



DEFINIZIONE DEL MODELLO INTEGRATO DI SOTTOSUOLO PROPEDEUTICO ALLA REALIZZAZIONE DI STUDI DI MICROZONAZIONE SISMICA DI LIVELLO 3 NEL CENTRO ABITATO DI FIVIZZANO (MS)

GDL-Fivizzano



GRUPPO NAZIONALE DI GEOFISICA DELLA TERRA SOLIDA
33° Convegno Nazionale Bologna

INTRODUZIONE



La Regione Toscana ha avviato a partire dal **1997**, con il Programma di **Valutazione Effetti Locali** (denominato **Progetto VEL**), un importante programma di studi ed indagini, finalizzato alla realizzazione di studi di Microzonazione Sismica di tipo quantitativo (attualmente definiti di **Livello III**) nelle aree regionali a maggior pericolosità sismica di base (Ferrini et. al, 2007).

Il Progetto VEL è attivo nelle aree della Lunigiana, Garfagnana e media Valle del Serchio, Montagna Pistoiese, Mugello e Val di Sieve, Casentino, Valtiberina ed Amiata, per un totale di **90** comuni e **207** centri abitati oggetto d'indagine.

INTRODUZIONE



Tali studi hanno recentemente subito una forte accelerazione grazie ai finanziamenti nazionali previsti con l'**OPCM 3907/2010** e s.m.e i. in attuazione dell'articolo 11 della legge 24 giugno 2009, n. 77.

In alcuni comuni, sia afferenti a questo progetto co-finanziato dallo Stato, sia già finanziati nell'ambito dei progetti regionali di prevenzione sismica, è stato possibile terminare gli studi avviati in ambito VEL attraverso la realizzazione di cartografie di **Microzonazione Sismica di Livello III**, secondo gli standard previsti dagli "Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica" (di seguito indicato con la sigla **ICMS**) approvati il 13 novembre 2008 dalla Conferenza delle Regioni e delle Province autonome.

Comune	Località interessate	Soggetto realizzatore delle analisi di RSL	Soggetto realizzatore delle cartografie di MS di Livello III
Villa Collemandina (LU)	Capoluogo e Corfino	Università di Pisa	Regione Toscana
Barberino di Mugello (FI)	Capoluogo e Galliano	Università di Firenze	Regione Toscana
Poppi (AR)	Capoluogo e Porrena	Regione Toscana	Regione Toscana
Sestino (AR)	Capoluogo	Regione Toscana	Regione Toscana
Scarperia (FI)	Capoluogo	Regione Toscana	Regione Toscana
San Godenzo (FI)	Capoluogo e Castagno d'Andrea	Regione Toscana	Regione Toscana
Palazzuolo sul Senio (FI)	Capoluogo	Regione Toscana	Regione Toscana
Firenzuola (FI)	Capoluogo	Regione Toscana	Regione Toscana

INTRODUZIONE



Tale livello di approfondimento è stato possibile grazie all'elevato numero di indagini di esplorazione del sottosuolo realizzate negli anni precedenti; ciò ha permesso, mediante una implementazione "low-cost" sul quadro conoscitivo tramite la realizzazione di indagini geofisiche di superficie (possibili grazie al cofinanziamento nazionale), una buona ricostruzione dell'assetto geologico-tecnico (superficiale e sepolto) con conseguente caratterizzazione fisico-meccanica in campo dinamico dei terreni oggetto di studio.

Tra i comuni oggetto d'indagine in ambito VEL, spicca, per quantità e livello di attività realizzate, il centro abitato di **Fivizzano (MS)**.

La scelta di questo comune come area pilota è stata dettata sia dalla non trascurabile sismicità storica della Lunigiana (colpita nei secoli passati da eventi sismici d'intensità medio-elevata) e dal fatto che Fivizzano è stato uno dei comuni più danneggiati dall'evento sismico del **settembre 1920**. A queste condizioni, si aggiungono, per l'area del capoluogo, condizioni geologiche s.l., superficiali e sepolte, predisponenti l'attivazione di fenomeni di amplificazione locale.



resistente si mostrò il calcare uniforme dell'Eocene superiore....Questo calcare salvò gran parte del fivizzanese dall'ultima rovina....Fivizzano deve i suoi danni gravi e ripetuti nei passati terremoti all'essere situata sull'alluvione, come Licciana, ripetedosi quanto si è verificato a Villa nell'estremo SE.

(De Stefani, 1922)

Fivizzano e Vigneta, come Villacollemandina...si trovano sopra dei lembi pianeggianti dell'Antico Alluvione dei vicini torrenti....Caratteristico è il caso di Casola e della vicina frazione di Vigneto, poiché a Casola che è situata sulla viva roccia non si ebbero a lamentare danni sensibili, mentre a Vigneto che trovasi sopra uno di questi membri alluvionali, l'effetto della scossa fu disastroso.

(Raddi, 1921)

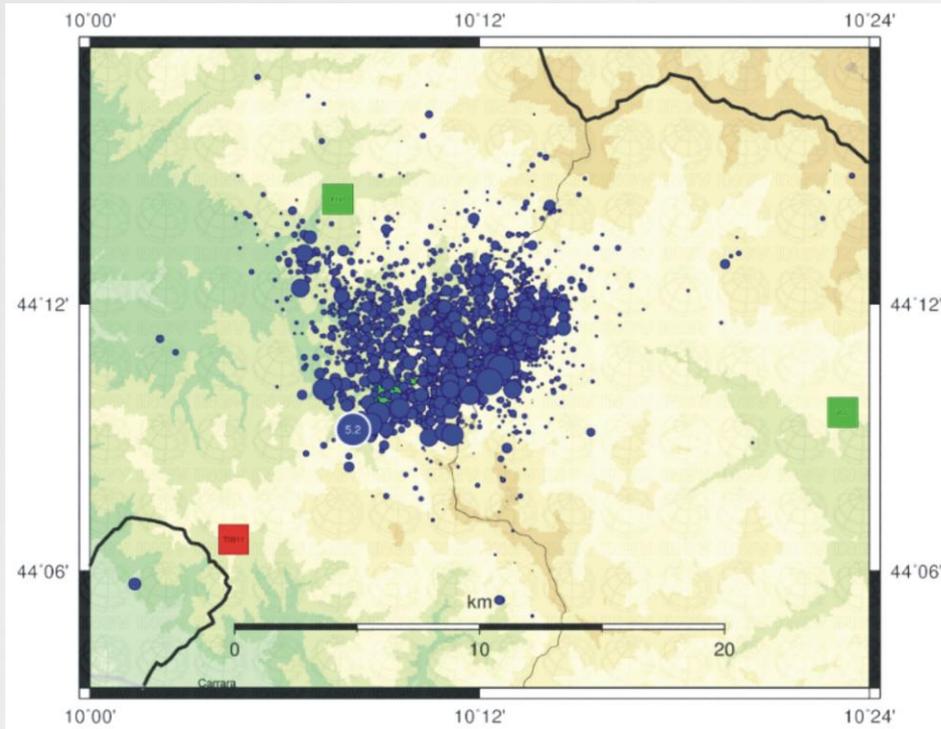
PROBLEMATICHE ANCORA IRRISOLTE DOPO LA PRIMA FASE DI STUDIO

- elevata **complessità** (litostratigrafica, tettonica e dinamica) dell'assetto geologico dell'area, soprattutto in riferimento ai rapporti geometrici sepolti tra sismostrati caratterizzati da similari velocità di propagazione delle onde sismiche;
- **spessore delle coperture** frequentemente superiore a 30m dal piano campagna, ha lasciato alcuni interrogativi aperti soprattutto in merito ai rapporti tra le unità costituenti il substrato sismico e geologico ed alla caratterizzazione geometrica e fisico-meccanica del fenomeno gravitativo, ubicato nel settore est dell'area d'indagine.

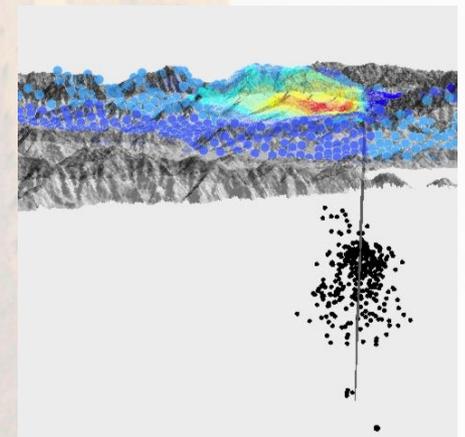
IL GRUPPO DI LAVORO



<http://ingvterremoti.wordpress.com/>



A seguito dell'evento sismico del **21 giugno 2013** (Magnitudo **MI=5.2**), avente come epicentro proprio il territorio comunale di Fivizzano, di concerto con il **Dipartimento della Protezione Civile nazionale**, è stato costituito un Gruppo di Lavoro multidisciplinare (di seguito **GdL**) avente come obiettivo finale la realizzazione di un dettagliato studio di microzonazione sismica di Livello 3 sull'area del capoluogo.



La presente nota ha lo scopo di illustrare lo stato d'avanzamento delle attività del GdL, evidenziando i risultati ad oggi validati ed acquisiti, le problematiche ancora aperte e gli sviluppi futuri del progetto.

<http://terremoti.ingv.it/it>

Il GdL (Gruppo di Lavoro) Fivizzano

M. Baglione, V. D'Intinosante, F. Vannini, P. Fabbroni
(Settore Sismica, Regione Toscana)

G. D'Amato Avanzi, A. Puccinelli
(Dipartimento Scienze della Terra – Università di Pisa)

G. Naso
(Dipartimento della Protezione Civile Nazionale, Ufficio rischio sismico – Roma)

G. Cavuoto, V. Di Fiore, N. Pelosi, M. Punzo, D. Tarallo
(CNR– IAMC di Napoli)

M. Moscatelli, A. Pagliaroli, M. Simionato, D. Pileggi
(CNR– IGAG di Roma)

G. Vessia
(INGEO – Università di Chieti)

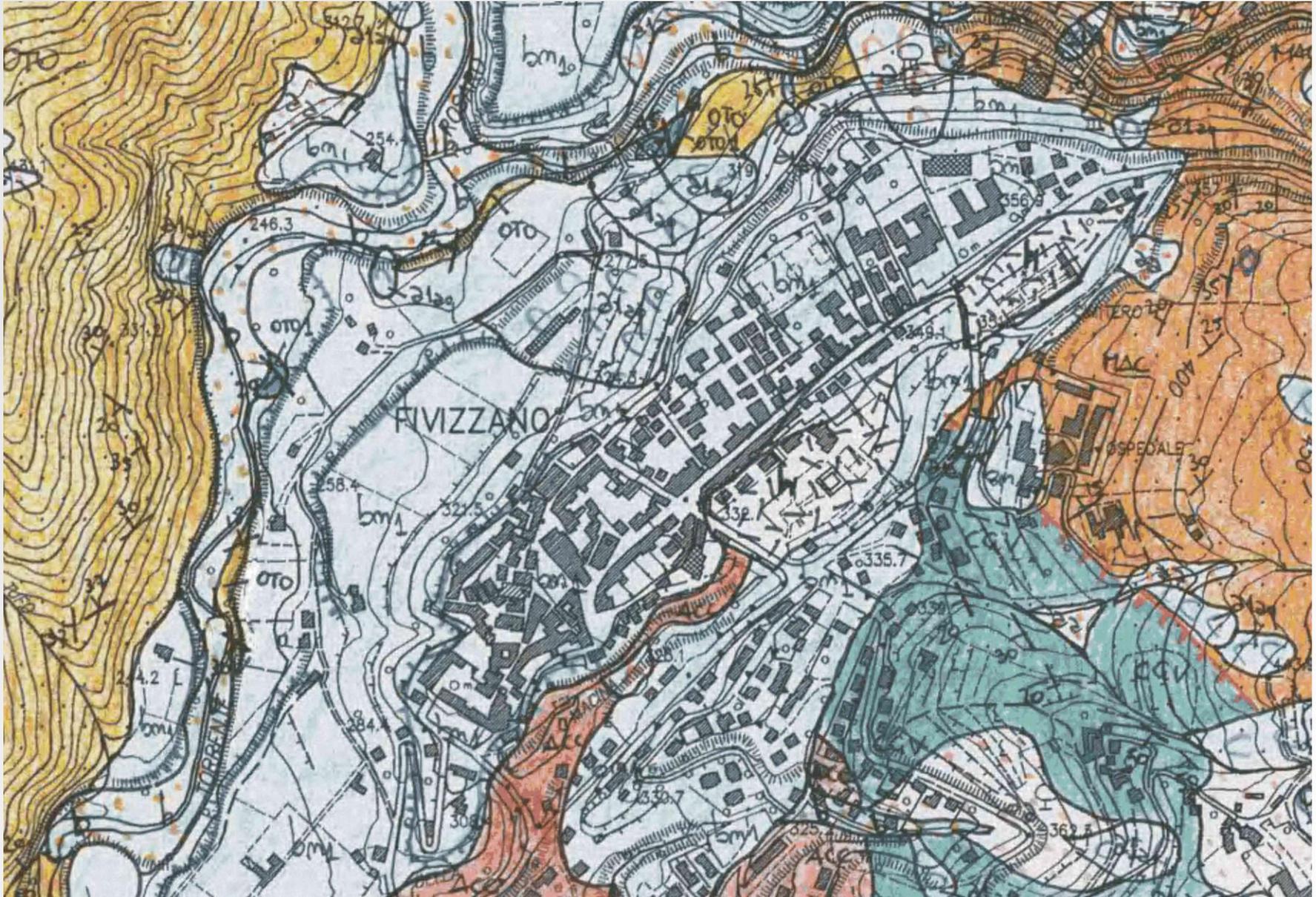
S. Piscitelli, A. Perrone, J. Bellanova, G. Calamita
(CNR– IMAA di Potenza)

G. Ginesi
(Ufficio Cave e Ambiente del Comune di Fivizzano)

PROGRAMMA DELLE ATTIVITA' DEL GdL

- Inventario dati pregressi e revisione cartografica e stazioni di rilievo strutturale (approfondimento zona ospedale)
- Omogeneizzazione ed informatizzazione dati
- Revisione sezioni geologiche con produzione modello geologico tecnico preliminare
- Nuove indagini (ERT, sismica a riflessione ed eventuale sondaggio con prova Down-Hole)
- Definizione modello geologico-tecnico definitivo (superficiale e sepolto) comprensivo di una valutazione delle incertezze;
- Redazione carta di microzonazione sismica di livello 1 (MOPS);
- definizione input sismico;
- analisi di risposta sismica (bidimensionali e monodimensionali);
- redazione carta di microzonazione sismica di livello 3.

GEOLOGIA DELL'AREA



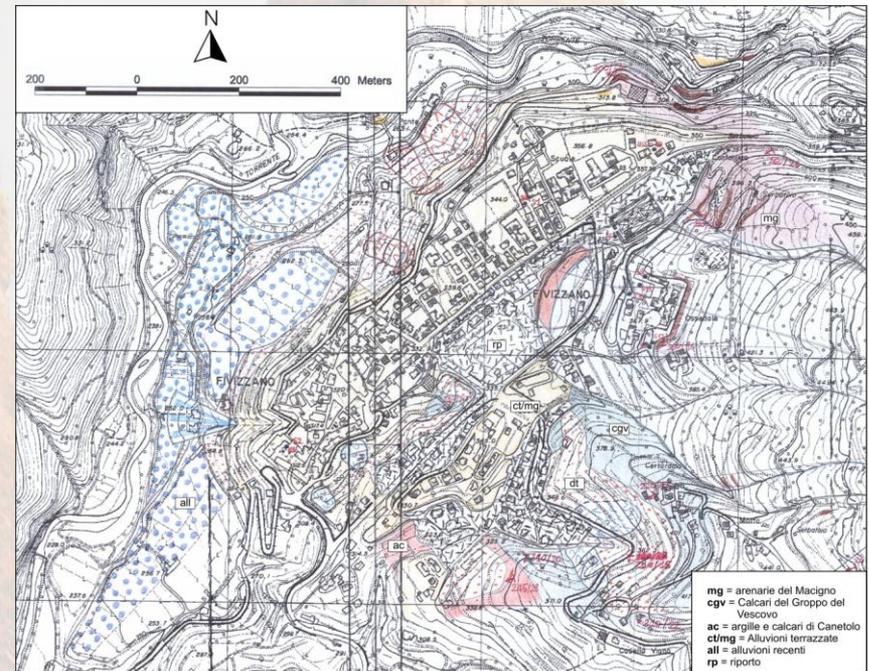
GEOLOGIA DELL'AREA

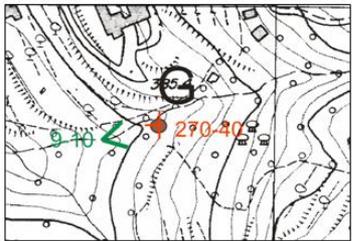


Il deposito si presenta da moderatamente addensato ad addensato, molto permeabile, con comportamento prevalentemente granulare.

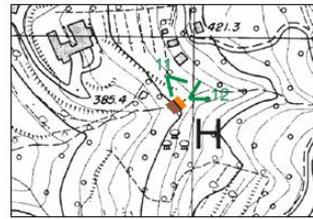
La natura litologica dei depositi alluvionali terrazzati non ha permesso il prelievo di campioni indisturbati per la realizzazione di prove meccaniche di laboratorio in campo ciclico/dinamico.

Lungo le scarpate di terrazzo sono diffusi fenomeni gravitativi, talora attivi, costituiti da crolli o scivolamenti. Nel settore orientale dell'area di studio è presente un importante fenomeno gravitativo, oggetto di approfondimenti d'indagine da parte del GdL.

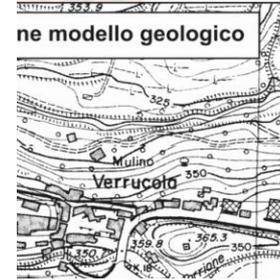




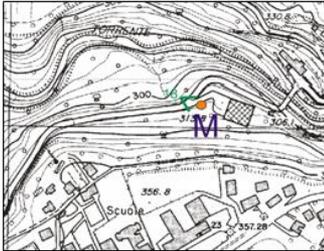
STAZIONE G = Affioramento di calcari (CGV) - con giacitura rilevata e n°2 foto



STAZIONE H = Contatto calcari CGV ed arenarie MAC. La traccia del limite è indicativa. N°2 foto su affioramenti di MAC



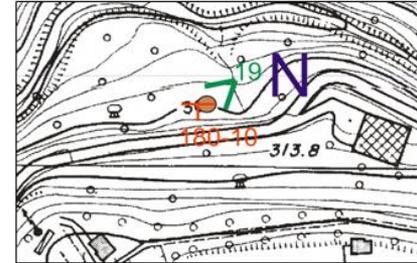
ne modello geologico



STAZIONE M = Affioramento di arenarie (MAC). Si conferma la direzione di immersione già rilevata nel 2006 e presente sulla carta geologica (300°) con inclinazione probabilmente maggiore dei 24° misurati (40°?) N°1 foto



Foto 18



STAZIONE N = Affioramento di calcari (OTO). Misura di strato indicativa. N°1 foto

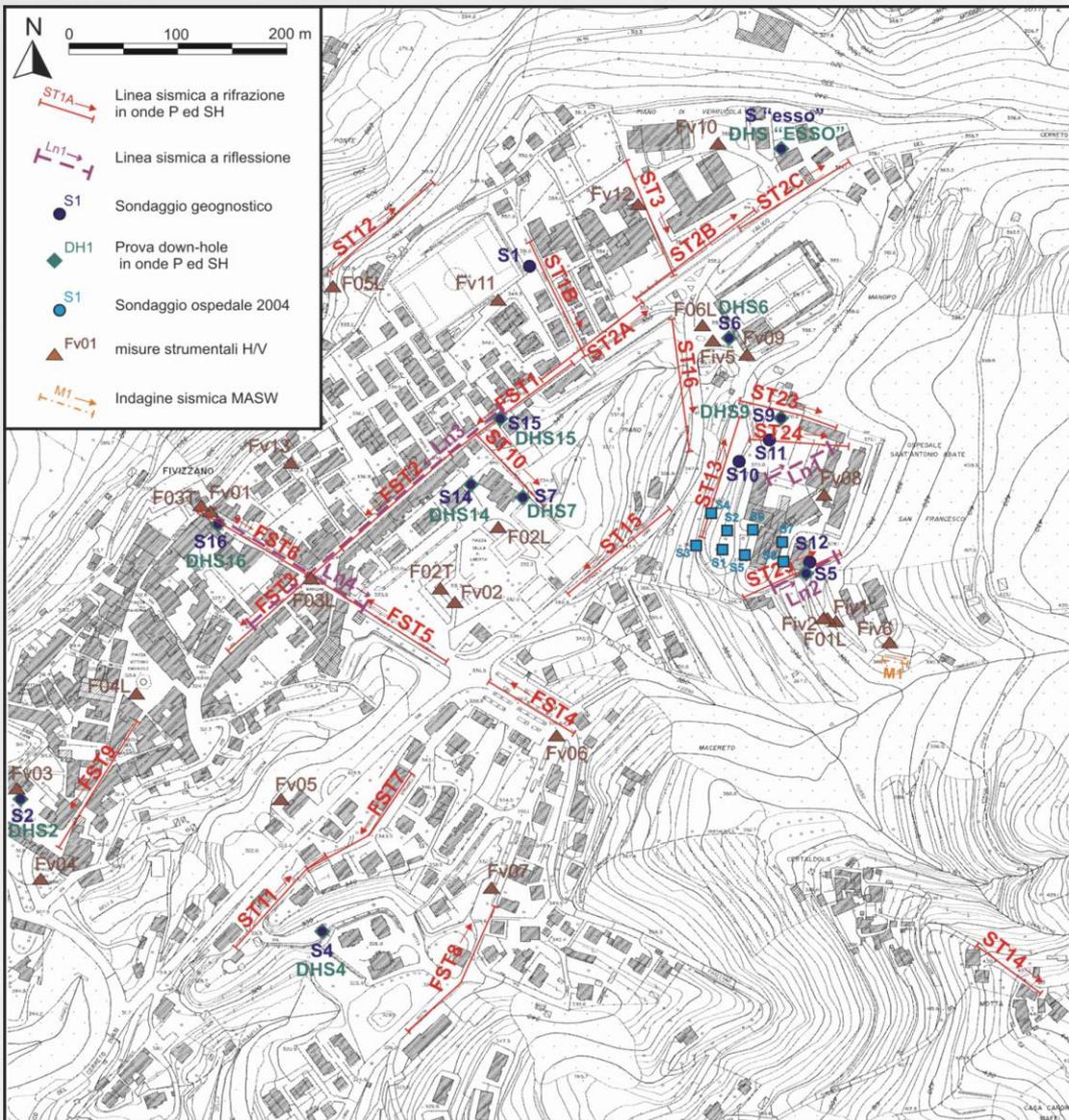


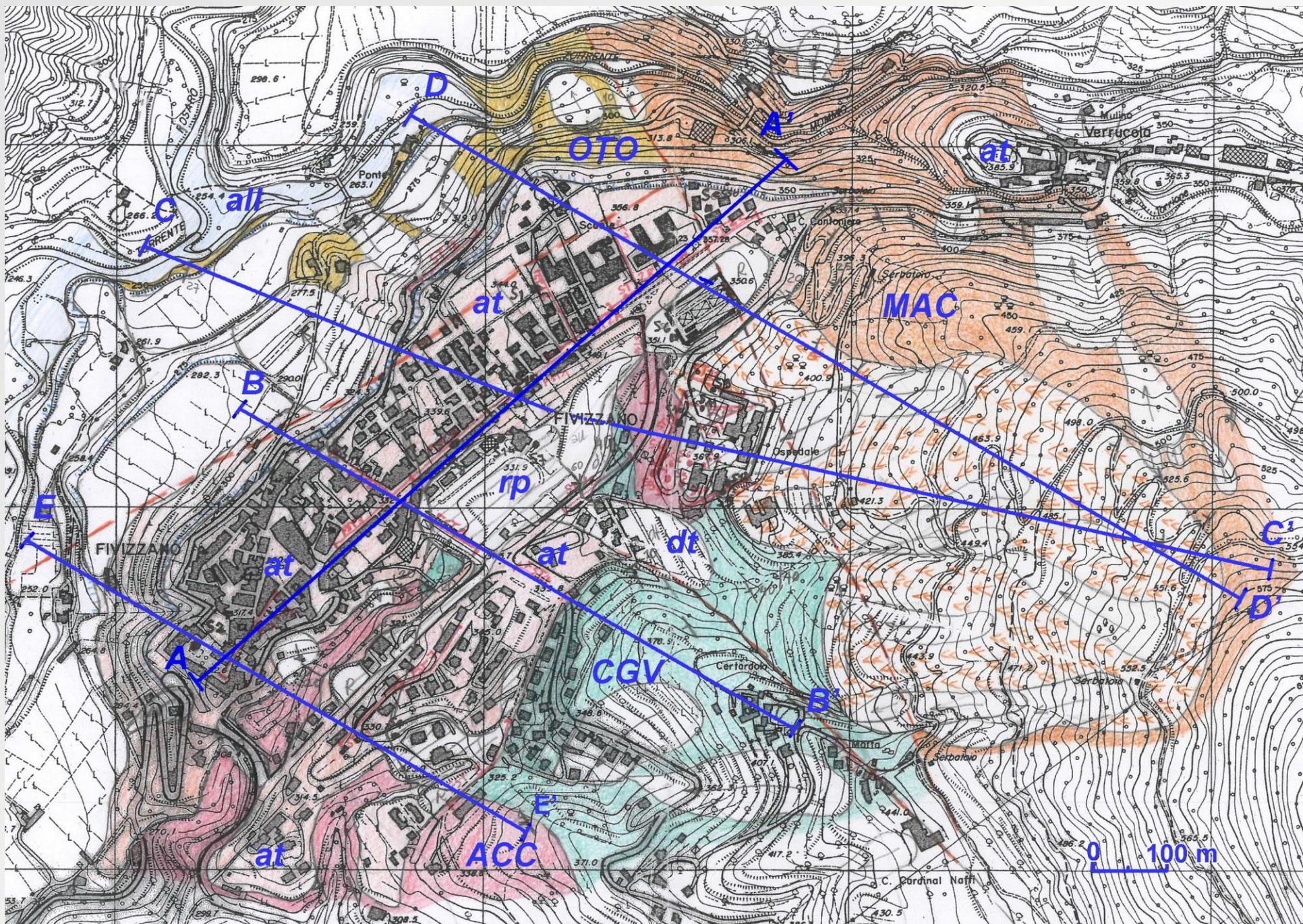
Foto 19

GEOLOGIA DELL'AREA

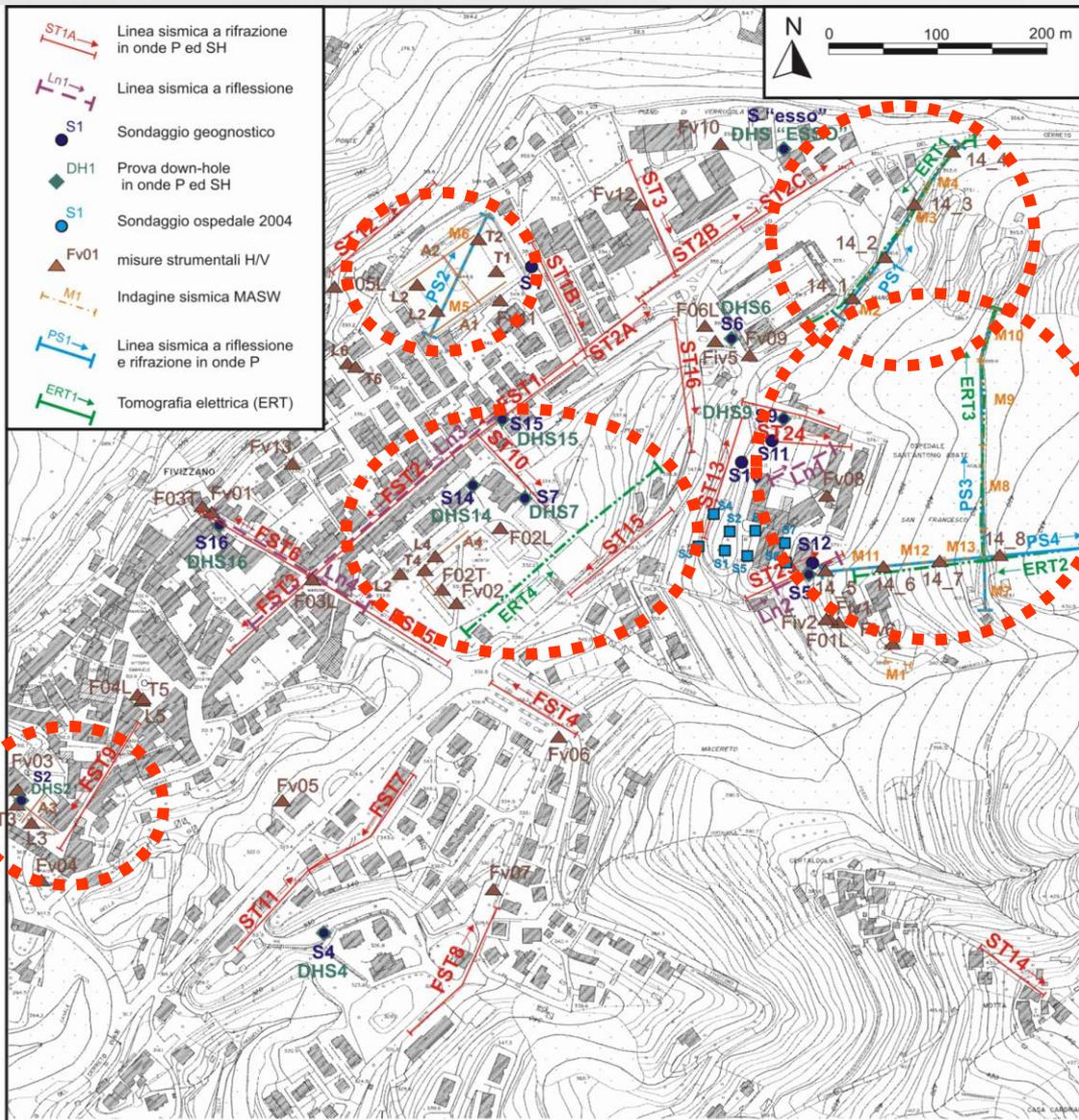


INDAGINI PREGRESSE





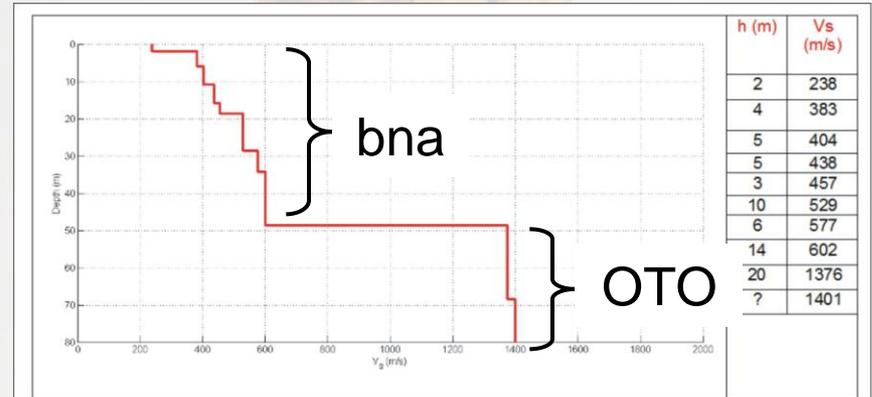
NUOVE INDAGINI



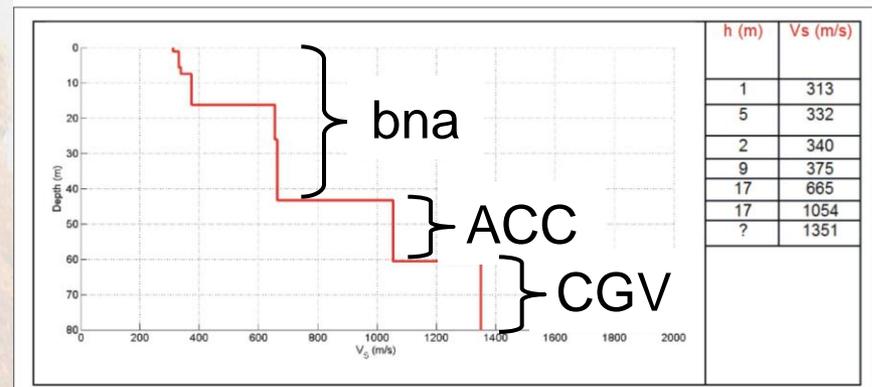
Prospetto delle indagini geotecniche e geofisiche realizzate nel centro abitato di Fivizzano nel maggio 2014

TIPOLOGIA INDAGINE	n
Misure di rumore a stazione singola	12
Stendimenti di sismica passive in array (ESAC)	4
Tomografia elettrica (ERT)	4
Sismica a riflessione in onde P	4
Prove MASW	12
Sismica a rifrazione (tomografie in onde P)	4
TOTALE	52

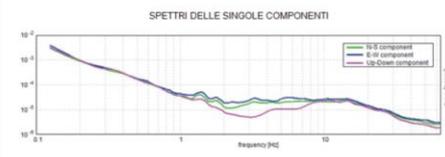
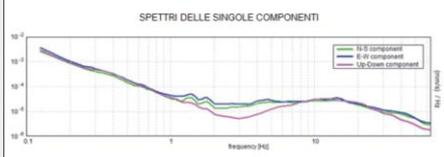
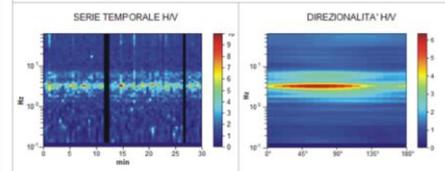
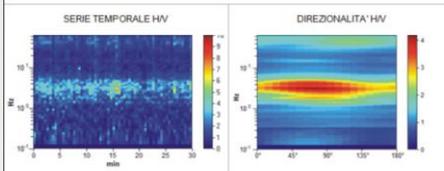
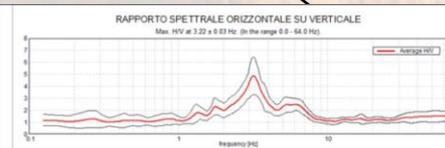
AREA CENTRO ABITATO



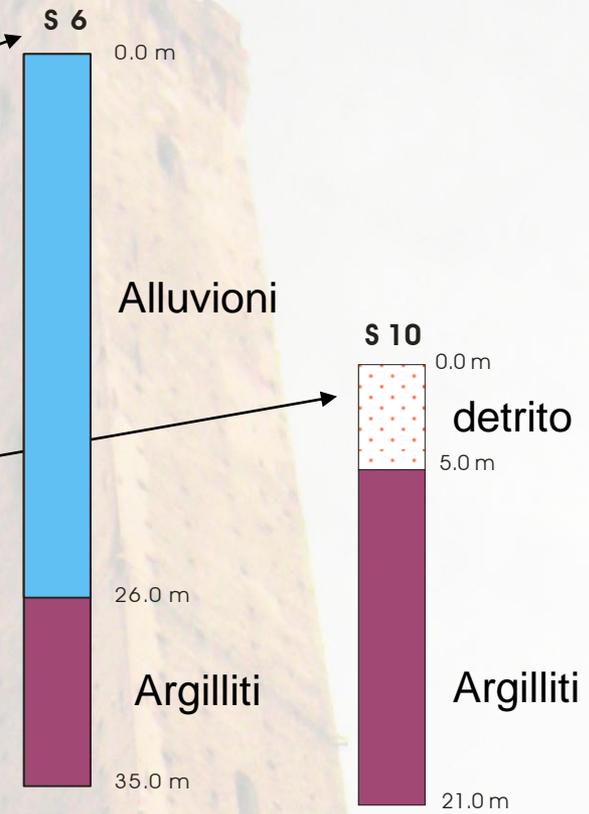
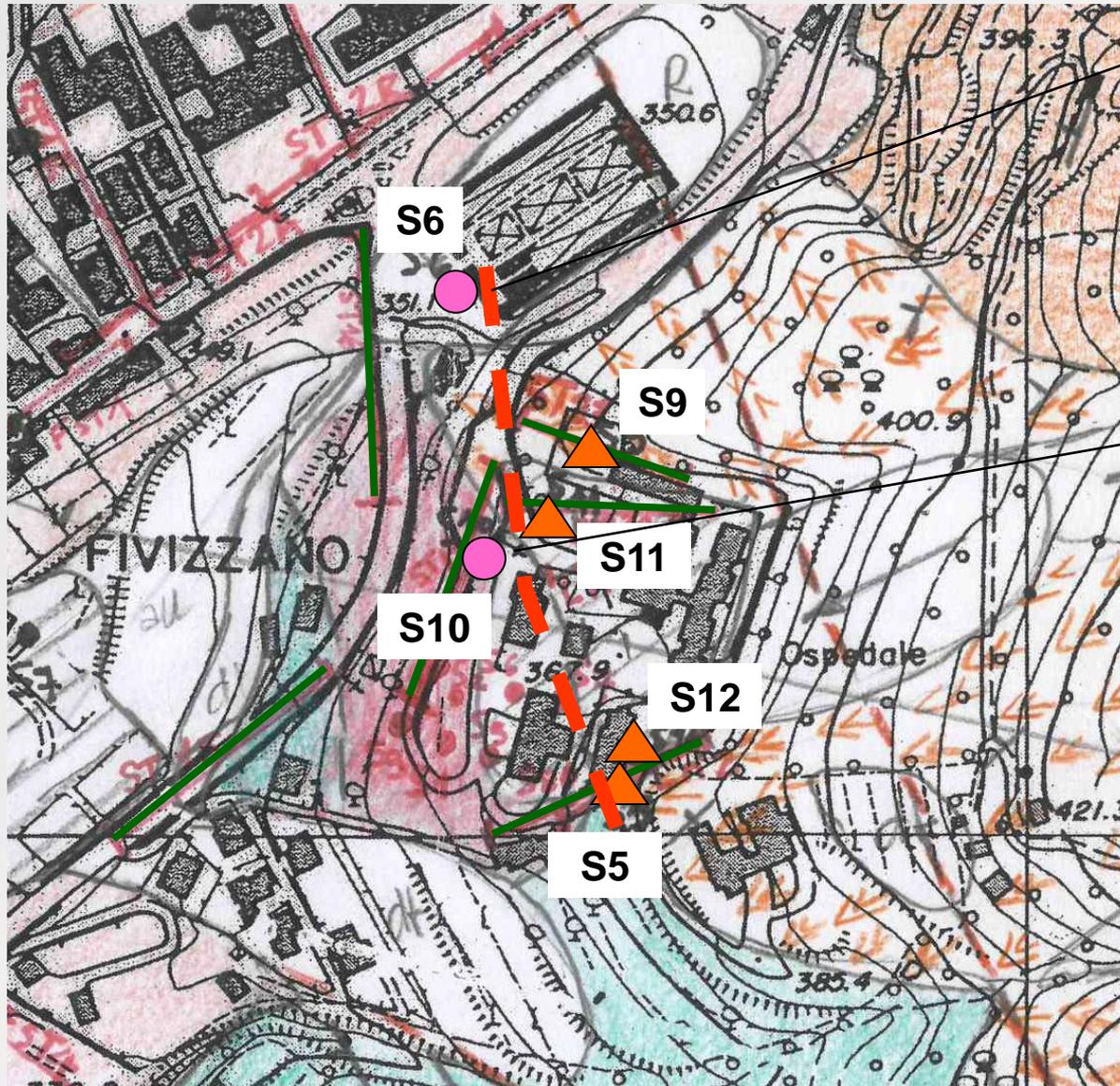
Profilo Vs da inversione congiunta. A destra i valori tabellari di spessore e velocità.



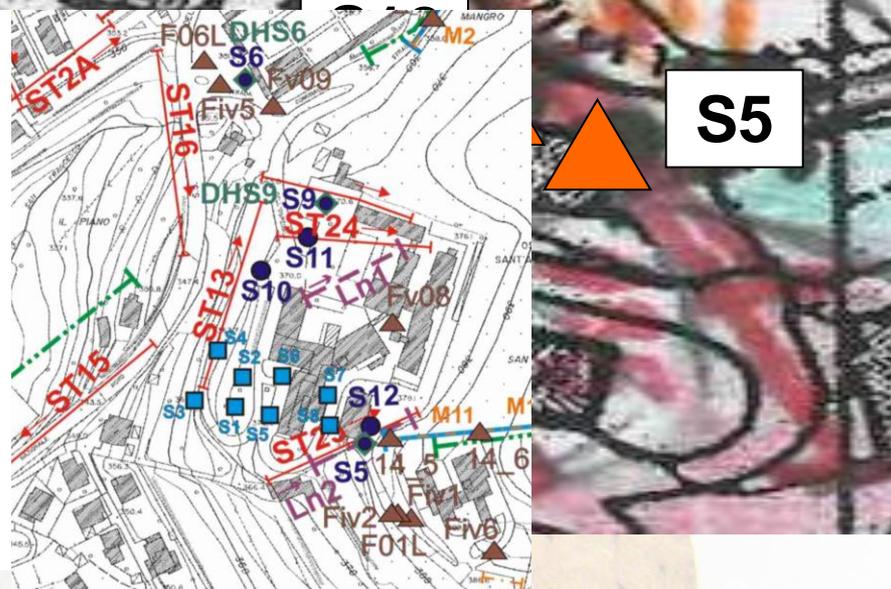
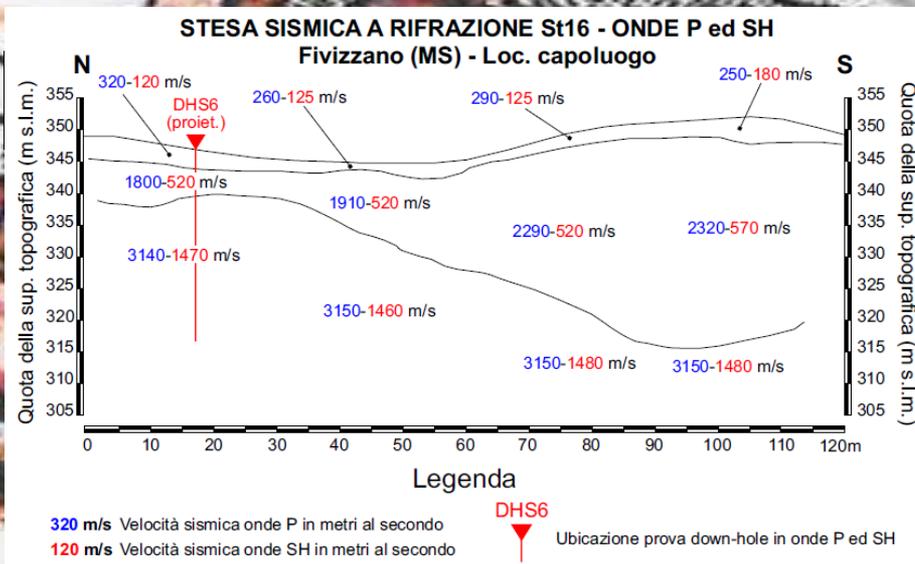
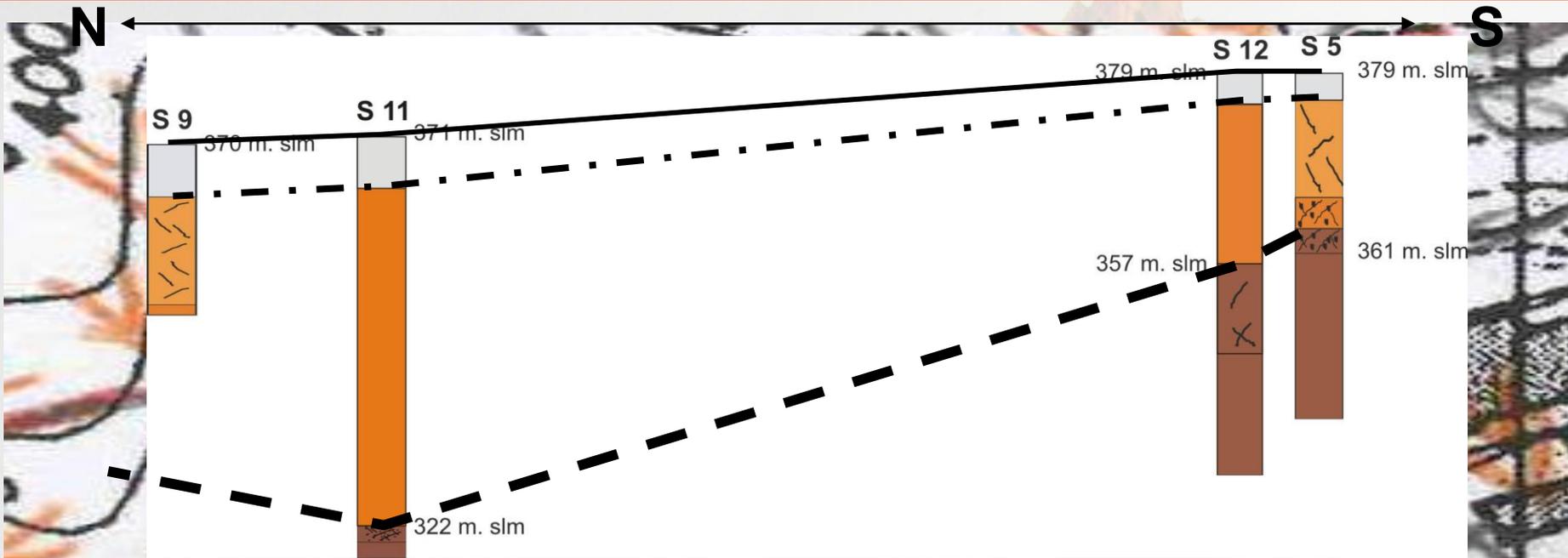
Profilo Vs da inversione congiunta. A destra i valori tabellari di spessore e velocità.



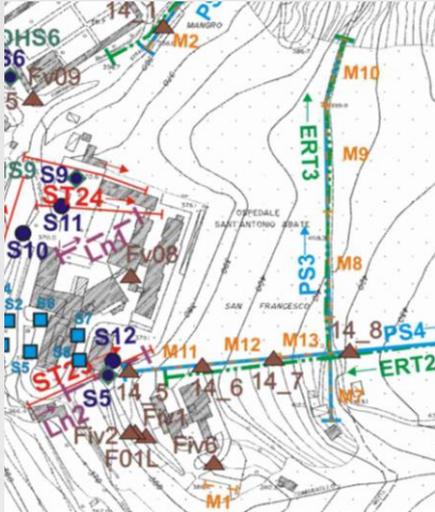
AREA OSPEDALE



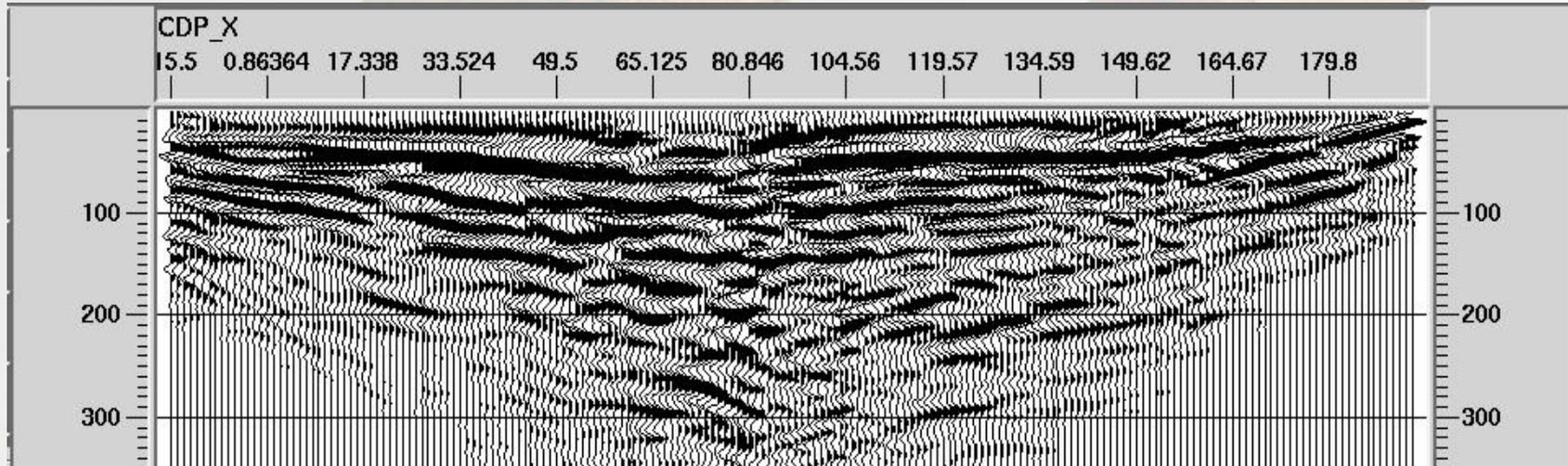
AREA OSPEDALE



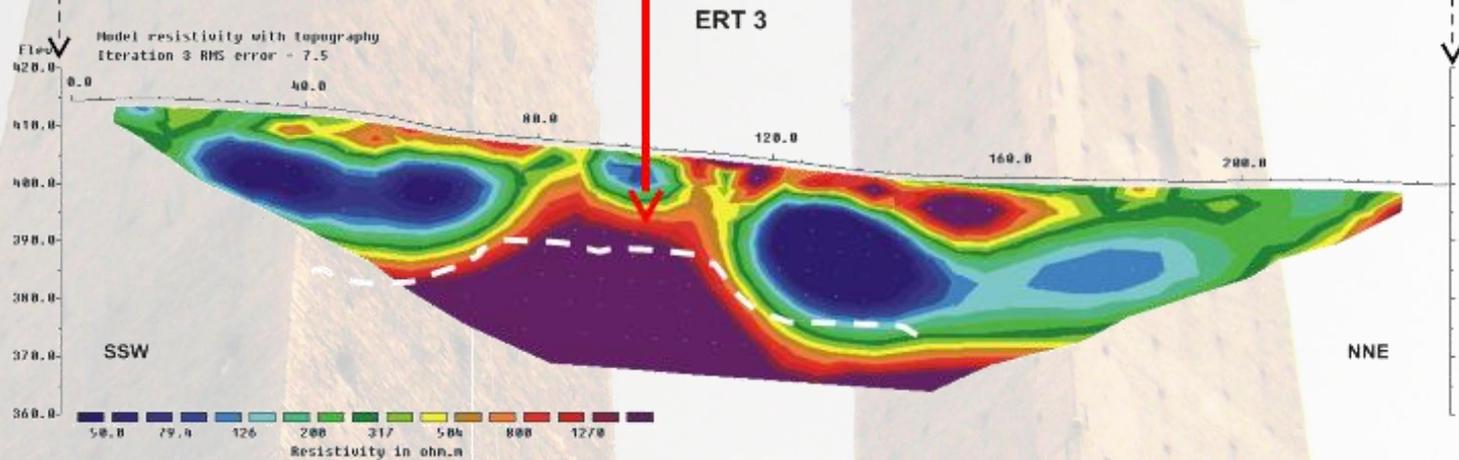
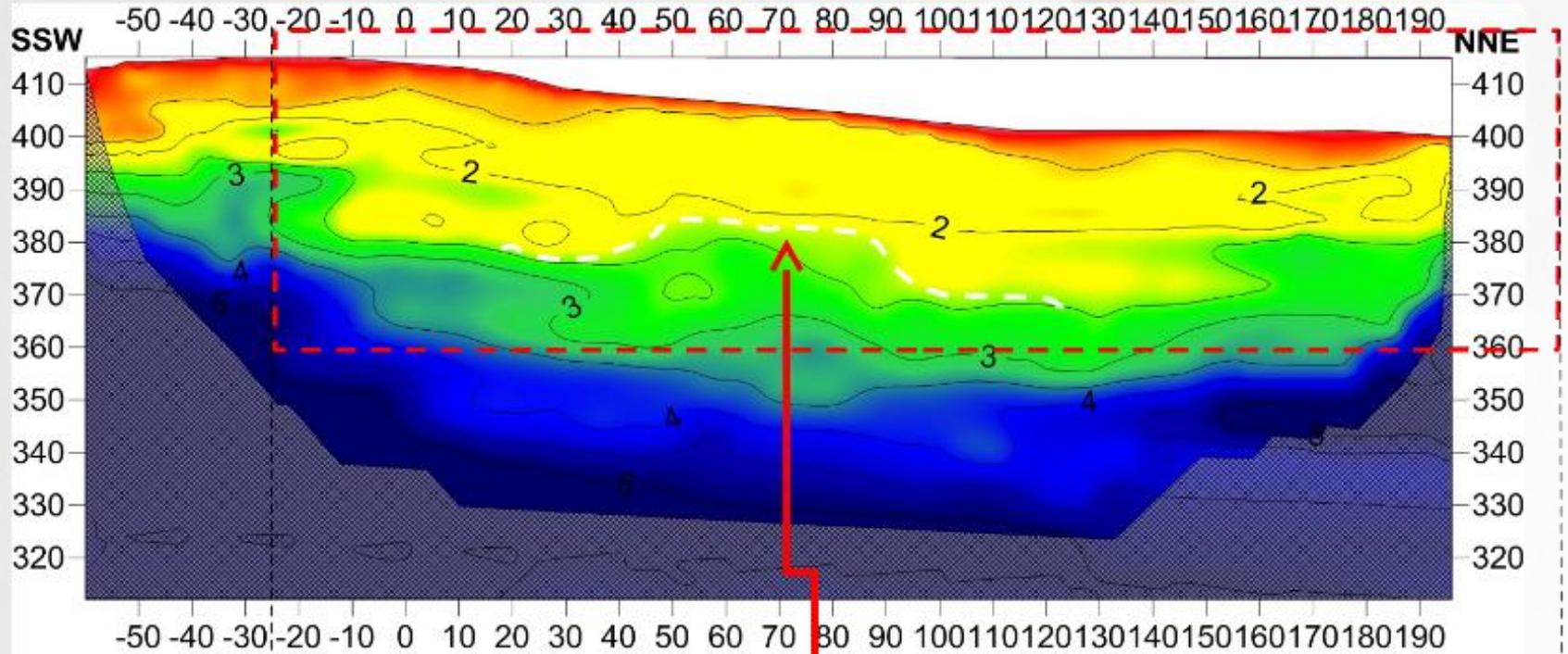
AREA OSPEDALE



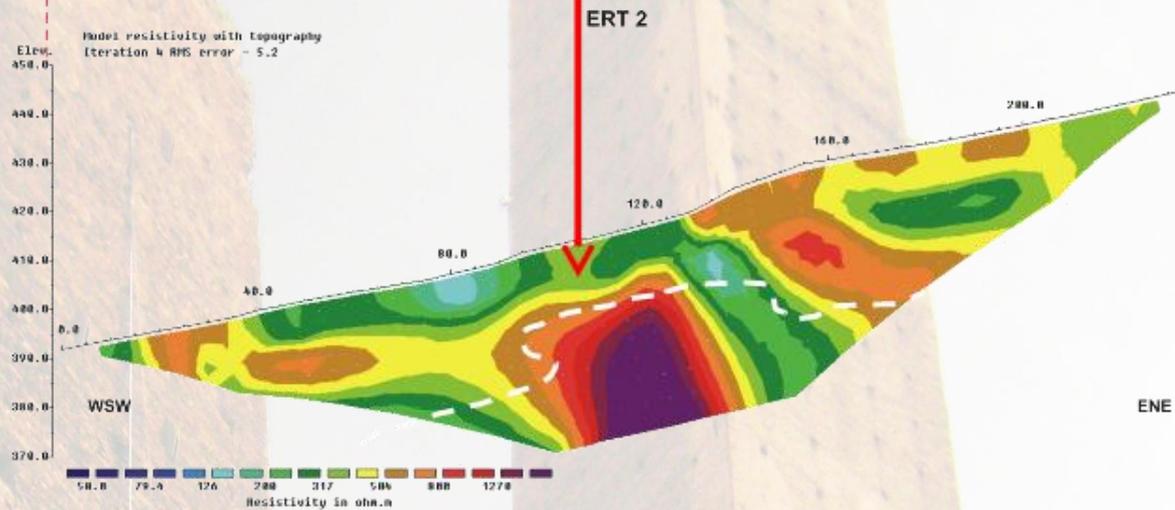
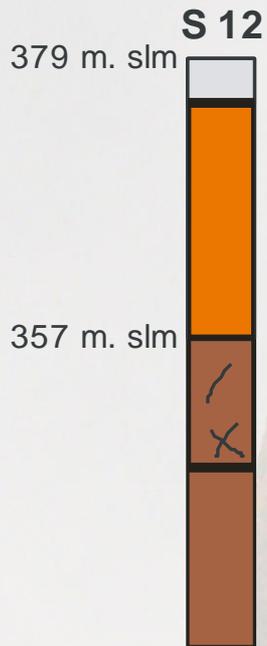
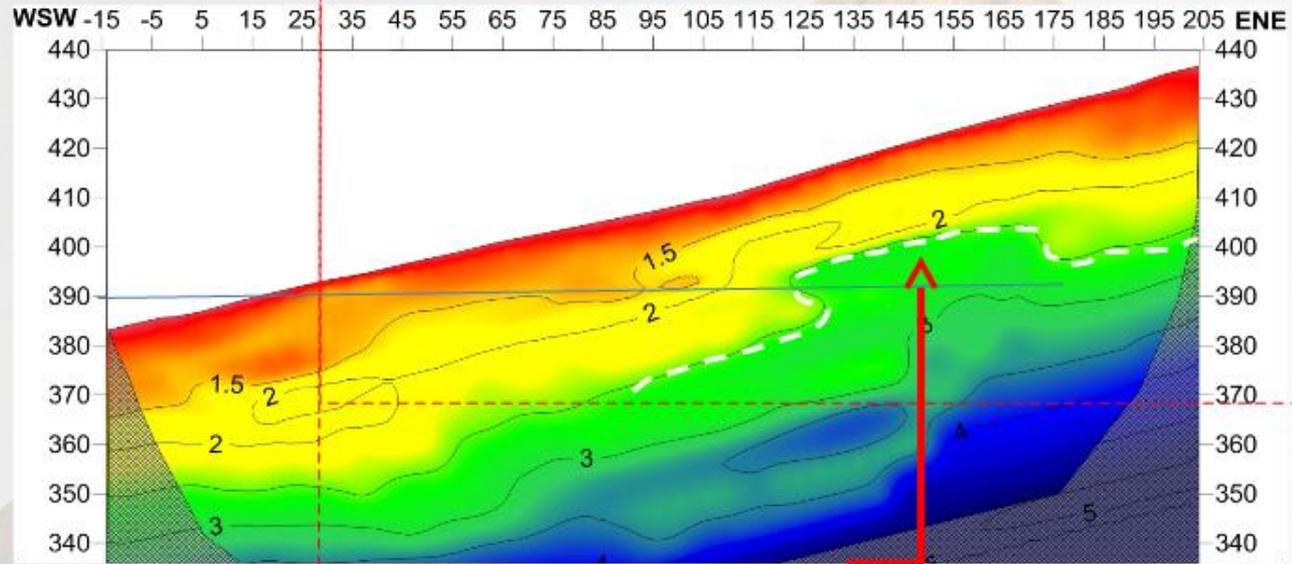
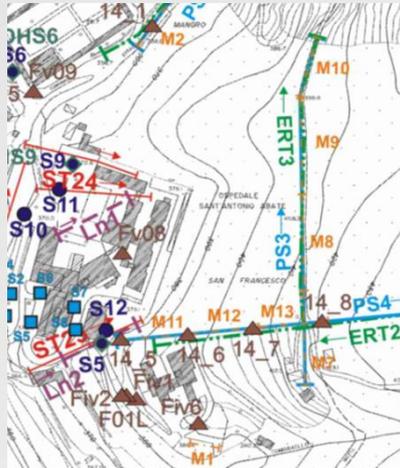
PS3 - Sezione sismica STACK in profondità



AREA OSPEDALE



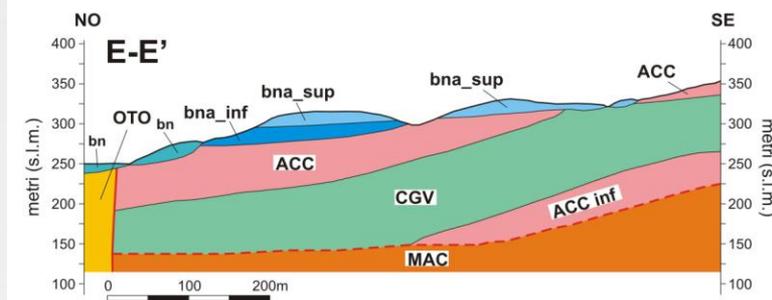
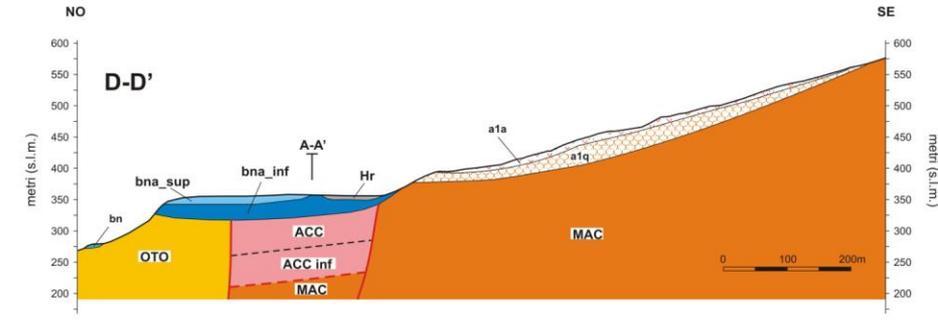
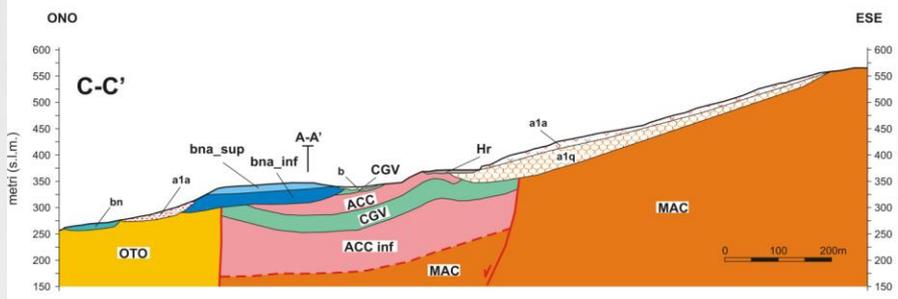
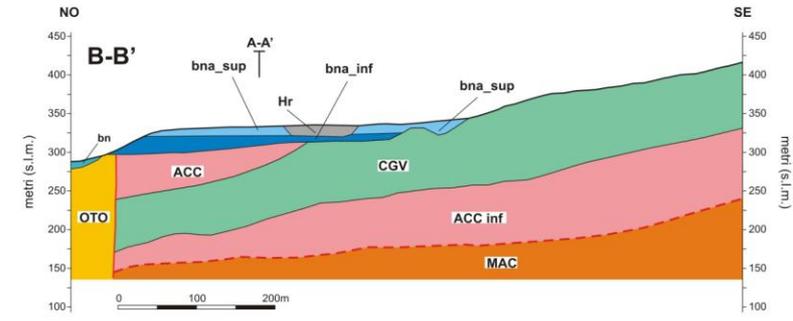
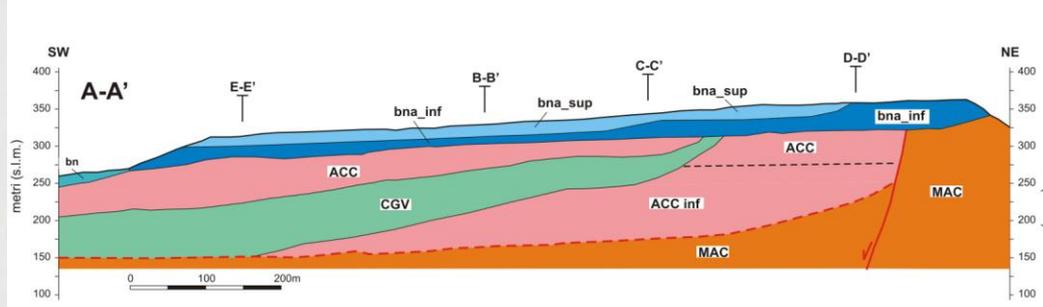
AREA OSPEDALE



MODELLO GEOLOGICO - TECNICO



FIVIZZANO (MS) SEZIONI GEOLOGICO-TECNICHE



- | | | |
|---------------------------------|--|---------------------------------------|
| Depositi di riporto (Hr) | Alluvioni terrazzate recenti (bn) | Calcarei del Gruppo del Vescovo (CGV) |
| Corpo di frana attiva (a1a) | Alluvioni terrazzate antiche (bna) - livello superiore | Arenarie del Macigno (MAC) |
| Corpo di frana quiescente (a1q) | Alluvioni terrazzate antiche (bna) - livello inferiore | Flysch di Ottone (OTO) |
| Alluvioni attuali (b) | Argille e calcari di Canetolo (ACC) | |
- A-A' Incrocio con altra sezione geologica
 Contatto tettonico: a) certo, b) presunto

- Realizzazione di analisi di risposta sismica locale in condizioni 1D e 2D;
- L'input sismico da utilizzare sarà definito mediante differenti approcci. Lo spettro di riferimento al bedrock sarà definito con metodi probabilistici e deterministici e saranno applicati sia segnali artificiali che naturali. Tra questi ultimi si utilizzeranno, tra gli altri, gli accelerogrammi estratti mediante il codice di calcolo SCALCONA 2.0 (Rota et al., 2012; Zuccolo et al., 2014), sviluppato per la Regione Toscana dal Gruppo di ricerca dell'Università di Pavia nell'ambito di un apposito Accordo di Collaborazione Scientifica (http://www.rete.toscana.it/sett/pta/sismica/01informazione/banchedati/input_sismici/index.htm);
- Lo studio di microzonazione sismica del centro abitato di Fivizzano sarà redatto in conformità a quanto previsto dalle "Linee Guida Nazionali per la Microzonazione Sismica" (ICMS, 2008) e dagli "Standard di rappresentazione e di archiviazione informatica" prodotti dalla Commissione tecnica nazionale per la Microzonazione Sismica, recepiti nell'ambito della normativa regionale dalla Regione Toscana con Deliberazioni di Giunta Regionale (n.261/2011, n.741/2012, n.971/2013);
- Nel prossimo periodo anche le principali frazioni del comune di Fivizzano saranno interessate da analisi di microzonazione sismica di Livello 1. Questa attività sarà finanziata mediante il cofinanziamento statale previsto dall'Ordinanza C.D.P.C. n. 52/2013.

BIBLIOGRAFIA



- ❑ Cherubini C., D'Intinosante V., Ferrini M., Lai C., Lo Presti D.C., Rainone M.L., Signanini P. & Vessia G.; 2004: *Problems associated with the assessment of local site effects through a multidisciplinary integrated study: the case of Fivizzano's town (Italy)*. Fifth International Conference on Case Histories in Geotechnical Engineering, New York, April 13-17 2004.
- ❑ Cherubini C., D'Intinosante V., Ferrini M., Rainone M.L., Signanini P. & Vessia G.; 2006: *Approccio multidisciplinare per la valutazione della risposta sismica locale nell'ambito del progetto Vel: il caso dei comuni di Fivizzano e Licciana Nardi (Lunigiana)*. *Giornale di Geologia Applicata* 4 (2006) 169-174.
- ❑ D'Intinosante V.; 2003: *Valutazione della risposta sismica locale in un sito della Lunigiana (Toscana Settentrionale). Analisi dei risultati preliminari*. Atti del I Congresso dell'Associazione Italiana di Geologia Applicata ed Ambientale. Chieti, 19-20 Febbraio. pp. 343-353.
- ❑ Ferrini M., Baglione M., Calderini F., D'Intinosante V., Danise S., Di Lillo R., Fabbroni P., Iacomelli S., Rossi M., Stano S. & Calosi E.; 2007: *Le attività della Regione Toscana per la valutazione degli effetti locali dei terreni: il programma regionale V.E.L.* XII Congresso Nazionale "L'ingegneria Sismica in Italia", Pisa 10-14 giugno 2007.
- ❑ ICMS - Gruppo di lavoro MS,; 2008: *Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica*, 3 vol. e DVD.
- ❑ Puccinelli A., D'Amato Avanzi G., Giannecchini R. & Nannini D.; 2005): *Carta Geologica della Regione Toscana a scala 1:10.000: Sezione 234140 Fivizzano*. Regione Toscana, reperibile al sito <http://www.regione.toscana.it>.
- ❑ Puccinelli A., D'Amato Avanzi, Perilli N.; 2010: *Carta Geologica d'Italia a scala 1:50.000: Foglio 234 Fivizzano e Note Illustrative*. ISPRA, in stampa, reperibile al sito http://www.isprambiente.gov.it/media/carg/234_Fivizzano/Foglio.html.
- ❑ Rainone M.L., Ferrini M., Signanini P. & D'Intinosante V.; 2004: *Evaluation of local amplification in the seismic microzonation: comparison between punctual multidisciplinary integrated studies and macroseismic methods in Fivizzano's area (Toscana, Italy)*. *Geotechnical and Geological Engineering*, Volume 22, Issue 2, 2004, Pages 227 - 244.
- ❑ Rota M., Zuccolo E., Taverna L., Corigliano M., Lai C. G. & Penna A.; 2012: *Mesozonation of the Italian territory for the definition of real spectrum-compatible accelerograms*. *Bull Earthquake Eng* (2012) 10:1357-1375
- ❑ Zuccolo E, Corigliano M. & Lai C.G.; 2014: *Selection of spectrum- and seismo-compatible accelerograms for the Tuscany region in Central Italy*. *Soil Dynamics and EarthquakeEngineering* 66 (2014) 305-313.