

**Dott. Franco Bulgarelli - Geologo**

✉ - Via del Gavardello n° 73 (Arezzo)

☎ - 0575/912745

E-mail: francobulgarelli64@gmail.com

---

---

## COMUNE DI CASTIGLION FIBOCCHI

PROVINCIA DI AREZZO

Progetto: Variante al Regolamento Urbanistico.

Località: Castiglion Fibocchi, Complesso Immobiliare “Ex Fattoria Cassi”.

Committenti: David s.r.l. – Chiodini Lorenzo.

**RELAZIONE GEOLOGICO-TECNICA DI FATTIBILITA’**

## *① - Premessa*

Il progetto prevede la ristrutturazione edilizia e il recupero del Complesso Immobiliare denominato “Ex Fattoria Cassi” situato all’interno del centro storico di Castiglion Fibocchi.

Nella cartografia di supporto al vigente S.U. all’area sono state attribuite le seguenti classi di pericolosità:

- geologica media (G2);
- idraulica bassa (I1);
- sismica locale bassa (S1).

Con la presente si riferisce dell’indagine geologico-tecnica di fattibilità condotta per un congruo intorno della zona interessata dall’intervento.

## *② - Cartografia tematica.*

E’ stata predisposta, così come previsto dalla vigente normativa, la seguente cartografia in scala 1: 5.000:

### *A) Carta Geologica;*

I materiali litoidi che affiorano appartengono alla formazione geologica denominata “Arenarie del M. Cervarola” la cui età è riferibile all’Aquitaniense-Langhiano.

I termini stratigrafici di tale unità sono dati da arenarie quarzoso-feldspatiche a cemento sialitico e/o calcitico, scisti siltosi e marne.

Le giaciture del substrato roccioso evidenziano un uniforme assetto stratigrafico, di tipo a frana-traverpoggio senza dislocazioni tettoniche o accentuate fratturazioni.

La roccia in posto, per l’elevata componente argillosa che la rende facilmente degradabile ed erodibile da parte dei vari agenti atmosferici, resta spesso nascosta da una coltre di copertura costituita da frammenti e blocchi arenacei in matrice sabbioso-argillosa.

Tale coltre passa in profondità, con una certa gradualità, a roccia degradata e rilasciata, ed infine a roccia integra.

*B) Carta Geomorfologica;*

Dal punto di vista morfologico l'area in esame, compresa tra le quote di m. 297 - 300 s.l.m., resta ubicata lungo il crinale di un modesto rilievo collinare e presenta pendenze medie inferiori al 10 %.

Durante il sopralluogo è stata accertata, come confermato dall'integrità strutturale dei numerosi fabbricati di vecchia costruzione esistenti, l'assenza di fenomeni gravitativi in atto o forme d'intensa erosione.

Il deflusso delle acque superficiali è regolato principalmente dalla rete fognante, dalla naturale acclività e dalle canalette al margine della viabilità.

I diversi apporti idrici confluiscono a valle in destra idrografica del F.<sup>so</sup> di Fusati il cui ciglio superiore di sponda si trova a una quota altimetrica più bassa di oltre m. 15.

*C) Carta Litotecnica;*

Dal punto di vista litotecnico siamo in presenza di rocce lapidee caratterizzate, come già affermato, da un'alternanza di strati di arenarie, marne e scisti siltosi, tutti coesivi e sovraconsolidati, praticamente incompressibili.

*D) Carta Idrogeologica;*

Nei materiali roccioso-lapidei impermeabili della formazione delle "Arenarie del M: Cervarola", la circolazione delle acque avviene nelle litoclasti e fratture degli strati (permeabilità secondaria).

Durante i sopralluoghi non sono stati rilevati affioramenti sorgentizi.

Nel corso dei lavori di costruzione di un pozzo realizzato sullo stesso versante, i primi significativi apporti idrici nel sottosuolo sono stati intercettati, in corrispondenza di materiali rocciosi fratturati, alla profondità di oltre 20 metri da p.c.

Va tuttavia precisato che al contatto tra all'interno della coltre detritica superficiale e/o al contatto con il sottostante substrato si possono ritrovare venute d'acqua, spesso a carattere stagionale.

*E) Carta delle aree allagate e delle problematiche idrogeol.-idrauliche;*

L'area interessata dall'intervento edilizio, come confermato dalla cartografia di supporto al vigente Regolamento Urbanistico, del PAI e del PGRA, non risulta essere stata interessata da fenomeni di alluvionamento o da processi geomorfologici.

*F) Carta dei sondaggi e dei dati di base;*

Per definire la pericolosità sismica del sito è stato preso in considerazione lo studio eseguito tramite un profilo sismico a rifrazione in onde "P", un rilievo Masw e una misura tromometrica.

L'ubicazione dei diversi punti d'indagine è evidenziata nell'allegata cartografia.

L'attrezzatura impiegata e l'elaborazione dei dati acquisiti con l'indagine effettuata, dalla "Galileo Geofisica" di Arezzo, vengono descritti nel rapporto tecnico in appendice.

Quanto acquisito con le misurazioni delle velocità di propagazione delle onde di compressione ( $V_p$ ), ha consentito di evidenziare nel sottosuolo la presenza di tre livelli caratteristici.

Sismostrato	$V_p$ (m/s)	
A (1,0/1,5 ÷ 1,5/2,8 m)	< 600	materiali sciolti
B (1,5/2,8 ÷ 3/4 m)	< 1.800	litoide alterato
C (3/4 m ⇒)	> 1.800	litoide inalterato

Il valore di " $V_{Eq}$ " determinato è pari a 432 m/sec.

Si fa presente inoltre che è stata eseguita una prova con penetrometro di tipo superpesante con altezza caduta libera del peso della massa battente (63,5 Kg) di cm. 75.

La punta conica, con diametro di 50,5 mm., ha un angolo d'apertura di 90° ed un'area di base pari a 20 cm<sup>2</sup>.

Dagli allegati penetrogrammi risulta evidente che in vicinanza del muro di sostegno a valle del lotto si ritrova, fino alla profondità di m. 2,4, eccetto che la coltre di materiale di riporto dello spessore di circa m. 1,5, un primo livello costituito dall'alterazione del substrato roccioso, dove il valore della resistenza alla punta dinamica ("qcd") resta mediamente compreso tra 30 ÷ 100 Kg/cm<sup>2</sup>.

Successivamente, in corrispondenza della parte superficiale del substrato roccioso integro, la resistenza alla punta aumenta rapidamente fino a rifiuto all'avanzamento della colonna delle aste a m. 2,8 dall'attuale p.c. (qcd > 285 Kg/cm<sup>2</sup>).

#### *G) Carta Geologico-Tecnica;*

La Carta è stata elaborata da un esame di maggior dettaglio della Carta Geologica e di quella Geomorfologica, tenendo conto di tutti i dati litologici, stratigrafici e litotecnici acquisiti.

La litologia dei terreni è stata descritta tramite standard di rappresentazione e archiviazione informatica di cui al sistema di classificazione "Unified Soil Classification System" (leggermente modificato, ASTM, 1985).

Nel lotto in esame e in quelli circostanti è stata distinta la seguente classe:  
- "LPS"; lapideo stratificato;

#### *H) Carta delle MOPS;*

In base ai risultati delle indagini svolte l'area è classificabile come zona stabile.

#### *I) Carta della Pericolosità;*

**Geologica:** Quanto rilevato ha consentito di attribuire all'area nel suo complesso un grado di pericolosità geologica "media - G2" che corrisponde ad una situazione in cui dalla valutazione degli elementi

geomorfologici, litologici, giacitureali risulta una bassa propensione al dissesto;

**Idraulica:** Si attribuisce una “pericolosità irrilevante” in quanto siamo in situazione di alto morfologico rispetto a corsi d’acqua;

**Sismica:** In base all’indagine svolta si attribuisce la classe di pericolosità sismica locale bassa “S1”.

*L) Carta della Fattibilità;*

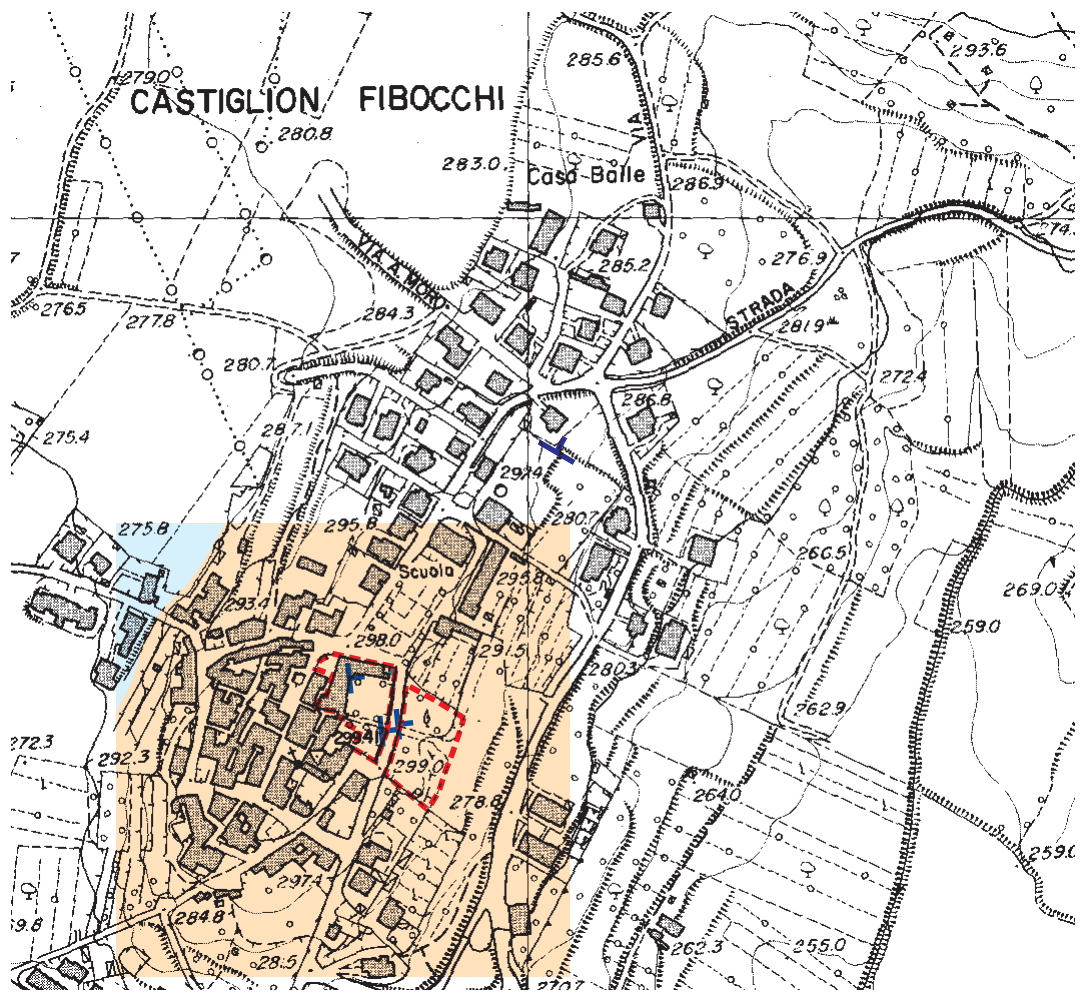
**Geologica:** si è ritenuto adeguata la classe “FG2” che prevede normali vincoli a livello di progetto esecutivo;

**Idraulica:** si attribuisce la classe “FII” in quanto non esistono limitazioni di carattere idraulico; dovranno, in ogni modo, essere realizzate adeguate opere superficiali, per una corretta regimazione delle acque d’origine meteorica, le quali devono tenere conto delle condizioni al contorno;

**Sismica:** in funzione delle scelte progettuali verrà predisposta una campagna d’indagini che definisca, in corrispondenza dell’area interessata dall’intervento, spessori, geometrie e velocità sismiche dei litotipi sepolti al fine di valutare l’entità del contrasto di rigidità sismica dei terreni superficiali e il bedrock sismico.





*Dott. Gelo. Franco Bulgarelli*

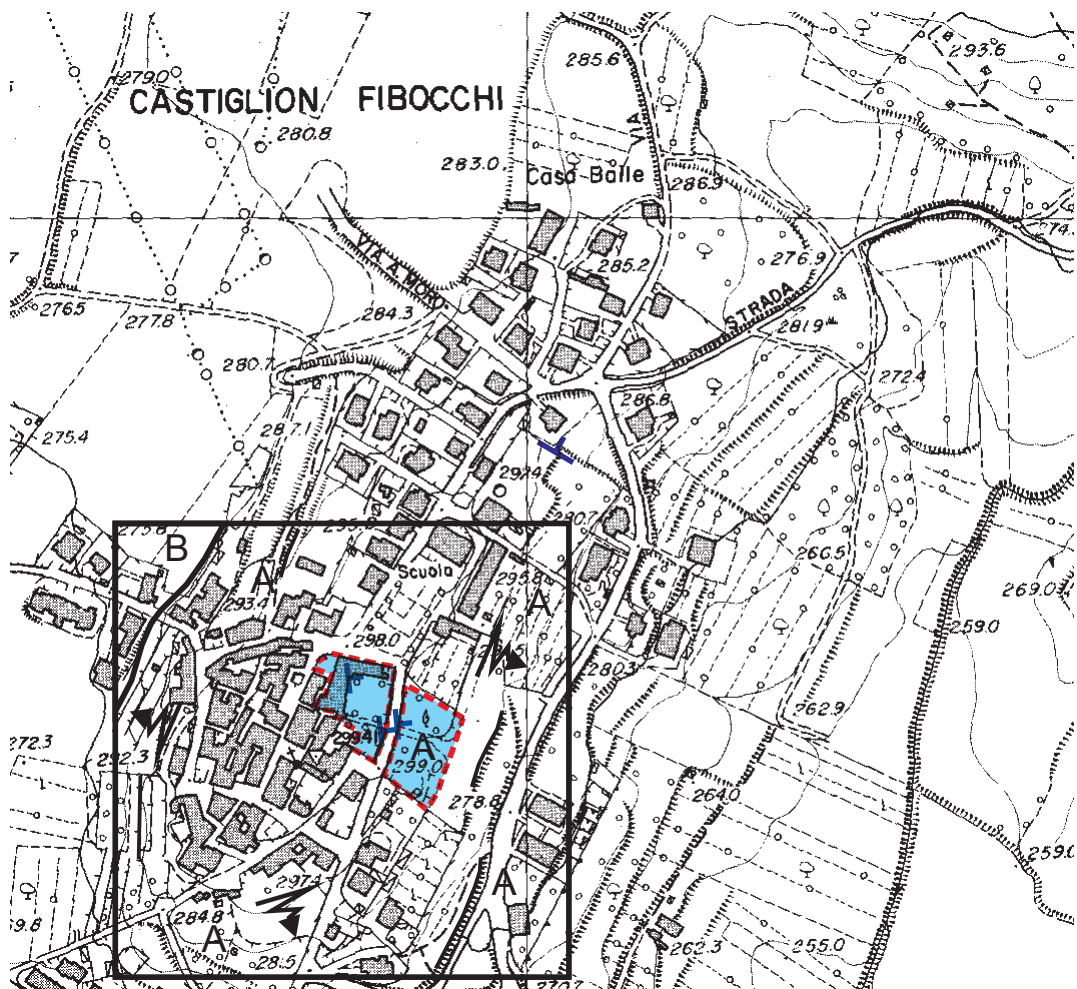
Arezzo, 27 settembre 2019



CARTA GEOLOGICA

1:5.000

-  Argille e ciottoli arenacei fluviali (Pleistocene sup.)
-  Arenarie del M. Cervarola (Aquitaniense-Langhiano)
-  Giacitura degli strati
-  Area interessata dall'intervento

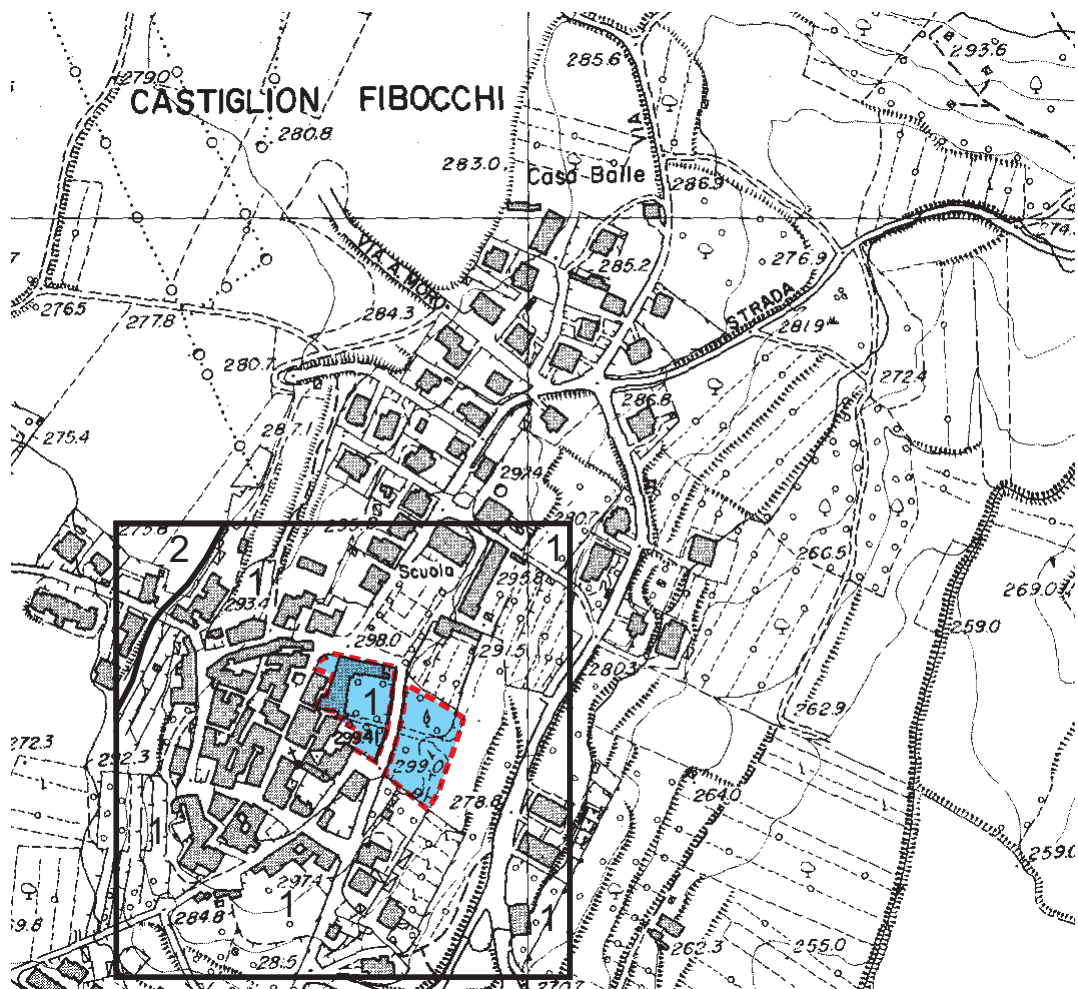


CARTA GEOMORFOLOGICA

1:5.000

- A Rocce coerenti disomogenee
- B Rocce incoerenti disomogenee
- Terrazzamenti artificiali
- Ruscellamento diffuso
- Giacitura degli strati
- Area interessata dall'intervento





CARTA LITOTECNICA

1:5.000

LITOLOGIA

CARATTERISTICHE GEOTECNICHE

ROCCE LAPIDEE

1

Arenarie alternate da  
marne e scisti siltosi

Buone, leggermente inferiori se la  
fratturazione risulta elevata o la  
componente scistosa alterata

TERRENI SCIOLTI

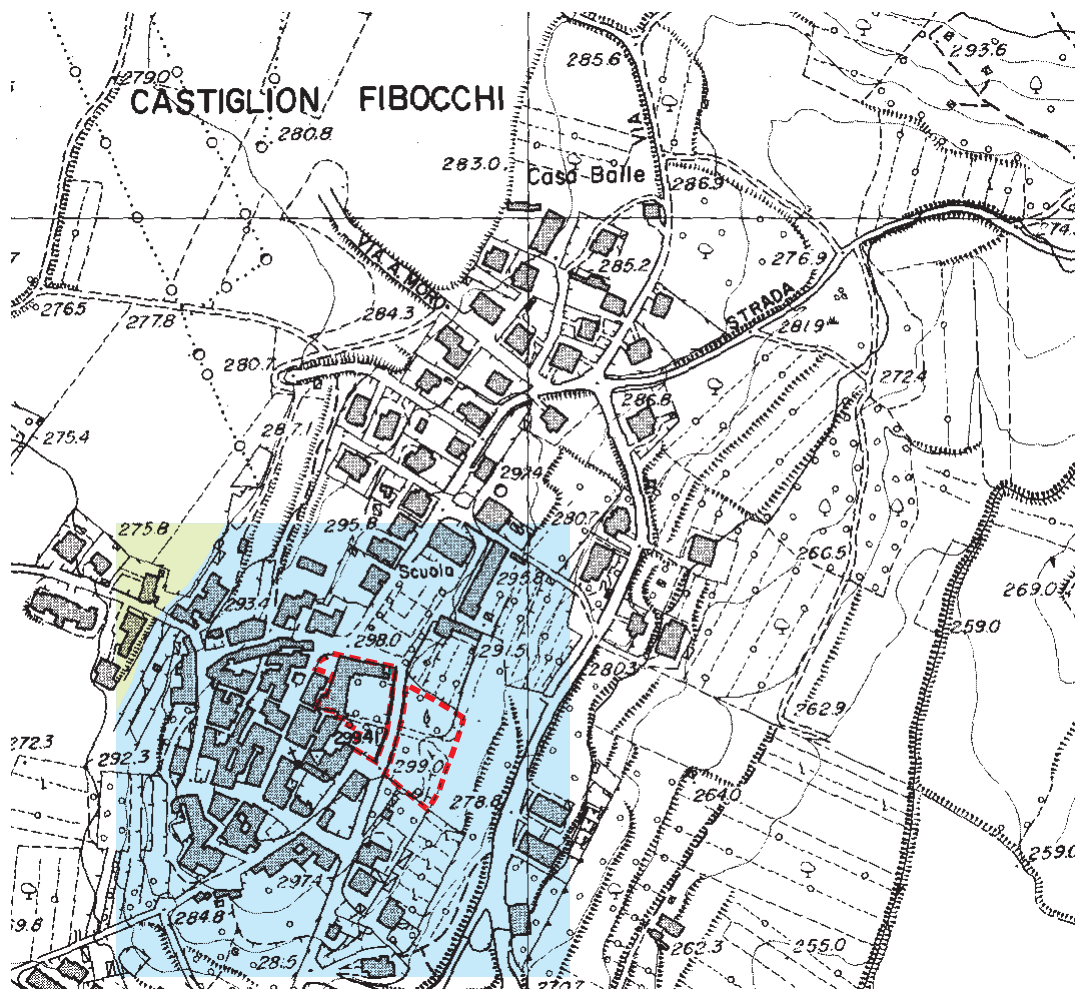
2

successioni argilloso-  
sabbioso-ghiaiose

variabili in funzione della granulometria  
e del contenuto naturale d'acqua



Area interessata dall'intervento



CARTA IDROGEOLOGICA

1:5.000



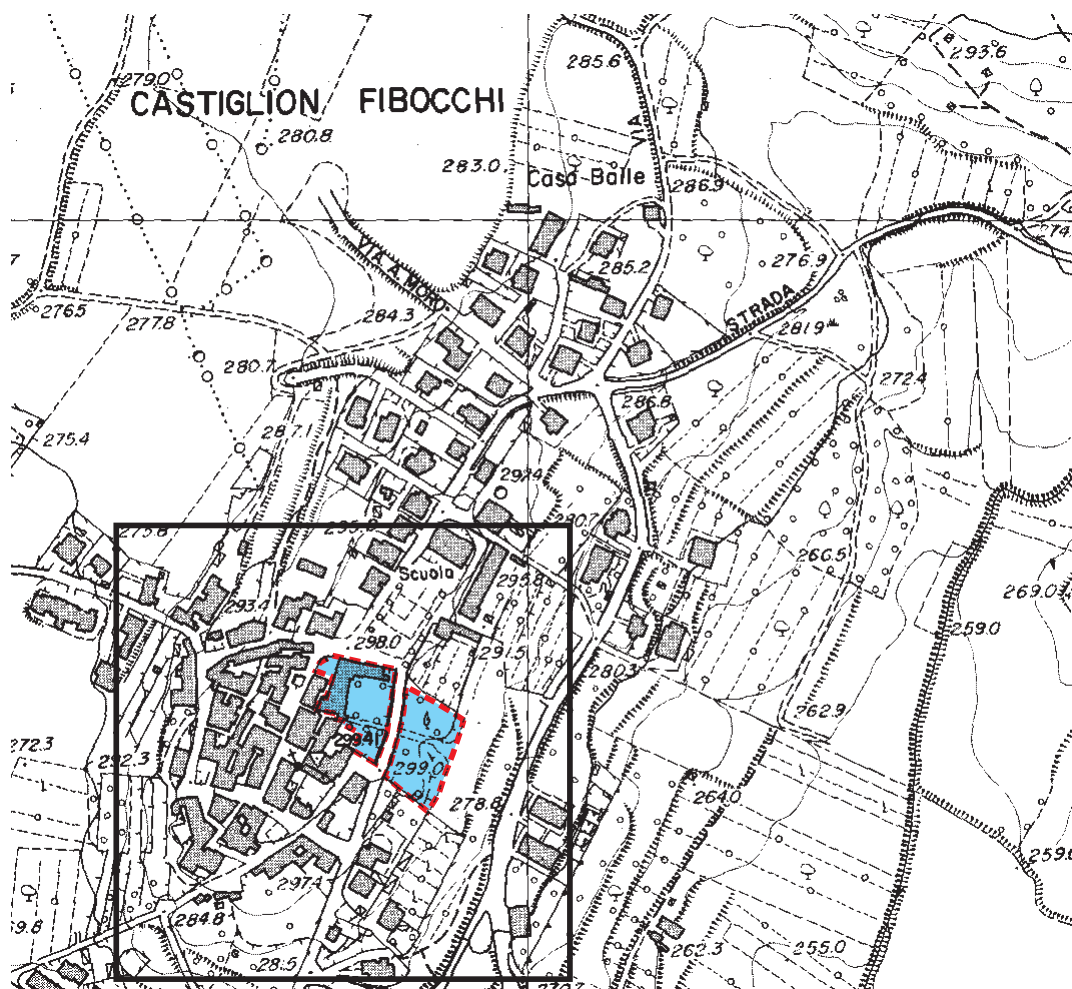
Acquifero poroso: presenza e circolazione idrica legata alle caratteristiche granulometriche dei sedimenti.



Acquifero fratturato: circolazione idrica nelle litoclasti e fratture della roccia.



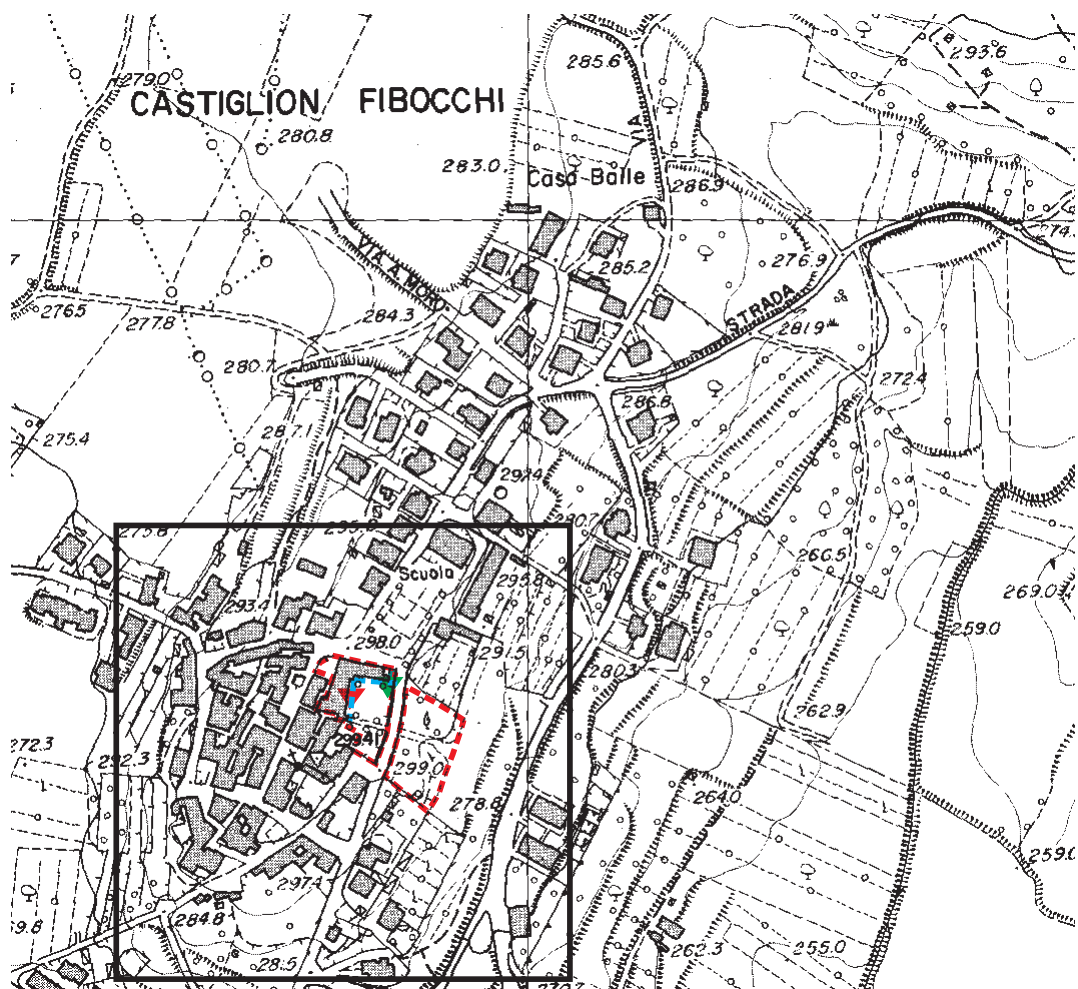
Area interessata dall'intervento



CARTA DELLE AREE ALLAGATE E DELLE PROBLEMATICHE  
IDROGEOLOGICO-IDRAULICHE 1:5.000



Area interessata dall'intervento



CARTA DEI SONDAGGI E DEI DATI DI BASE 1:5.000

- ▼ Prova penetrometrica dinamica
- ▼ Pozzetto esplorativo
- ⋯ Stendimenti sismici
- ▭ Area interessata dall'intervento

**PROVINCIA DI AREZZO  
COMUNE DI CASTIGLION FIBOCCHI**

**“STUDIO TRAMITE SISMICA A  
REFRAZIONE IN ONDE P, MASW E  
RILIEVO TOMOMETRICO PRESSO  
CASTIGLION FIBOCCHI”**



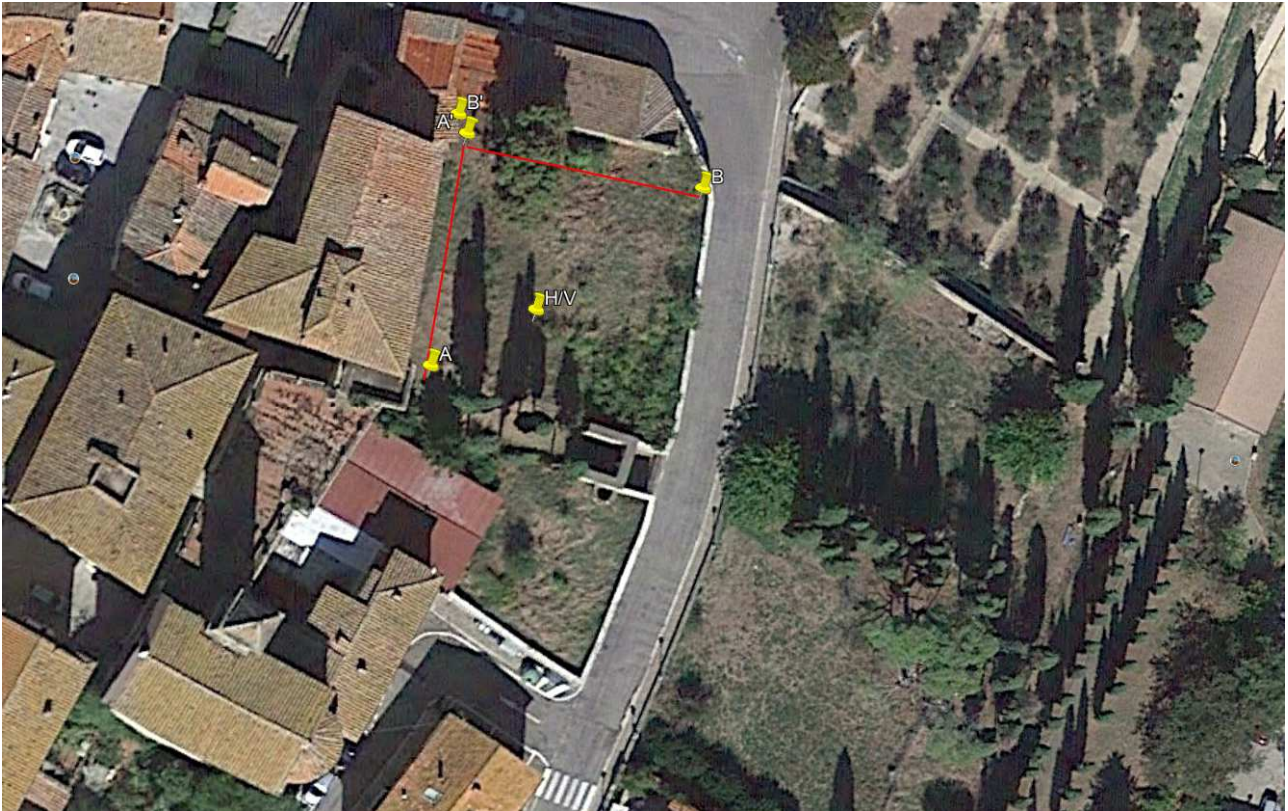
**RELAZIONE GEOFISICA**

## PREMESSA

L'indagine è avvenuta con lo scopo di avere informazioni sulla stratigrafia e sulle caratteristiche sismiche di un terreno situato in località Castiglion Fibocchi.

Per determinare la compattezza dei terreni si è effettuata una stesa a rifrazione in onde P, un masw ed un rilievo tromometrico.

Le indagini si sono svolte sotto la supervisione tecnica del Dott. Geol. Bulgarelli Franco.



*Ubicazione indagini*

## **METODOLOGIA USATA PER L'ANALISI DEI DATI**

Per analizzare la risposta di sito e determinare la pericolosità sismica in base alla normativa vigente si sono utilizzati due distinti metodi geofisici:

**SISMICA A RIFRAZIONE**-Si studia l'andamento del sottosuolo tramite la propagazione dell'onda rifratta.

Si individuano così spessori, velocità e geometrie dei vari sismo strati.

**MASW**-Si ricostruisce la stratigrafia (monodimensionale) attraverso lo studio dell'onda di Rayleigh o di Love.

Ponendo più Masw corti uno accanto all'altro si ricostruisce un profilo in VS.

**H/V**-Si ricava lo spettro di risposta di sito.

Se la sismica a rifrazione o il Masw riesce ad individuare il bedrock sismico, i dati dell'H/V (che rispetto alla sismica a rifrazione è una metodologia meno precisa) serviranno per confermare i dati acquisiti e per aggiungere alcune interessanti informazioni (spettro di risposta di sito).

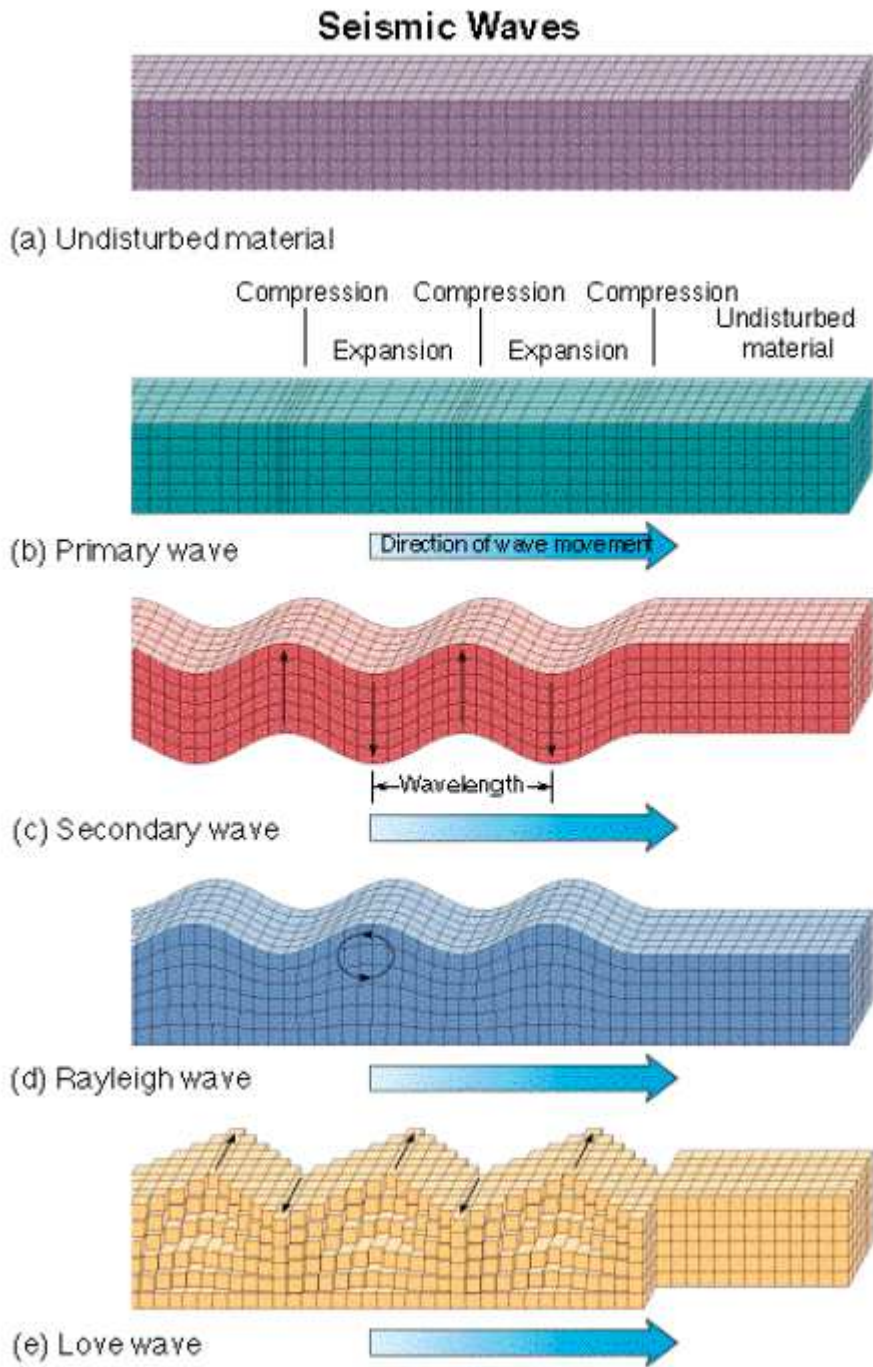
In questo caso, con la rifrazione in p, la velocità dei primi livelli è indicata dal MASW e le geometrie (è gli spessori) dalla rifrazione

Nei casi in cui la rifrazione o il Masw non arrivi ad intercettare il bedrock per i motivi più disparati ( stese corte o inversioni o terreni molto allentati) potremo chiudere l'indagine usando i dati provenienti dall' H/V.

In pratica, vincolando il modello 1D generante lo spettro di risposta ai dati in nostro possesso e provenienti dalla sismica e dal MASW, possiamo arrivare a fare delle presupposizioni abbastanza veritiere su quelli che sono gli orizzonti sismo stratigrafici più profondi.

L'H/V viene quindi usato per rifinire e completare le informazioni provenienti dalle altre indagini (dirette o indirette) eseguite.

*Vari tipologie di onde sismiche*





**STRUMENTAZIONE USATA PERI I RILIEVI**

**MASW**

**Sismografo AMBROGEO ECHO24-2010**

**Geofoni verticali da 4,5 hz**

**Massa battente (mazza)**



Number of channels	24+1 with differential input
AD conversion	24 bits
Dynamic range	130dB@1ms PG=0dB 120dB@1ms PG=18dB
Cross talk	>90dB
Preamplify gain	0,6,12,18,24,30,36,42,48,54,60,66,72dB
Frequency response	0 to 6kHz (30KSPS) 0 to 4,8kHz (15KSPS) 0 to 3kHz (7,5KSPS) 0 to 1,5kHz (3,5KSPS) 0 to 800Hz (2KSPS) 0 to 400Hz (1KSPS)
Acquisition and display filter	Low Cut Out 10-15-25-35-50-70-100-140-200-280-400 Hz High Cut Out 32-64-125-250 Hz Notch 50-60-150-180 Hz
Sampling Interval	32,64,128,256,478,956us
Record Length	16000 samples
Stacking trigger accuracy	1/32 of sample interval
Distorsion (THD)	0,0004%
Max Input signal	5Vpp, 0dB
CMR	110dB (fCM = 60Hz fDATA = 30kSPS)
Noise	0,25uV, 2ms 36dB
Pre-trigger data	524ms@32us sample interval
Delay	0 to 15 sec @1kSPS (max 16000 samples)
Temperature range	-30°C +70°C
Power	12 Volt
Continuous recording	
Output format:	SEGY / SAF (SESAME ASCII FORMAT)

## **SOFTWARE USATO PER LA VISUALIZZAZIONE, L'ACQUISIZIONE, IL FILTRAGGIO E L'ELABORAZIONE DEI DATI**

### **Acquisizione dei dati**

*SISMOPC 1.0-PASI*  
*AMROGEO*

### **Elaborazione e filtraggio**

<i>Visual Sunt 20</i>	<i>Wgeosoft -filtraggio dati (sismica a riflessione)</i>
<i>Seismic Unix</i>	<i>Software libero-filtraggio dati (sismica a riflessione)</i>
<i>WinMasw Pro</i>	<i>Eliosoft-elaborazione Masw-Remi-H/V-Attenuazione</i>
<i>Grilla</i>	<i>Tromino-H/V</i>
<i>Geopsy</i>	<i>Software Libero-H/V</i>
<i>Winsism 11.2</i>	<i>Wgeosoft-sismica a rifrazione</i>
<i>Rayfract</i>	<i>Intelligent re source-sismica a rifrazione</i>

### **Modelli 1 D e rischio sismimico**

<i>Deep Soil</i>	<i>software libero-Risposta di sito modellazione 1D</i>
<i>Roxel</i>	<i>software libero-risposta di sito-terremoto di progetto</i>
<i>Shake 2000</i>	<i>Geo Motions-risposta di sito -modellazione 1D -liquefazione ecc.</i>
<i>Cyclic 1D</i>	<i>software libero-liquefazione</i>

**TUTTI I SOFTWARE COMMERCIALI IN NOSTRO POSSESSO SONO ORIGINALI E DOTATI DI ORIGINALE LICENZA**

## RILIEVI TROMOMETRICI

### Tromino Micromed



<b>Number of channels</b>	3+1 analog
<b>Amplifiers</b>	all channels with differential inputs
<b>Noise</b>	< 0.5 $\mu$ V r.m.s. @128 Hz sampling
<b>Input impedance</b>	$10^6$ Ohm
<b>Frequency range</b>	DC - 360 Hz
<b>Sampling frequency</b>	16384 Hz per channel
<b>Oversampling frequency</b>	32x, 64x, 128x
<b>A/D conversion</b>	$\geq 24$ bit equivalent
<b>Max analog input</b>	51.2 mV (781 nV/digit)

## CENNI TEORICI

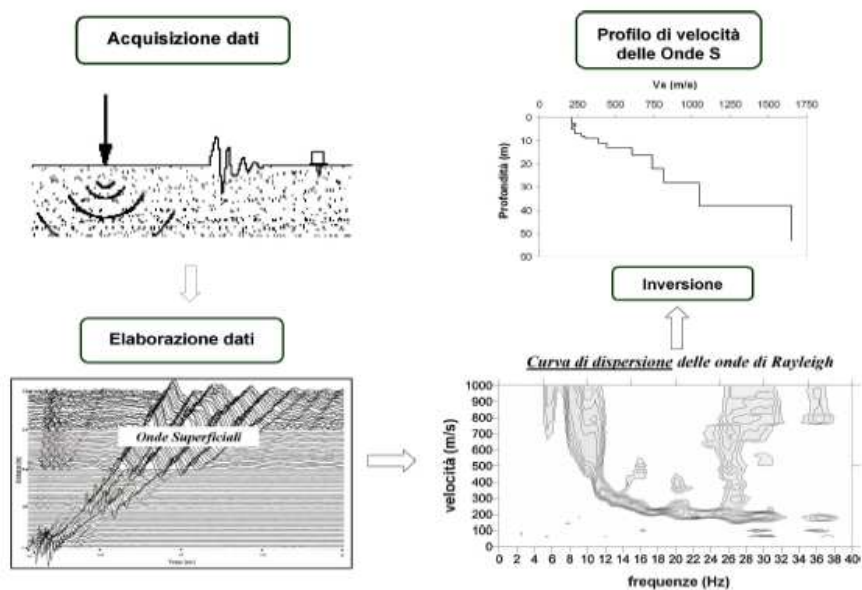
### MASW

La conoscenza dell'andamento nel primo sottosuolo della velocità di propagazione delle onde di taglio è, come noto, importante negli studi di microzonazione sismica dedicati alla stima di possibili effetti di sito, capaci di amplificare il moto del terreno durante un terremoto.

Negli ultimi anni hanno avuto ampio sviluppo tecniche geofisiche basate sull'analisi della propagazione delle onde superficiali ed, in particolare, delle onde di Rayleigh. Le proprietà dispersive di tali onde in mezzi stratificati, nonché la stretta relazione esistente tra la loro velocità di propagazione e quella delle onde di taglio, consentono di risalire al profilo di velocità delle onde S.

Il metodo di indagine attivo MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) è basato su un'artificiale energizzazione sismica del suolo e sull'analisi spettrale delle onde superficiali presenti nel segnale (Nazarian e Stokoe, 1984; Park et al., 1999).

Nel metodo di indagine passivo si registra il rumore di fondo.



La curva di dispersione delle onde di Rayleigh rappresenta la variazione di velocità di fase che tali onde hanno al variare della frequenza. Tali valori di velocità sono intimamente legati alle proprietà meccaniche del mezzo in cui l'onda si propaga (velocità delle onde S, delle onde P e densità). Tuttavia, diversi studi hanno in realtà messo in evidenza che la velocità delle onde P e la densità sono parametri di second'ordine rispetto alle onde S nel determinare la velocità di

fase delle onde di Rayleigh. Quindi, dato che le onde superficiali campionano una porzione di sottosuolo che cresce in funzione del periodo dell'onda e che la loro velocità di fase è fortemente condizionata in massima parte dalle velocità delle onde S dello strato campionato, la forma di questa curva è essenzialmente condizionata dalla struttura del sottosuolo ed in particolare dalle variazioni con la profondità delle velocità delle onde S. Pertanto, utilizzando appositi formalismi è possibile stabilire una relazione (analiticamente complessa ma diretta) fra la forma della curva di dispersione e la velocità delle onde S nel sottosuolo. Tale relazione consente il calcolo di curve di dispersione teoriche a partire da modelli del sottosuolo a strati piano-paralleli.

L'operazione d'inversione, quindi, consiste nella minimizzazione, attraverso una procedura iterativa, degli scarti tra i valori di velocità di fase sperimentali della curva di dispersione e quelli teorici relativi ad una serie di modelli di prova "velocità delle onde S - profondità".

### **STRUMENTAZIONE USATA**

Ambrogeo2010SU

Numero dei canali 12

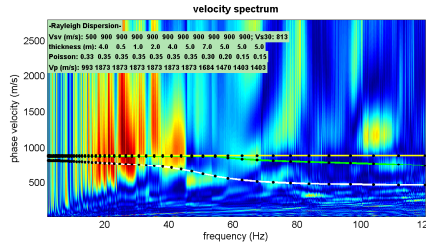
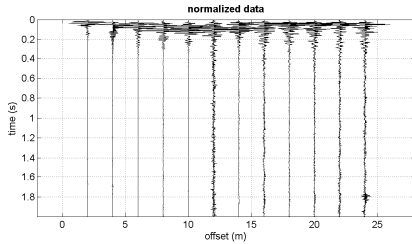
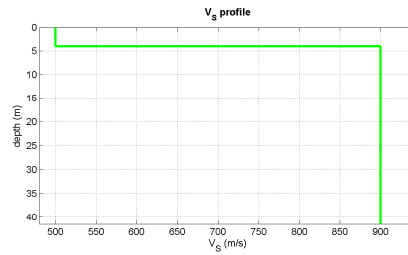
A/D conversione 24 bit

Geofoni da 4.5 hz verticali

### **SISTEMI DI ENERGIZZAZIONE**

Generazione di onde P:

massa battente (mazza da 8 kg)



**Mean model**

Vs (m/s): 500, 900, 900, 900, 900, 900, 900, 900, 900, 900, 900

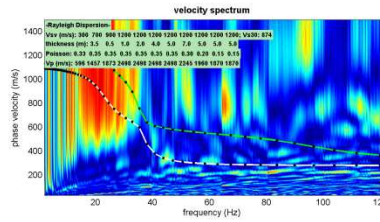
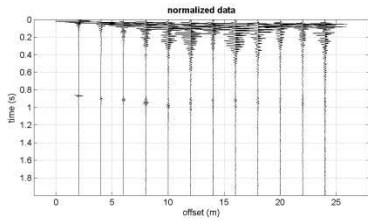
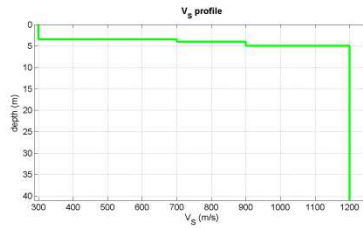
Thickness (m): 4.0, 0.5, 1.0, 2.0, 4.0, 5.0, 7.0, 5.0, 5.0, 5.0

Density (gr/cm3) (approximate values): 2.05 2.21 2.21 2.21 2.21 2.21 2.21 2.18 2.15  
2.14 2.14

Seismic/Dynamic Shear modulus (MPa) (approximate values): 513 1787 1787 1787  
1787 1787 1787 1766 1739 1730 1730

Vs30 (m/s): 813

M2



**Mean model**

Vs (m/s): 300, 700, 900, 1200, 1200, 1200, 1200, 1200, 1200, 1200

Thickness (m): 3.5, 0.5, 1.0, 2.0, 4.0, 5.0, 7.0, 5.0, 5.0, 5.0

Density (gr/cm3) (approximate values): 1.93 2.15 2.21 2.28 2.28 2.28 2.28 2.25 2.22  
 2.21 2.21

Seismic/Dynamic Shear modulus (MPa) (approximate values): 174 1051 1787 3278  
 3278 3278 3278 3241 3193 3177 3177

Vs30 (m/s): 874





## **SISMICA A RIFRAZIONE** **CENNI TEORICI**

La metodologia della sismica a rifrazione consiste nel produrre delle onde sismiche nel terreno tramite una energizzazione (scoppio), tale energia può essere generata tramite un grave che percuote il terreno (martello o peso), oppure tramite lo scoppio di una carica esplosiva.

In particolare la sismica a rifrazione studia il comportamento dell'onda rifratta.

Tale onda, viaggiando all'interfaccia fra due mezzi a differente velocità, manda in superficie una serie di segnali (vibrazioni) che vengono registrati da degli accelerometri (geofoni).

Tali geofoni, posti ad un'equidistanza nota l'uno dall'altro vanno a formare la stesa sismica. L'indagine procede energizzando in posizioni note.

Il segnale così registrato viene convogliato ad una scheda di conversione A/D, e quindi registrato e conservato in memoria.

L'acquisizione dei dati da parte del sismografo parte quando un particolare circuito ("trigger") viene attivato dall'energizzazione nel terreno.

Per ogni registrazione viene registrato un segnale, costituito da una traccia per ciascun geofono, riconoscendo su ciascuna traccia il primo arrivo dell'onda rifratta si genera una retta, detta dromocrona, dall'inclinazione della quale si può risalire alla velocità ed alla geometria (interpolando più dromocrone) dei rifrattori.

Le metodologie di interpretazioni dei dati vanno dalle più semplici (metodo delle intercette) che richiedono solo 2 scoppi per profilo, al metodo del reciproco (Hokins 1957) e del reciproco generalizzato (G.R.M. Palmer 1980) che richiedono 5-7 scoppi per profilo, fino alle tecniche tomografiche, che richiedono almeno 7 scoppi per stendimento.

Le basi su cui si fonda ogni tecnica sono differenti, così come è crescente la complessità dell'elaborazione, tant'è che i G.R.M e soprattutto le tecniche tomografiche sarebbero improponibili senza l'ausilio di computer.

L'elaborazione che restituisce ogni tecnica risulta via via più completa e dettagliata, fino ad arrivare a una mappatura di discontinuità molto articolate ottenibile con le più moderne tecniche tomografiche.

## **PRINCIPALI LIMITI DELLA TECNICA SISMICA RIFRAZIONE**

Il limite principale della sismica a rifrazione sta nel fatto che tale tecnica presuppone un incremento costante della velocità andando in profondità.

Se, ad esempio, abbiamo un modello in cui sotto uno strato continuo di argilla dura abbiamo della sabbia molle, ed al disotto di questa roccia, il passaggio fra argilla e sabbia non produce rifrazione, ed il modello che ricostruirò sarà un modello di terreno errato.

Per questo le indagini sismiche andranno sempre accoppiate, soprattutto in situazioni dove inversioni di velocità sono frequenti (ad esempio i depositi quaternari) ad indagini geotecniche dirette.

Tali inconvenienti sono stati parzialmente risolti dalle tecniche tomografiche, dove tramite il "ray tracing" è possibile stabilire il percorso del raggio sismico ed individuare zone (sempre che siano limitate ad una parte interna allo stendimento) dove è avvenuta un inversione di velocità, caratterizzate da un'assenza di copertura dei medesimi.

## **STRUMENTAZIONE USATA**

Ambrogeo 2010 su  
Numero dei canali 12  
A/D conversione 24 bit  
Geofoni da 4.5hz verticali

## **SISTEMI DI ENERGIZZAZIONE**

Generazione di onde P:  
Martello

## **GEOMETRIA DEI RILIEVI**

AA' = distanza intergeofonica 2 m per un totale di 24 metri, 5 energizzazioni.

## **METODOLOGIE USATE PER L'ANALISI DEI DATI**

I dati sono stati acquisiti e trattati in campagna tramite software Ambrogeo .  
In particolare, dove necessario si è implementato il segnale tramite sommatoria delle misure.  
Si è proceduto ad eseguire sei stack per misura, tre per lato di battuta con inversione di polarità.  
I dati sono poi stati trattati tramite software "Winsism 11.3" della Wgeosoft, Seismic unix, Rayfract della Intelligent Resource inc.

## **RISULTATI GENERALI**

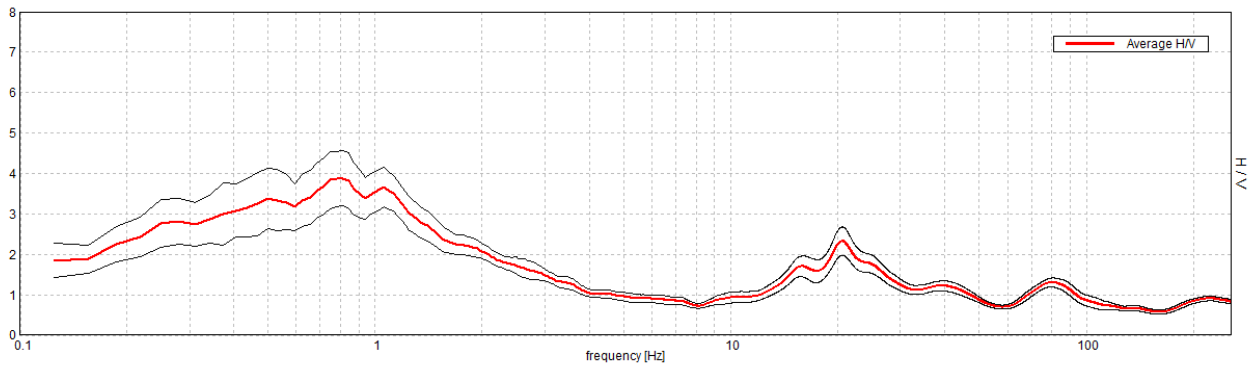
**Bedrock semiaffiorante, nei primi livelli maggiormente fratturato.**

Strumento: TRZ-0135/01-11  
Formato dati: 16 byte  
Fondo scala [mV]: n.a.  
Inizio registrazione: 14/03/19 12:52:09 Fine registrazione: 14/03/19 13:08:10  
Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN  
Dato GPS non disponibile

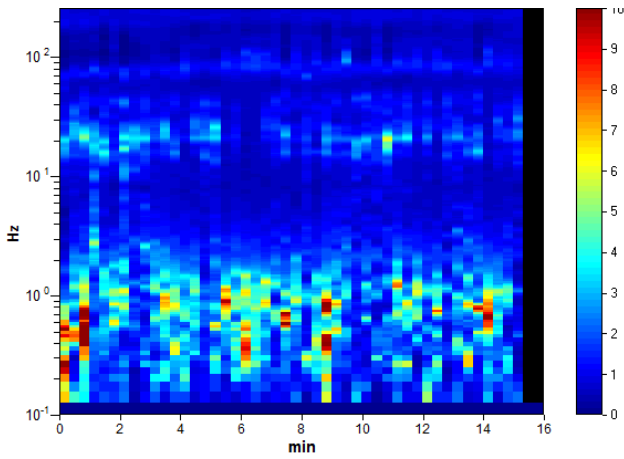
Durata registrazione: 0h16'00". Analisi effettuata sull'intera traccia.  
Freq. campionamento: 512 Hz  
Lunghezza finestre: 20 s  
Tipo di lisciamento: Triangular window  
Lisciamento: 10%

### RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE

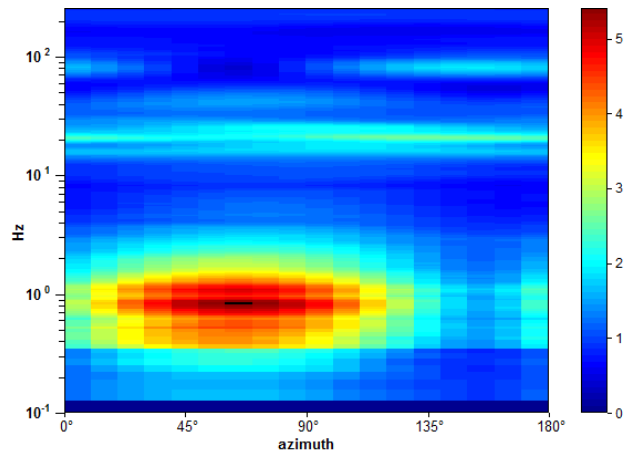
Max. H/V at 0.81 ± 0.27 Hz. (In the range 0.0 - 256.0 Hz).



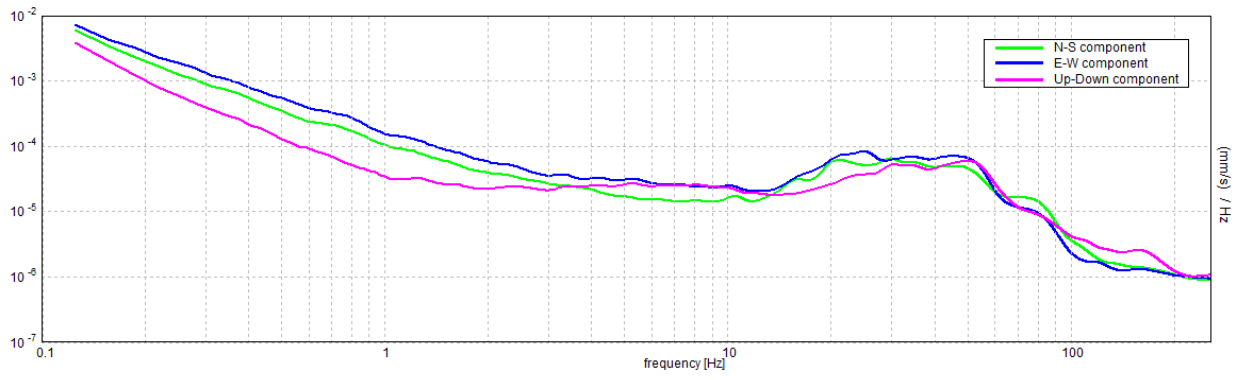
### SERIE TEMPORALE H/V



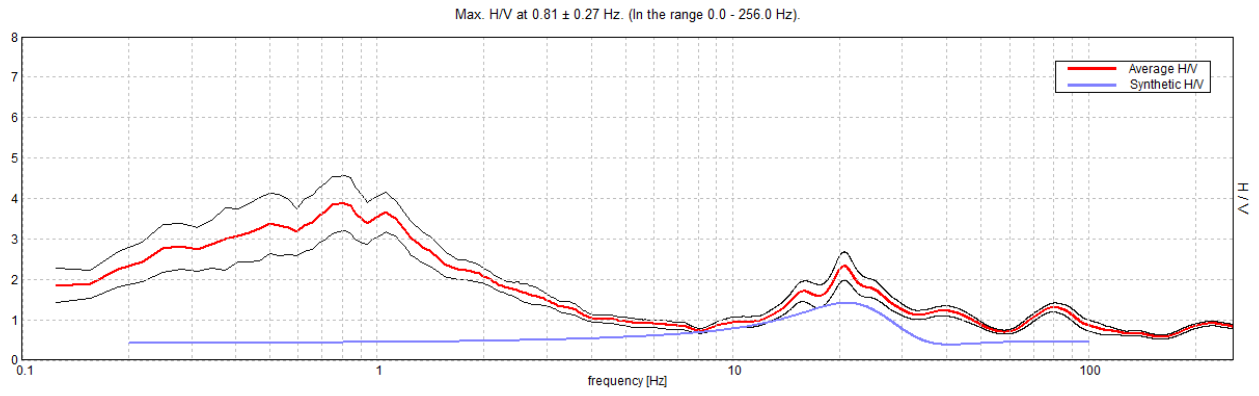
### DIREZIONALITA' H/V



### SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



### H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO



**Profondità alla base  
dello strato [m]**

3.30  
inf.

**Spessore [m]**

3.30  
inf.

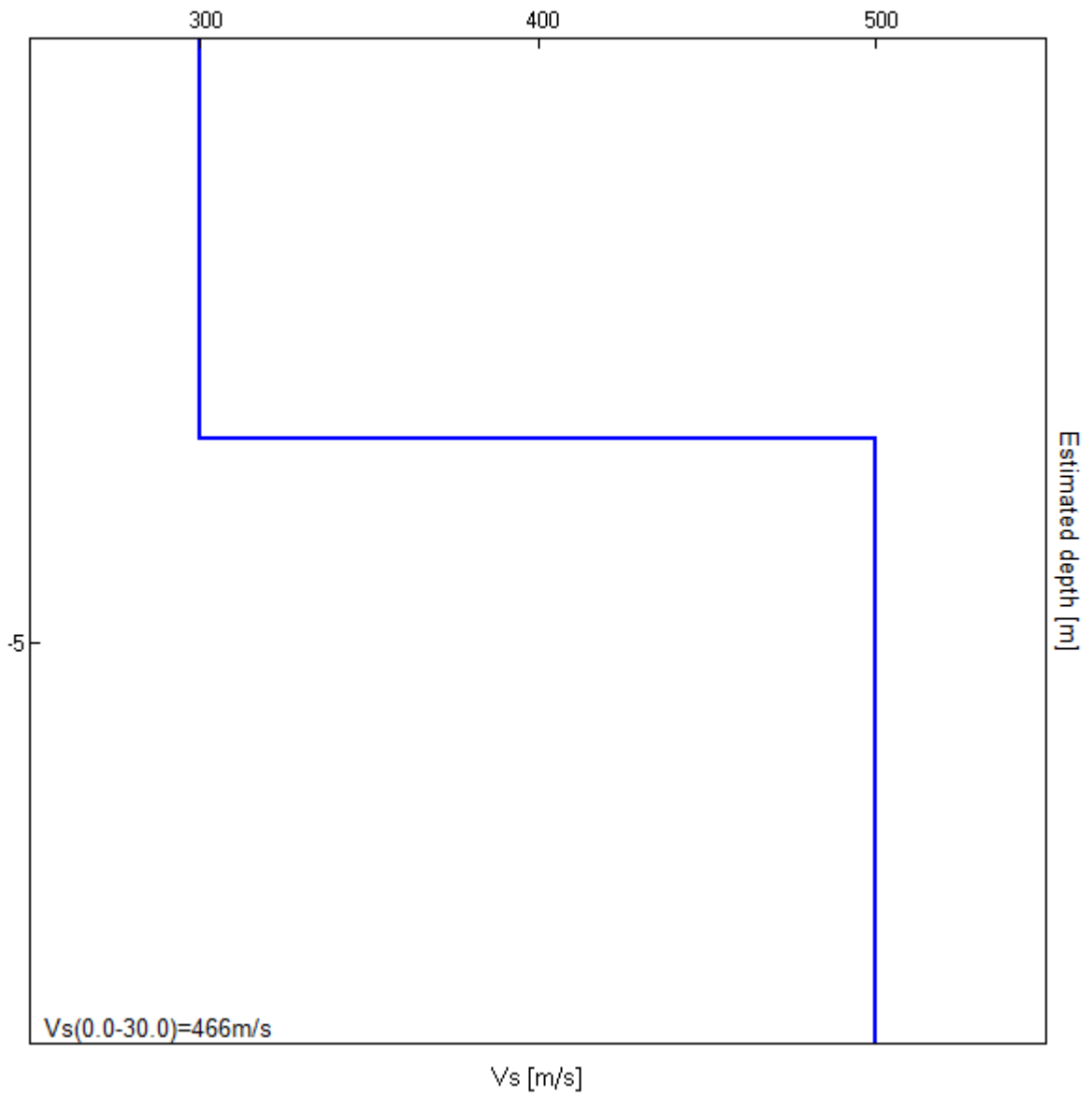
**Vs [m/s]**

300  
500

**Rapporto di Poisson**

0.42  
0.42

Vs(0.0-30.0)=466m/s



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

**Picco H/V a  $0.81 \pm 0.27$  Hz (nell'intervallo 0.0 - 256.0 Hz).**

**Criteri per una curva H/V affidabile**

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	$0.81 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$780.0 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Superato 0 volte su 40	OK	

**Criteri per un picco H/V chiaro**

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste $f^-$ in $[f_0/4, f_0]$   $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$			NO
Esiste $f^+$ in $[f_0, 4f_0]$   $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	2.156 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$3.88 > 2$	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.32899  < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.2673 < 0.12188$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.6897 < 2.0$	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
$\sigma_f$	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  $\sigma_f$  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



**VE= 432m. sec. classe B**

La classificazione del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio,  $V_{s,eq}$  (in m/s), definita dall'espressione:

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

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.

Per le fondazioni superficiali, la profondità del substrato è riferita al piano di imposta delle stesse, mentre per le fondazioni su pali è riferita alla testa dei pali. Nel caso di opere di sostegno di terreni naturali, la profondità è riferita alla testa dell'opera. Per muri di sostegno di terrapieni, la profondità è riferita al piano di imposta della fondazione.

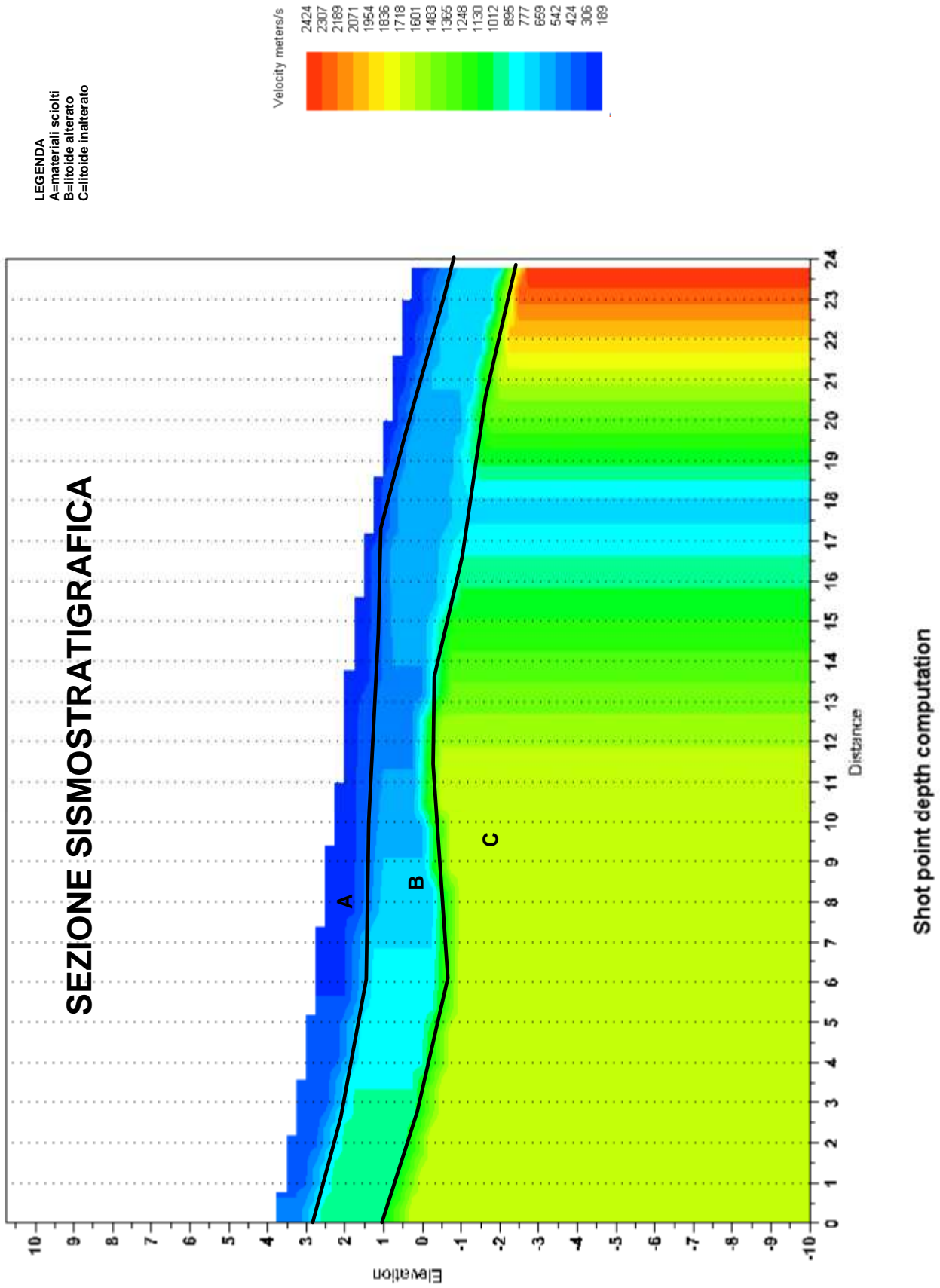
Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio  $V_{s,eq}$  è definita dal parametro  $V_{s,30}$ , ottenuto ponendo  $H=30$  m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

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	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.
B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.
C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.
E	Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.





<b>PROVA PENETROMETRICA DINAMICA</b> <b>LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI</b>	<b>DIN</b>	<b>1</b>
	Riferimento	<b>53-2019</b>

Committente	<b>Dott. Geologo Franco Bulgarelli</b>	U.M.:	<b>kg/cm<sup>2</sup></b>	Data esec.	<b>14/03/2019</b>
Cantiere	<b>ristrutturazione</b>	Pagina	<b>1</b>	Falda	<b>Non rilevata</b>
Località	<b>Via Marconi, Castiglion Fibocchi (AR)</b>	Elaborato			

H m	note n°	L1 n°	L2 n°	qcd kg/cm <sup>2</sup>	H m	note n°	L1 n°	L2 n°	qcd kg/cm <sup>2</sup>
0,20	1	1		7,4					
0,40	1	1		7,4					
0,60	2	4		29,8					
0,80	2	2		14,9					
<b>1,00</b>	2	2		13,8					
1,20	2	3		20,7					
1,40	2	2		13,8					
1,60	3	5		34,5					
1,80	3	11		75,9					
<b>2,00</b>	3	14		90,1					
2,20	3	16		103,0					
2,40	3	13		83,6					
2,60	4	31		199,5					
2,80	4	45		289,5					

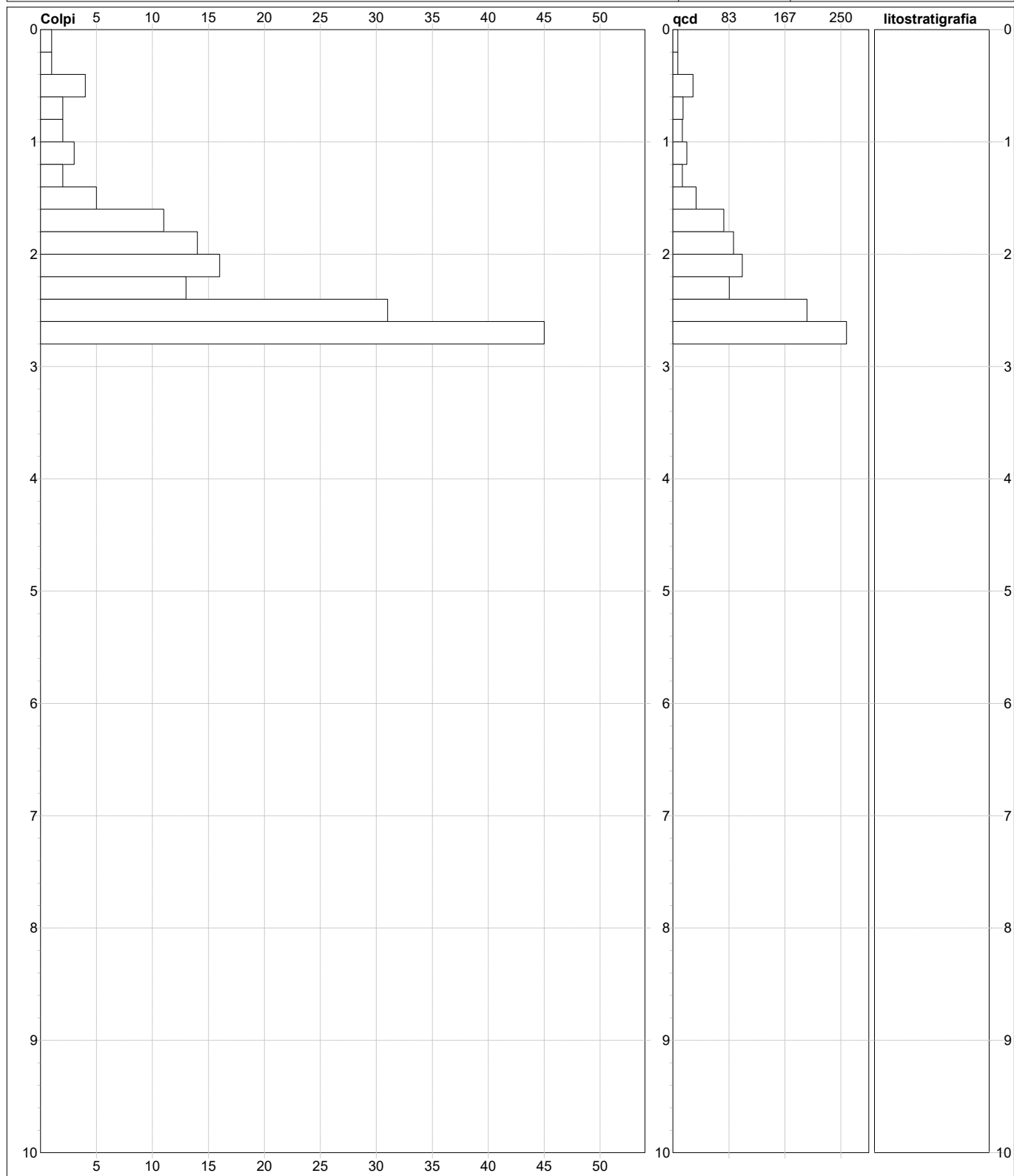
H = profondità	qcd = Collaborazioni
L1 = quota	note = spec.tec.
L2 = Contatto	

note: FON050

**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA**  
**DIGRAMMI DI RESISTENZA E LITOLOGIA**

<b>DIN</b>	<b>1</b>
Riferimento	<b>53-2019</b>

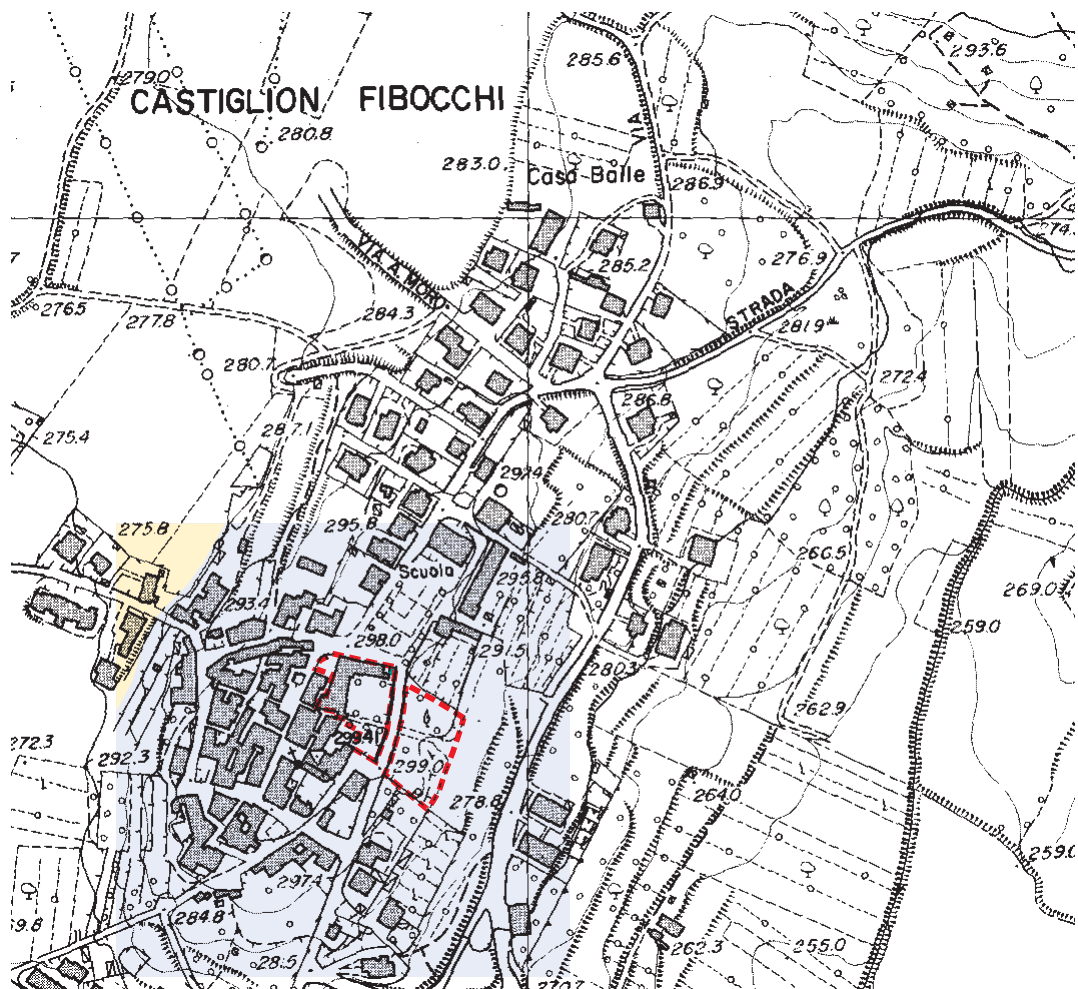
Committente	<b>Dott. Geologo Franco Bulgarelli</b>	U.M.:	<b>kg/cm<sup>2</sup></b>	Data esec.	14/03/2019
Cantiere	<b>ristrutturazione</b>	Scala:	1:50	Quota inizio: : Piano Campagna	
Località	<b>Via Marconi, Castiglion Fibocchi (AR)</b>	Pagina	1	Falda	Non rilevata
		Elaborato			



<b>Penetrometro:</b> DPSH (S. Heavy) 63,50 kg 0,75 m 0,20 m	sist.litologico: Begemann [qc + qc/fs] 4 Zone Responsabile:: Assistente::	preforo m Corr.astine: : kg/ml Cod.ISTAT: 0
--	---	---

note:

FON050



## CARTA GEOLOGICO-TECNICA PER MICROZONAZIONE SISMICA 1:5.000

Terreni di copertura



GM - miscela di ghiaie, sabbie e limo  
tf - terrazzo fluviale

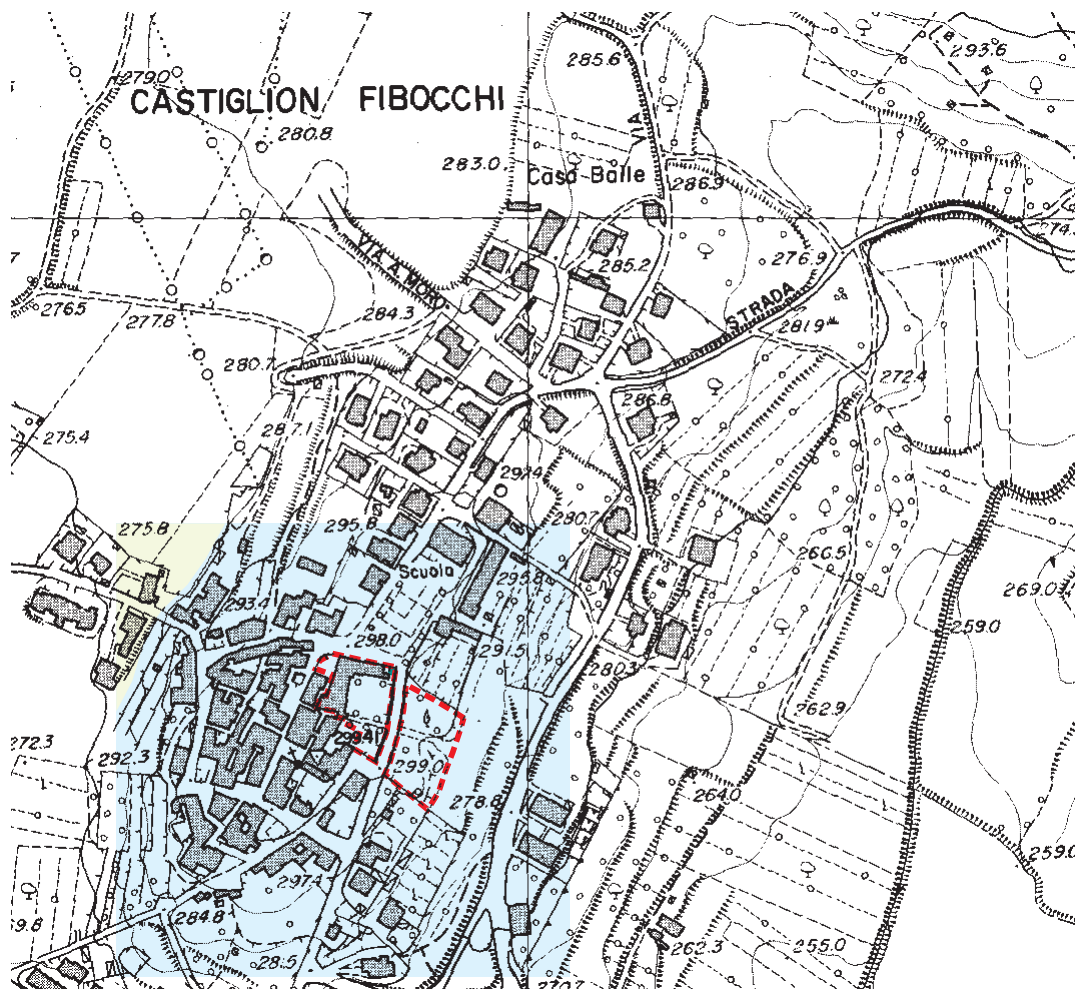
Substrato geologico



LPS - lapideo stratificato

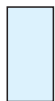


Area interessata dall'intervento



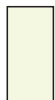
CARTA DELLE MICROZONE IN PROSPETTIVA SISMICA (MOPS) 1:5.000

Zona stabile



Substrato lapideo stratificato

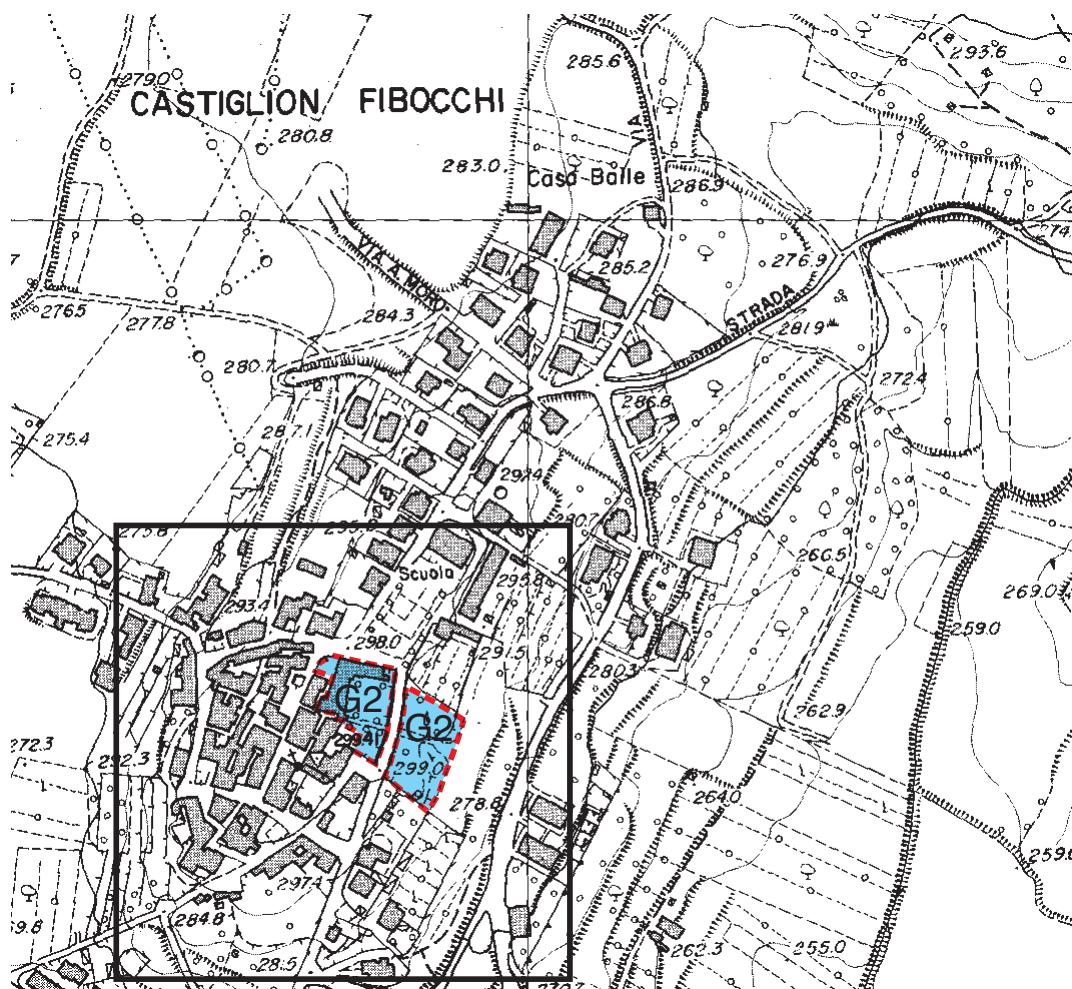
Zona stabile suscettibile di amplificazione locale



Depositi sciolti a prevalente fine granulometria, dello spessore inferiore a m.10, su substrato lapideo stratificato



Area interessata dall'intervento



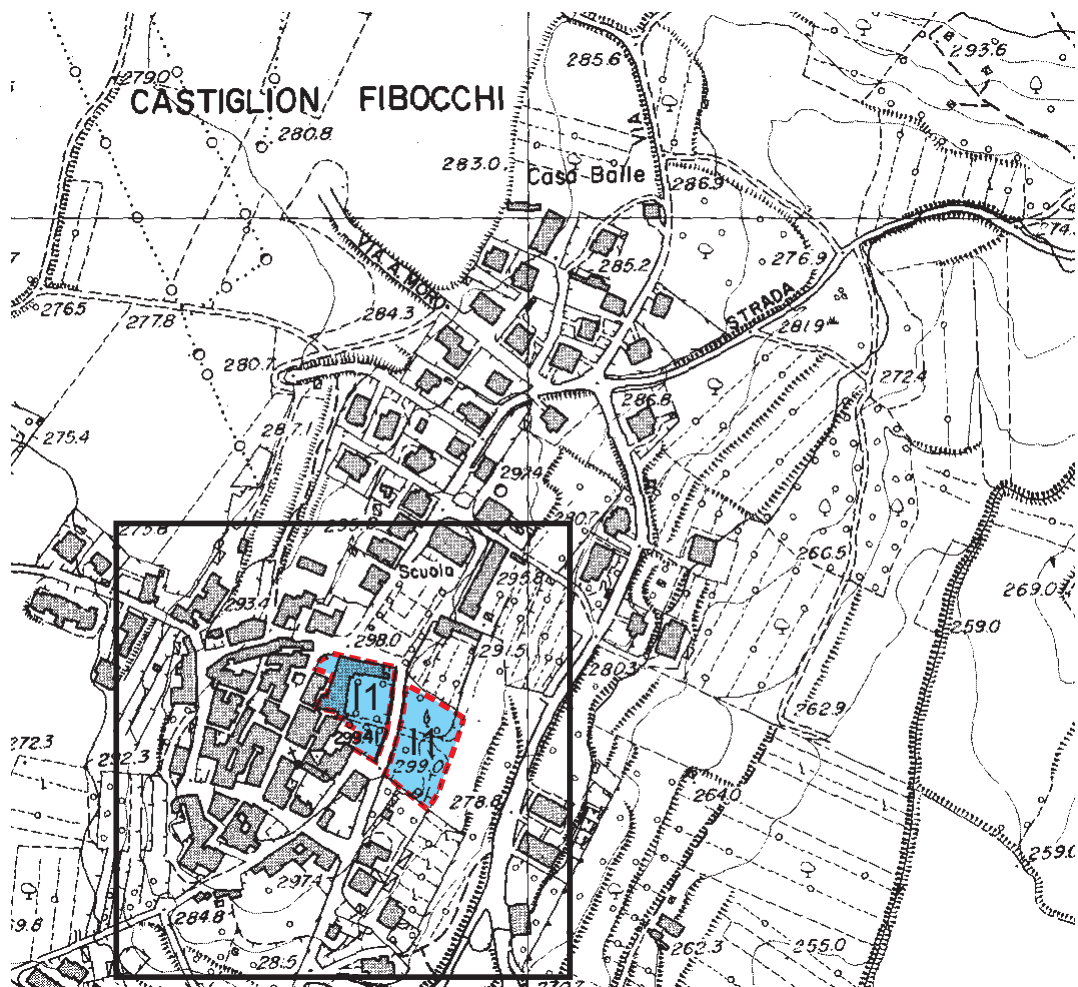
CARTA DELLA PERICOLOSITA' GEOLOGICA

1:5.000

“G2” PERICOLOSITA' MEDIA: area in cui dalla valutazione degli elementi geomorfologici, litologici, giacaturali risulta una bassa propensione al dissesto.



Area interessata dall'intervento



CARTA DELLA PERICOLOSITA' IDRAULICA

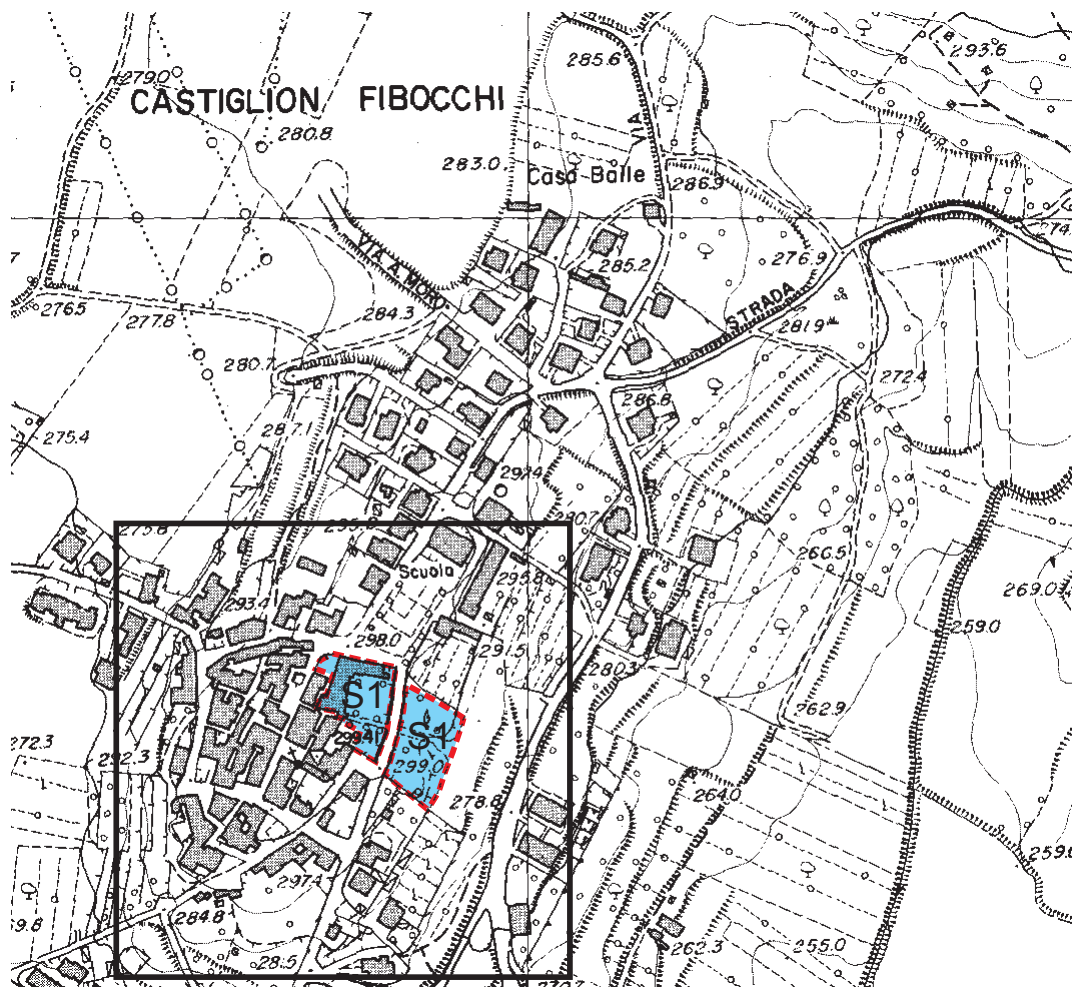
1:5.000

“1” PERICOLOSITA' IRRILEVANTE: area in situazione di alto morfologico.



Area interessata dall'intervento





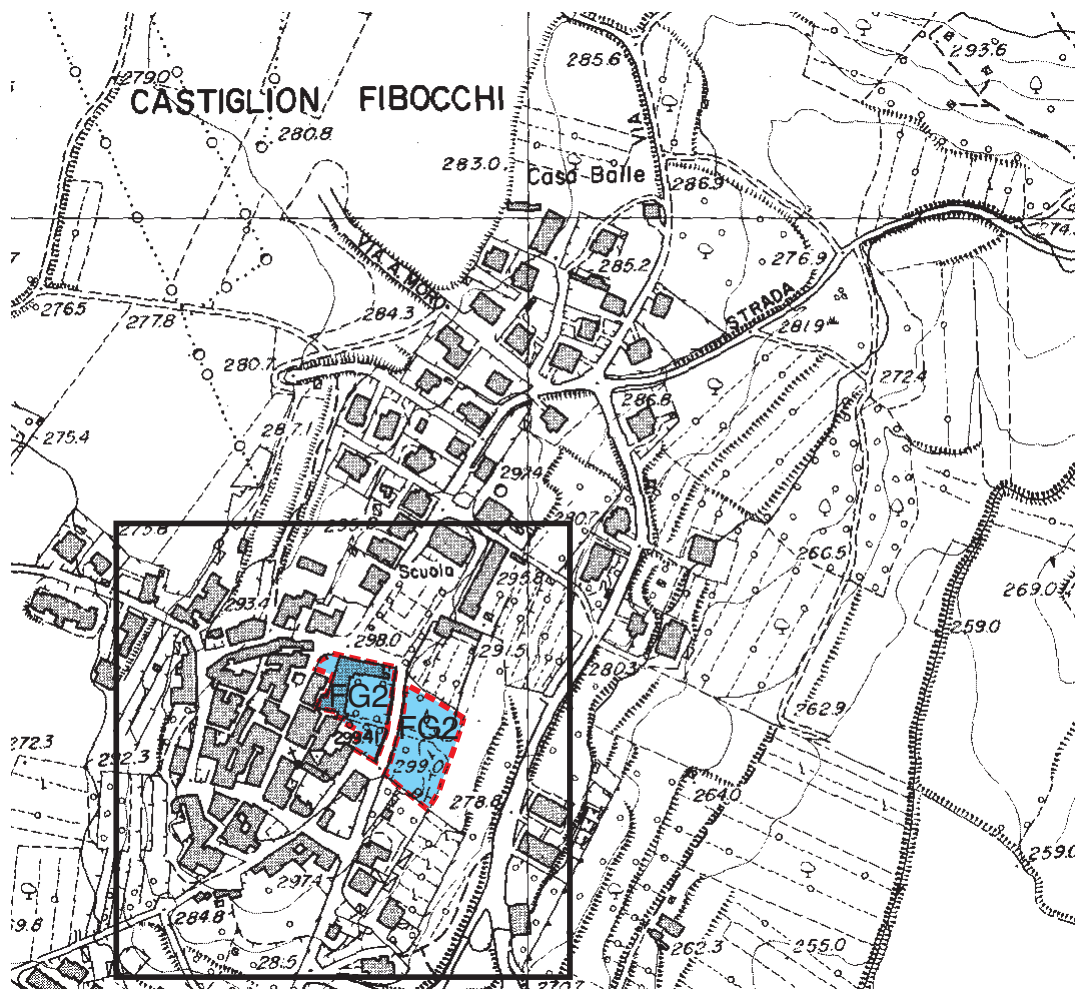
CARTA DELLA PERICOLOSITA' SISMICA

1:5.000

"S1" FATTIBILITA' SENZA PARTICOLARI LIMITAZIONI.



Area interessata dall'intervento

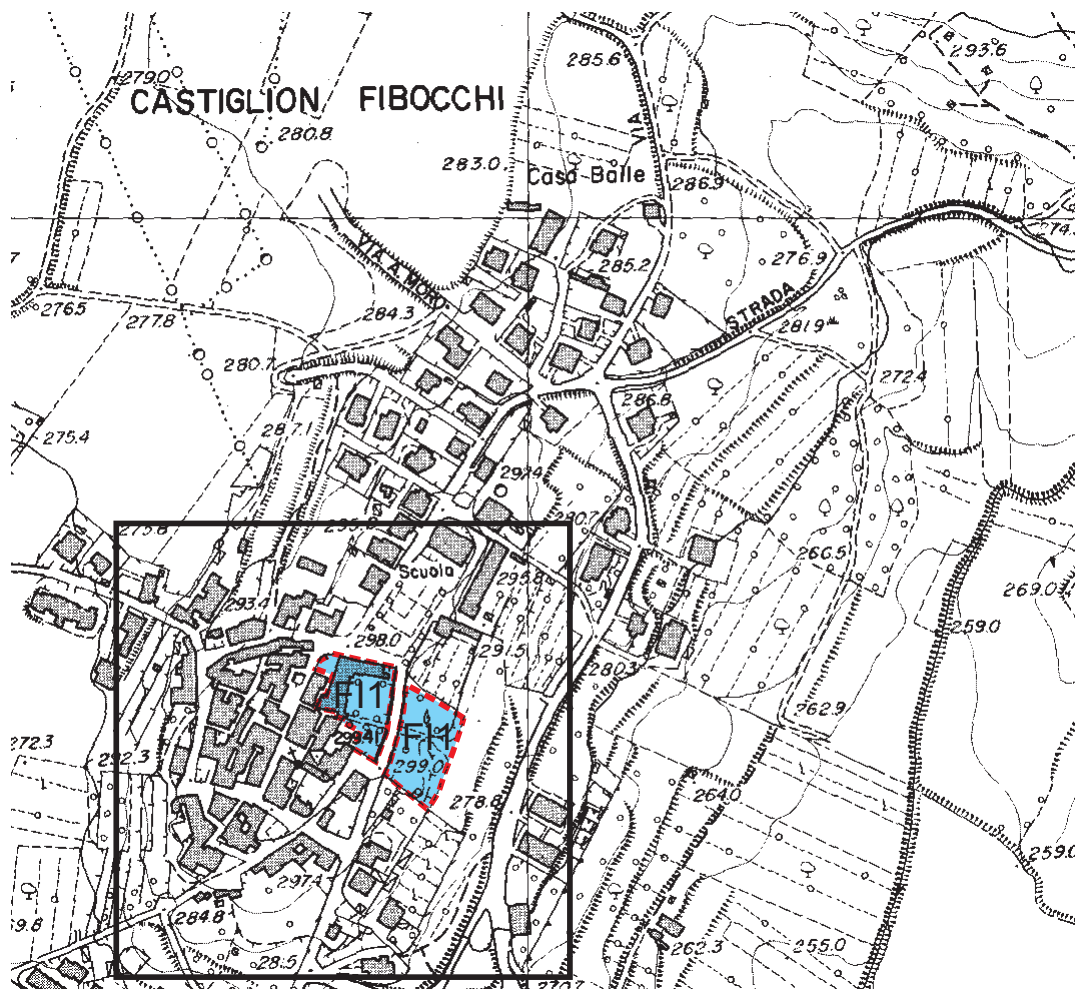


## CARTA DELLA FATTIBILITA' GEOLOGICA 1:5.000

"FG2" FATTIBILITA' CON NORMALI VINCOLI DA PRECISARE A LIVELLO DI PROGETTO ESECUTIVO: il progetto deve basarsi su apposite indagini geognostiche.



Area interessata dall'intervento



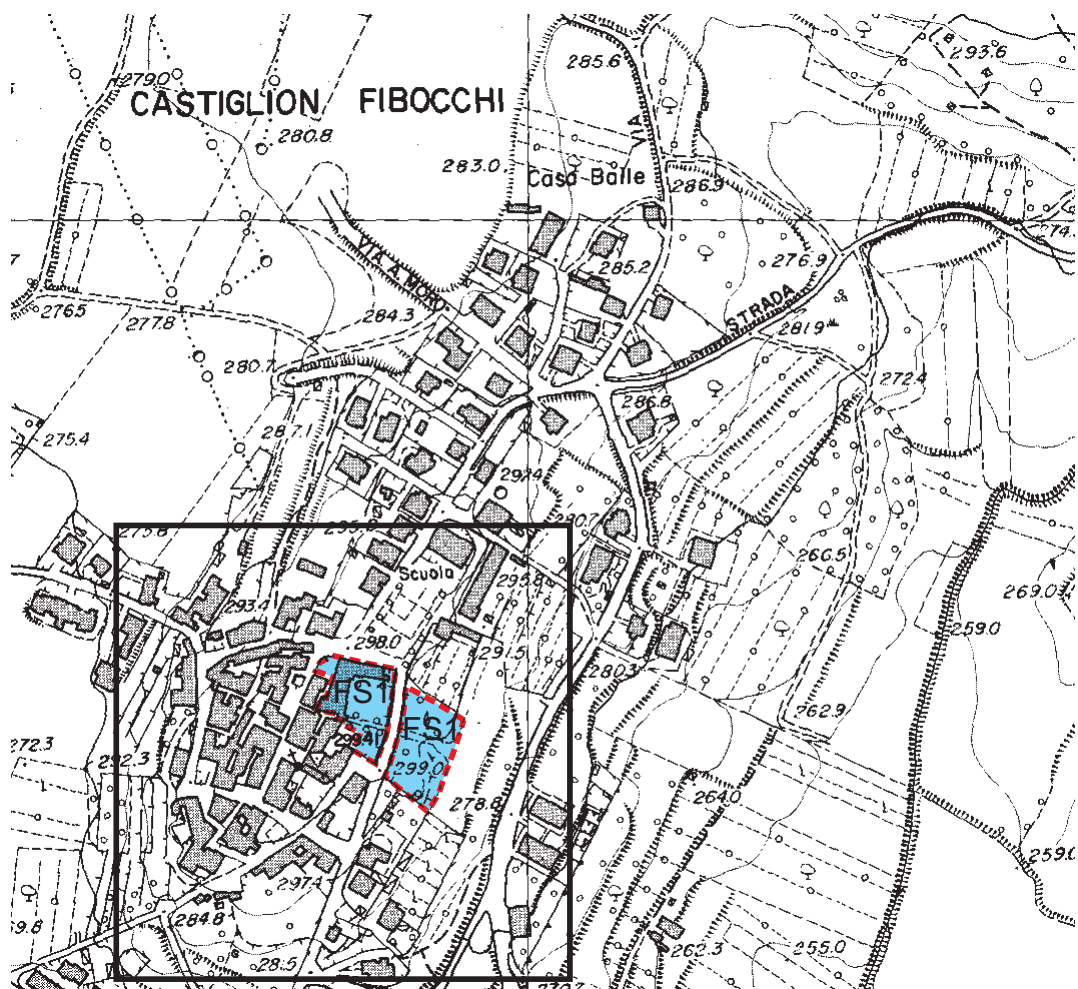
CARTA DELLA FATTIBILITA' IDRAULICA

1:5.000

"FI1" FATTIBILITA' SENZA PARTICOLARI LIMITAZIONI: area in situazione di alto morfologico.



Area interessata dall'intervento



## CARTA DELLA FATTIBILITA' SISMICA

1:5.000

“FS1” In funzione delle scelte progettuali verrà predisposta una campagna di indagini che definisca, in corrispondenza dell'area interessata dall'intervento, gli spessori, le geometrie e le velocità sismiche dei litotipi sepolti al fine di valutare l'entità del contrasto di rigidità sismica tra i terreni superficiali e il bedrock sismico.



Area interessata dall'intervento