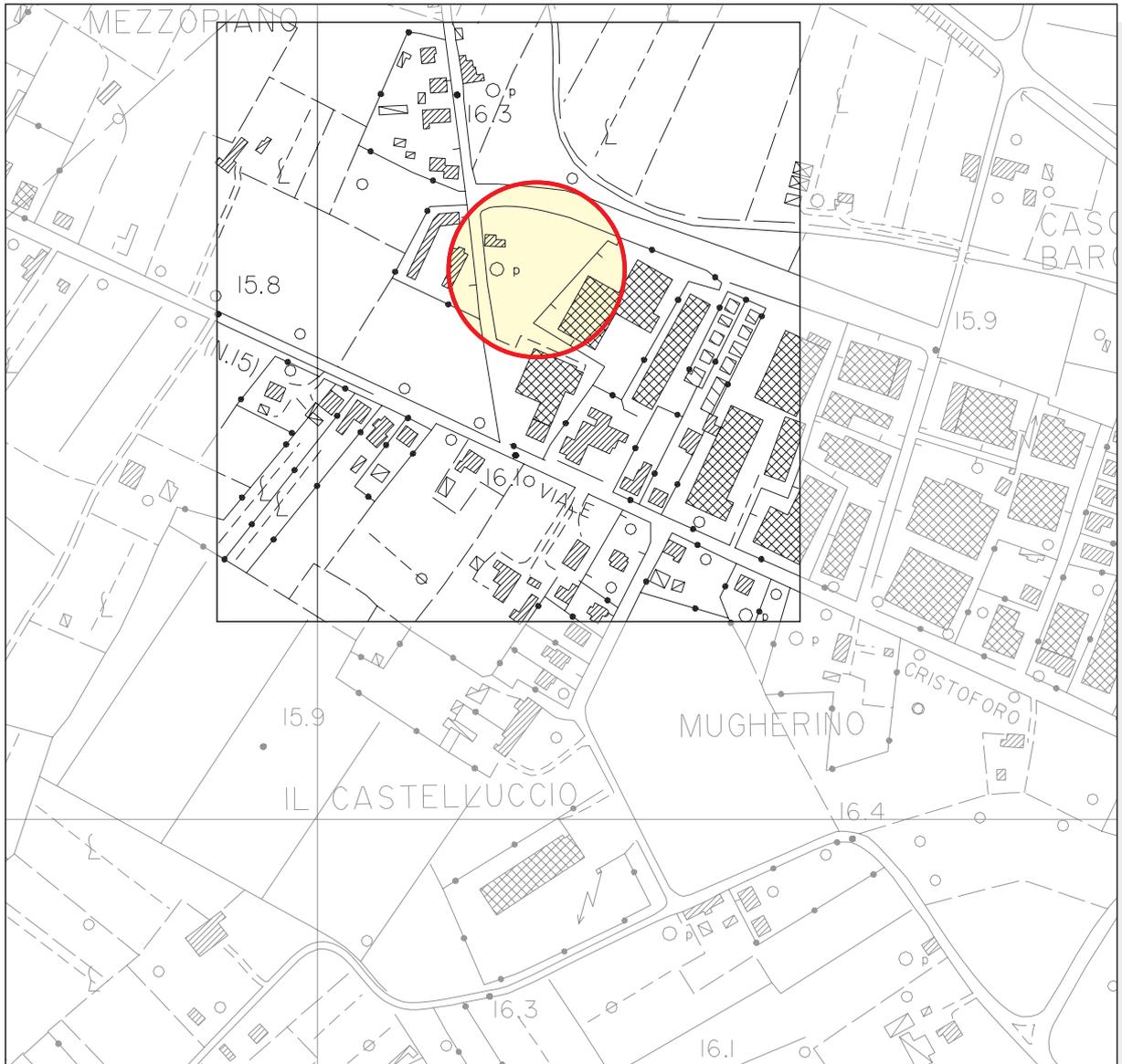
Intervallo di freq. [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	0.25 f_0	0.2 f_0	0.15 f_0	0.10 f_0	0.05 f_0
$\theta(f_0)$ per $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ per $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20



DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA VERTICALI CPT



DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA INDAGINI GEOFISICHE



CARTA DELLA PERICOLOSITA' GEOLOGICA
AI SENSI DEL D.P.G.R. 5/R
SCALA 1:5.000

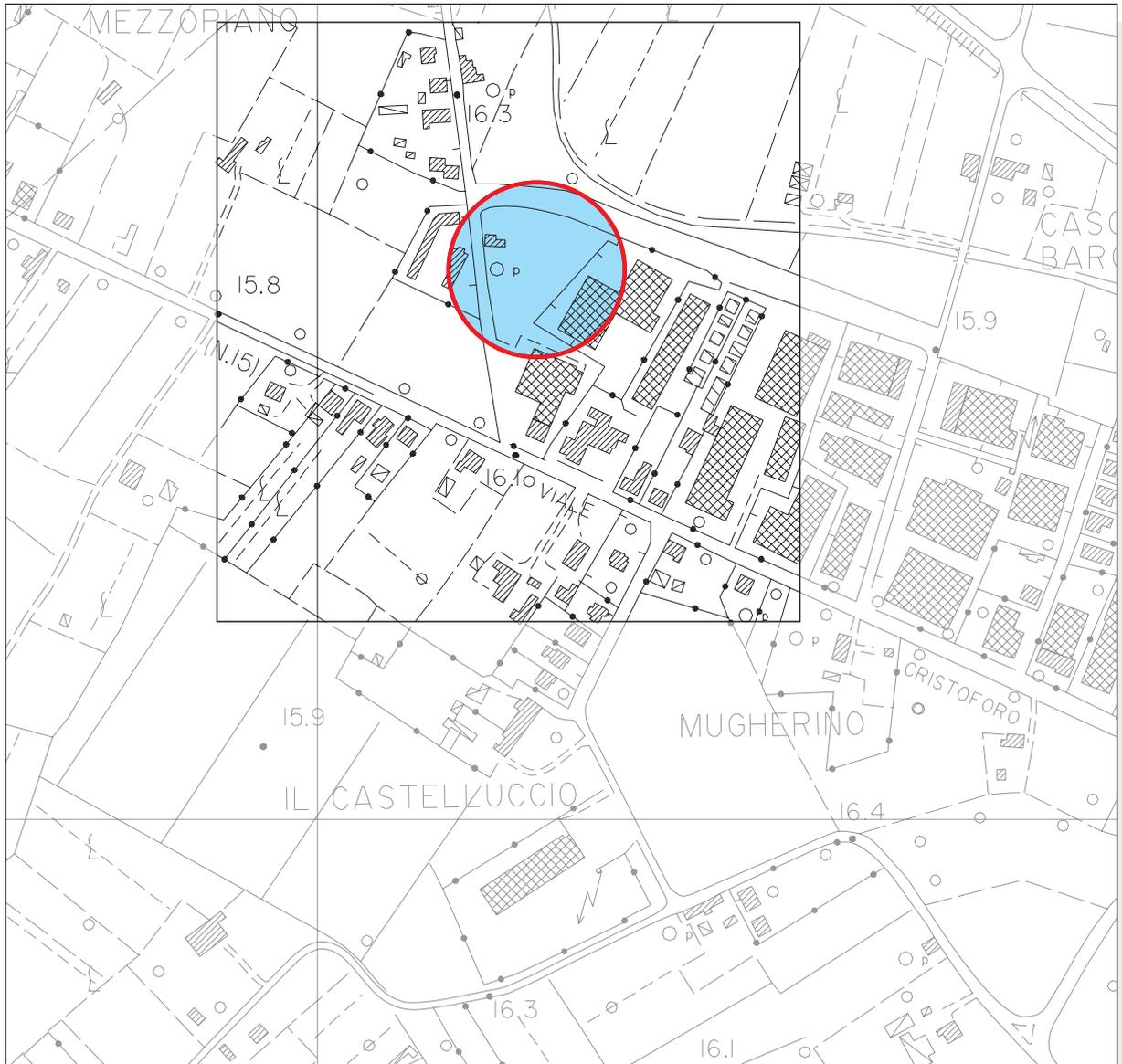
LEGENDA



Ubicazione area in studio



G.2 - Pericolosità geologica media



CARTA DELLA PERICOLOSITA' IDRAULICA
 AI SENSI DEL D.P.G.R. 5/R
 SCALA 1:5.000

LEGENDA



Ubicazione area in studio



P2 - Aree a pericolosità per alluvioni poco frequenti (o a pericolosità media)



CARTA DELLA PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE
 AI SENSI DEL D.P.G.R. 5/R
 SCALA 1:5.000

LEGENDA

-  Ubicazione area in studio
-  S.2 - Pericolosità sismica locale media
-  S.3 - Pericolosità sismica locale elevata