COMUNE DI GENAZZANO

Città Metropolitana di Roma Capitale

Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza

Intervento Finanziato dall'Unione Europea NextGenerationEU

LAVORI DI SISTEMAZIONE E MESSA IN SICUREZZA DEL VERSANTE SU VIA GARIBALDI

CUP B44H20001680001

Decreto del Ministero dell'Interno e Ministero dell' Economia e delle Finanze 23/02/2021

art.1 co. 139 e seguenti della Legge 30 dicembre 2018 n.145

PROGETTO ESECUTIVO

PROGETTAZIONE:

Ing. Andrea Zenatello

ORDINE DEGLI INGEGNERI 176 ZENATELLO Andrea della Prov. di Belluno

Sviluppo e Servizi di Rizzuti Deborah sas
(Capogruppo)
visto il Geologo

SVILUPPO E SERVIZI di RIZZUTI DEBORAH sas
Via Casavetere, 1 P/T
03014 Fiuggi (Fr) - Tel. 0775.548061
P. IVA/C. F. 02313850600

Ing. Carlo Rago

ORDINE DEGLI INGEGNERI Dott. Ing. Carlo Rago 602 PROVINCIA DI ISERNIA

PS01	RELAZIONE GEOLOGICA

SCALA	FORMATO	DATA
	A4	2022

COMUNE DI GENAZZANO

Provincia di Roma

RELAZIONE GEOLOGICA

LAVORI DI SISTEMAZIONE E MESSA IN SICUREZZA DEL VERSANTE SU VIA GARIBALDI

Luglio 2022

INDICE

PREMESSA **3**
UBICAZIONE DELL'AREA **5**
RELAZIONE GEOLOGICA **6**
INQUADRAMENTO GEOLOGICO **6**
ASSETTO IDROGEOLOGICO E IDROLOGICO **9**
INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO **12**
CARATTERISTICHE GEOTECNICHE **18**
SONDAGGI GEOGNOSTICI **18**
VIDEOISPEZIONI **20**
SISMICITA' DELL'AREA **21**

PREMESSA

Il sottoscritto Geologo Norman Abballe iscritto all'albo dei geologi del Lazio con numero 1782, ha eseguito un'indagine a carattere geologico-tecnico nel comune di Genazzano, per individuare le caratteristiche litologiche, geotecniche, stratigrafiche, idrogeologiche e morfologiche del versante che insiste su via Garibaldi, che sarà interessato da lavori di sistemazione e messa in sicurezza. Questi interventi che consistono in rafforzamenti corticali, riprofilatura del versante, realizzazione/modifiche di muri di contenimento, si rendono necessari a seguito dell'evento franoso nell'area sovrastante Via Garibaldi e la S.P. Empolitana avvenuto nel Giugno 2011.

Il dissesto idrogeologico, occorso in data 25 Giugno 2011, a seguito di intense precipitazioni, ha causato il crollo di una parte del fabbricato in muratura monopiano sottostante il fronte di frana ed il danneggiamento degli edifici adiacenti, ad oggi ancora inagibili, oltre che comportare l'interruzione della viabilità sia lungo Via Garibaldi sia lungo la sottostante Strada Provinciale. Mentre la viabilità sulla Strada Provinciale è stata ripristinata, in corrispondenza di Via Garibaldi la stessa risulta ancora interdetta ed è consentito solo un passaggio pedonale.

Nel corso degli anni l'area è stata oggetto di diverse proposte di intervento relativamente alla sistemazione delle aree a rischio; tuttavia, fatta eccezione che per alcuni interventi realizzati in somma urgenza, anche a seguito della difficoltà nel reperire le necessarie risorse economiche e di alcuni ricorsi giudiziari in essere tra i proprietari degli edifici inagibili e l'Amministrazione Comunale, non si è ancora giunti alla conclusione dell'iter progettuale.

L'attuale situazione in essere non può ritenersi definitiva e necessita di una messa in sicurezza globale dell'intero versante sovrastante Via Garibaldi, nonché la demolizione dei fabbricati inagibili ed a rischio di stabilità. Una mancata realizzazione degli interventi di messa in sicurezza potrebbe comportare dei nuovi fenomeni di instabilità interessanti non solo gli edifici adiacenti e la strada di Via Garibaldi, ma provocare anche una nuova interruzione della sottostante Strada Provinciale, mettendo a rischio sia l'incolumità delle persone sia l'economia dell'intera zona, con ripercussioni su tutta la viabilità provinciale e regionale, dal momento che quest'asse viabilistico rappresenta l'unico percorso, ad eccezione di strade locali e rurali, di adduzione alla Strada Regionale n. 155, di collegamento con la Stazione FS, con il casello autostradale di Valmontone econ gli Ospedali di Valmontone e Colleferro.

Il Progetto ha quindi lo scopo di mettere in sicurezza l'intero versante sovrastante Via Garibaldi, provvedendo al risanamento ambientale dei luoghi, ed è stato aggiornato tenendo conto di tutte le diverse ipotesi progettuali avanzate dai diversi soggetti nel corso degli anni, nonché delle campagne di indagine già effettuate ed integrate con appositi nuovi rilievi e sopralluoghi, riguardanti in particolare le grotte con accesso su Via Empolitana, i quali hanno evidenziato criticità legate alla

necessità di transitare con mezzi pesanti al di sopra delle stesse per l'esecuzione delle lavorazioni.
Lo studio, condotto in osservanza delle norme tecniche dettate dall'OCDPC 52/13, dalla L. n. 64 del 2 Febbraio 1974, dal D. M. dei LL. PP. dell'11 Marzo 1988, dalla Circolare del D. M. dei LL. PP. dell'24 Settembre 1988, D.M. del 14/03/2008 e successivo aggiornamento con D.M. del 17/01/2018 è servito ad illustrare la situazione litostratigrafica dell'area interessata dal progetto, la natura dei litotipi, i lineamenti geomorfologici della zona, descrivendo gli eventuali processi geomorfologici ed i dissesti in atto o potenziali, a definire le caratteristiche della circolazione idrica superficiale e sotterranea; inoltre sono stati definiti i caratteri geostrutturali-sismogenetici generali ed i caratteri geomeccanici dei terreni.

La scelta della tipologia delle indagini geologiche, geofisiche e geotecniche da eseguire e la loro quantità sono funzione del livello di Rischio Sismico. In particolare, in base al nuovo Regolamento Regionale del 16 Aprile 2021, n. 7, ("Regolamento regionale per lo snellimento e la semplificazione delle procedure per l'esercizio delle funzioni regionali in materia di prevenzione del rischio sismico"), e considerando che il Comune di Genazzano rientra all'interno della Zona Sismica ***2B*** *e che la Classe d'uso delle Opere è* **II**, *si individua una Classe di Rischio Sismico* ***Medio.***

Per la caratterizzazione geologica del sito sono stati utilizzati i dati ricavati dalle precedenti campagne d'indagini e studi del 2011 e del 2020, consistite in:

- un rilevamento geologico di superficie che ha permesso di individuare i litotipi affioranti e i loro rapporti stratigrafici, le condizioni morfologiche ed idrogeologiche del terreno interessato;
- n. 3 Sondaggi geognostici a carotaggio continuo, con esecuzione di SPT in foro e prelievo di n. 3 campioni indisturbati;
- n. 2 prospezioni di Sismica a rifrazione;
- n.2 prospezioni sismiche MASW
- n.12 stendimenti di Tomografia elettrica 3D
- rilievo laser scanner

Sono parte integrante della presente relazione i seguenti elaborati grafici:

1. Carta Topografica - scala 1:25.000;
2. Corografia Generale - scala 1:10.000;
3. Carta Geologica - scala 1:5.000;
4. Indagini geognostiche pregresse

UBICAZIONE DELL'AREA

L'area oggetto di studio si trova parte sommitale del centro abitato di Genazzano, nell'area sovrastante Via Garibaldi e la S.P. Empolitana, ad una quota altimetrica media di circa 390 metri s.l.m. (quota media versante). Topograficamente l'area dell'indagine rientra nella Tavoletta scala 1:25.000 F° 151 IV SO della Carta d'Italia dell'I.G.M., nella sezione n° 375160 della Carta Tecnica Regionale a scala 1:10.000 della Regione Lazio e nel Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico del bacino dei fiumi Liri-Garigliano-Volturno. Il terreno coinvolto dal fenomeno franoso fa parte della particella riportata in catasto al Foglio 4, particella 396, mentre il crollo ha coinvolto il sottostante fabbricato in corrispondenza della particella 425.

Il territorio comunale di Genazzano, si estende su una superficie di 32,04 km^2 ed è situato nella catena montuosa appenninica dei Monti Prenestini, limitata a Nord dal fosso d'Empiglione, a Nord-Est dai Monti Ruffi, a Sud dalla Valle del Fiume Sacco e ad Ovest dai Colli Albani.

Fig. 1 - Stralcio Ortofoto con ubicazione dell'area (da Google Earth)

RELAZIONE GEOLOGICA

INQUADRAMENTO GEOLOGICO

Dal punto di vista geologico la regione si individua nella zona di passaggio tra domini paleogeografici molto differenti tra di loro e che hanno dato origine a depositi diversi per litologia, composizione e messa in posto; si tratta infatti di un settore in cui si rinvengono i sedimenti essenzialmente legati ad una azione deposizionale marina e silococlastica localmente ricoperti da depositi dovuti all'azione eruttiva dei distretti vulcanici laziali.

In particolare il territorio del Comune di Genazzano si sviluppa in corrispondenza di unità calcaree ed unità vulcaniche legate all'attività eruttiva dei Colli Albani. Il centro abitato sorge lungo una stretta fascia collinare costituita da vulcaniti appartenenti alle successioni del Vulcano Laziale. La sequenza stratigrafica delle eruzioni dei Colli Albani è suddivisa in tre fasi principali a seconda dei volumi e dei differenti meccanismi eruttivi (De Rita et al., 1988, 1995; Giordano et al., 2006; Tabella 1). Partendo dalla fase più antica si riconoscono: la fase Tuscolano-Artemisio (c. 561–366 ka; Karner et al., 2001; Marra et al., 2009), la fase delle Faete (c. 308– 250 ka; Marra et al., 2003) e la più recente fase idro-magmatica (c. 200–36 ka; Marra et al., 2003; Freda et al., 2006; Giaccio et al., 2007).

Nell'area di studio si osserva la presenza dell'unità delle Pozzolane Rosse appartenente alla fase Tuscolano-Artemisio, considerata la fase più esplosiva e voluminosa, caratterizzata da cinque flussi piroclastici con volumi dell'ordine della decina di km 3 e da minore attività effusiva.

Le informazioni ricavate dalla Carta Geologica d'Italia Foglio n°375 Tivoli (vedi Fig.2) hanno evidenziato la presenza in affioramento dell'unità Vulcanica delle Pozzolane Rosse (RED) impostata al di sopra dell'unità arenaceo-pelitica (UAP b).

L'unità arenaceo-pelitica rappresenta un deposito sin-orogenico risalente al Tortoniano, costituita da litofacies arenaceo-pelitica, con arenarie a composizione litoarenitica e litoarenitica feldspatica, in strati da spessi a molto spessi, alternati a livelli pelitici subordinati.

L'unità vulcanica affiorante delle Pozzolane Rosse è formata da un deposito piroclastico massivo e caotico, da viola a grigio scuro, semicoerente, a matrice cineritica grossolana e abbondante scheletro composto da scorie rosse, litici lavici, sedimentari termo-metamorfosati e olocristallini di dimensioni fino a 20 cm, e cristalli di leucite, clinopirosseno e biotite.

In base alle risultanze delle pregresse indagini effettuate, nel sito in esame le vulcaniti interessate dall'evento franoso si presentano come tufi granulari, con livelli scoriacei a lapilli, sabbiosi e cineritici.

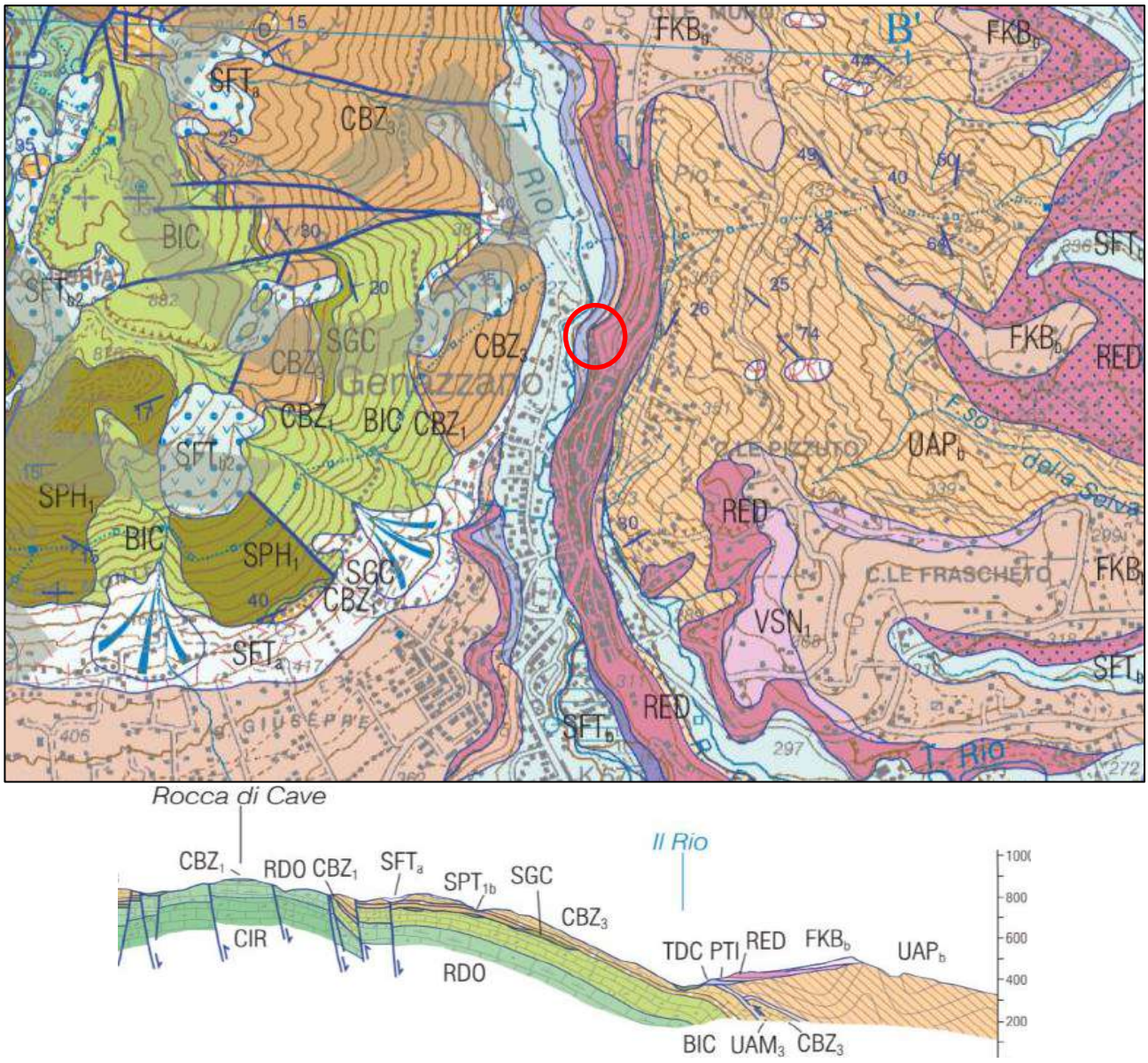


Fig. 2 – Stralcio Carta Geologica 375 Tivoli (1:50.000)

POZZOLANE ROSSE

Deposito piroclastico massivo e caotico, da viola a grigio scuro, semicoerente, a matrice cineritica grossolana, e abbondante scheletro composto da scorie rosse, litici lavici, sedimentari termometamorfosati e olocristallini di dimensioni fino a 20 cm, e cristalli di leucite, clinopirosseno e biotite. Chimismo tefritico. Età radiometrica 457±4 ka[3]. Spessore fino a 80 m da sondaggio.

RED$_a$
RED

litofacies sabbioso-conglomeratica (RED$_a$), Deposito sabbioso, poco coerente, con scorie e litici lavici centimetrici, da massivo a poco organizzato, debolmente classato. Il deposito affiora nei versanti carbonatici dei Monti Prenestini, rimaneggiato sotto forma di *lahar* con frequenti intercalazioni di ciottoli calcarei. Spessore variabile tra 2 e 6 m.

PLEISTOCENE MEDIO p.p.

UNITÀ ARENACEO-PELITICA (*cfr.* Complesso torbiditico alto miocenico laziale-abruzzese)

Nell'area affiorano la litofacies pelitico-arenacea ((UAP$_c$) la litofacies arenaceo-pelitica (UAP$_b$) e la litofacies arenacea (UAP$_a$).

UAP$_a$
UAP$_b$
UAP$_c$

litofacies arenacea (UAP$_a$), arenarie a composizione litoarenitica e litoarenitica-feldspatica, in strati da spessi a molto spessi o massicci, con frequenti fenomeni di amalgamazione. Spessore variabile sino a un massimo di 150-350 m

litofacies arenaceo-pelitica (UAP$_b$), arenarie a composizione litoarenitica e litoarenitica-feldspatica, in strati da spessi a molto spessi, alternati a livelli pelitici subordinati. Spessore variabile sino a un massimo di 350 m.

litofacies pelitico-arenacea (UAP$_c$), peliti con intercalati sottili livelli di arenarie e arenarie siltose. Spessore variabile da 0 a circa 40 m.

TORTONIANO p.p.

CARTA DELLE MICROZONE OMOGENEE IN PROSPETTIVA SISMICA (M.O.P.S.)

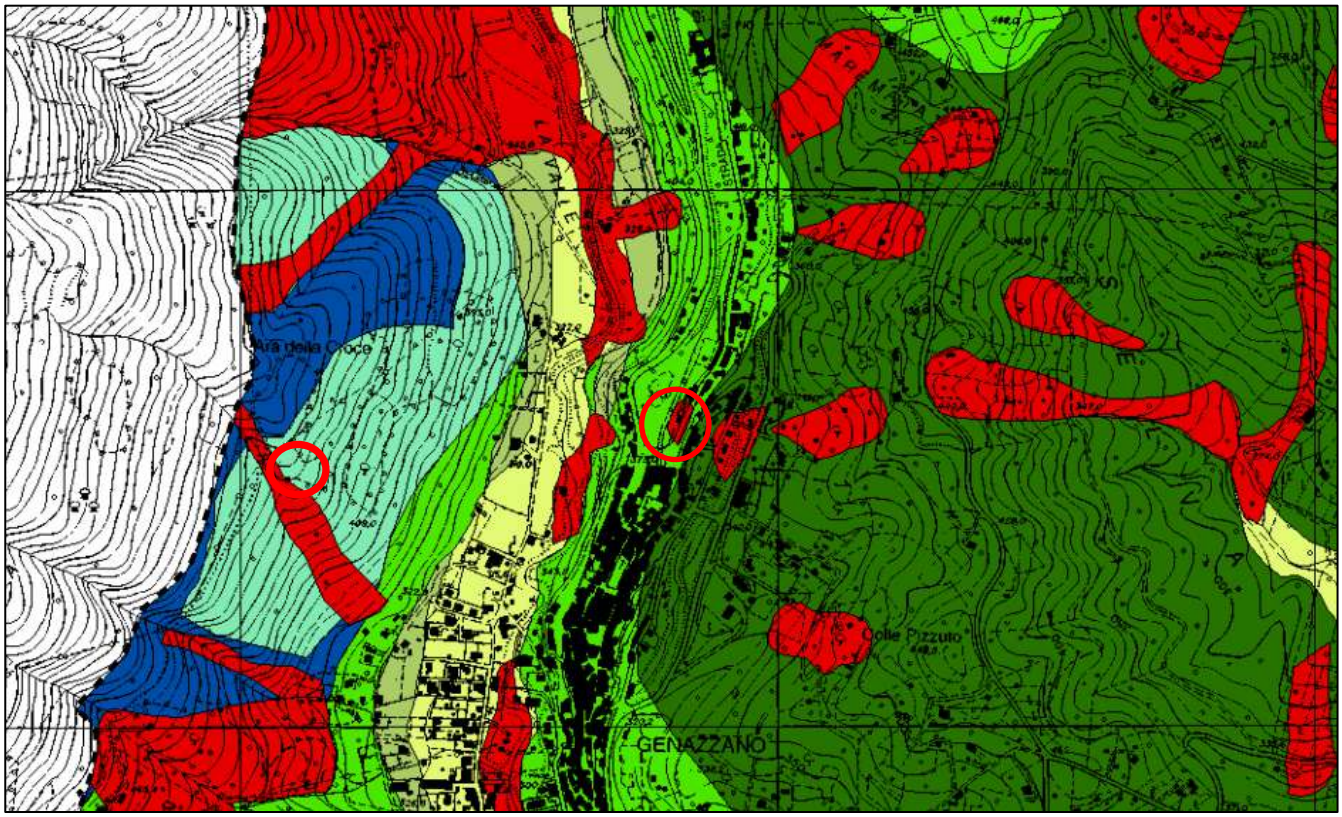
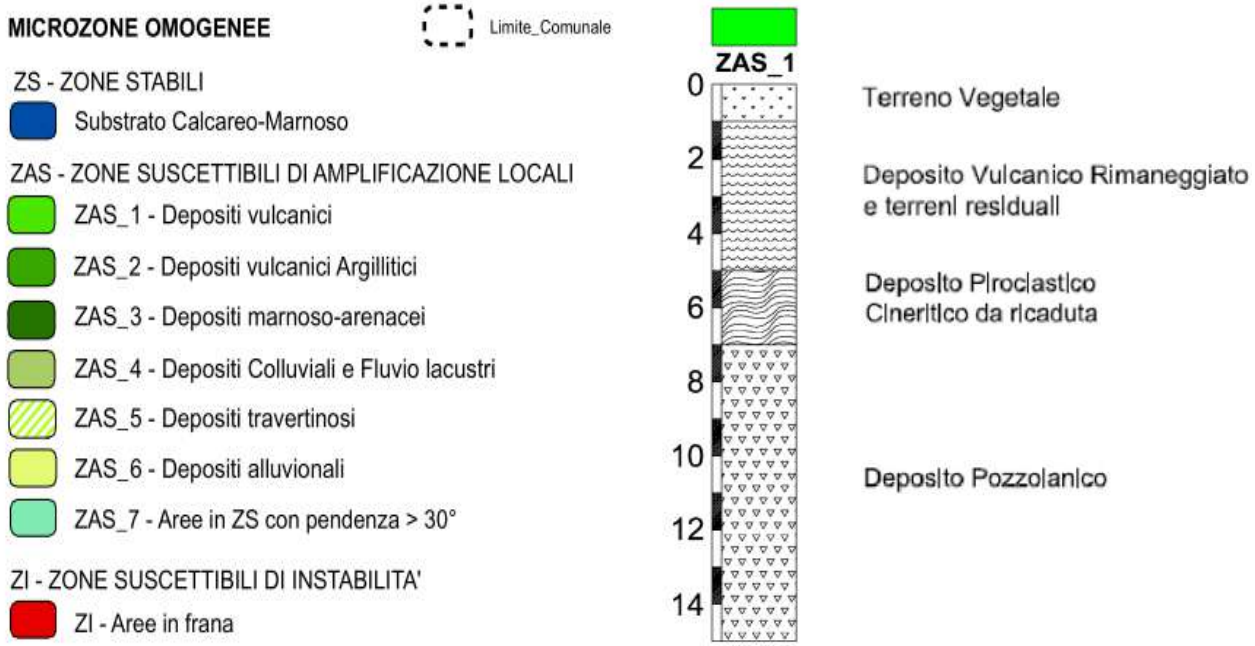


Fig.7 – Stralcio Carta M.O.P.S. del comune di Genazzano (2013)



ASSETTO IDROGEOLOGICO E IDROLOGICO

Il centro abitato e l'area in cui si è verificata la frana nel Giugno del 2011 (Viale Giuseppe Garibaldi) sono situati al di sopra di una collina con forma allungata in direzione Nord-Sud, limitata ad Est dal Rio Fossato ed a Ovest dal Torrente Rio. Le caratteristiche idrogeologiche del territorio sono molto variabili in rapporto alla variabilità delle caratteristiche litologiche dei terreni presenti. Si individuano così una serie di complessi idrogeologici con omogenee caratteristiche di permeabilità e di capacità di immagazzinamento che regolano il tipo di circolazione idrica sotterranea. In particolare nell'area esaminata si individua il complesso vulcanico con spessore variabile, caratterizzato da piroclastici e cineriti con diversi grado di permeabilità: elevato nelle piroclastici a seconda del grado di fessurazione, e basso nelle cineriti spesso argillificate. Dalle indagini dirette eseguite non è stata evidenziata la presenza di falda superficiale.

Fig 6.– Stralcio Carta Idrogeologica Regione Lazio – TAV.02

9 — **COMPLESSO DEI TUFI STRATIFICATI E DELLE FACIES FREATOMAGMATICHE** - *potenzialità acquifera bassa*
Tufi stratificati, tufi terrosi, brecce piroclastiche, pomici, lapilli e blocchi lavici in matrice cineritica (*PLEISTOCENE*). I termini del complesso si presentano interdigitati tra gli altri complessi vulcanici per cui risulta difficile definirne lo spessore totale. Il complesso ha una rilevanza idrogeologica limitata anche se localmente può condizionare la circolazione idrica sotterranea, assumendo localmente il ruolo di limite di flusso e sostenendo esigue falde superficiali.

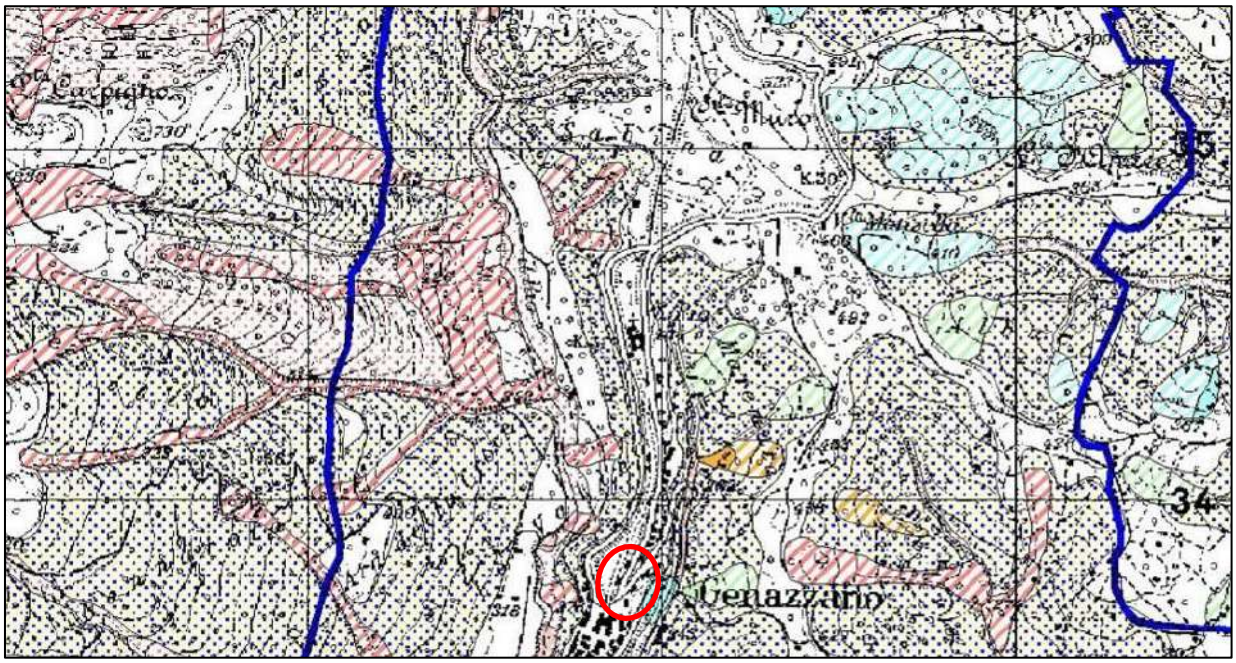


Fig. 3 – Stralcio Carta PAI del Comune di Genazzano

Il territorio del Comune di Genazzano è suddiviso in diverse aree di rischio idrogeologico nel Piano di Stralcio per l'Assetto Idrogeologico

La porzione di terreno lungo la quale si è verificato il dissesto non rientra in nessuna delle classi individuate nel Piano di Stralcio per l'assetto idrogeologico.

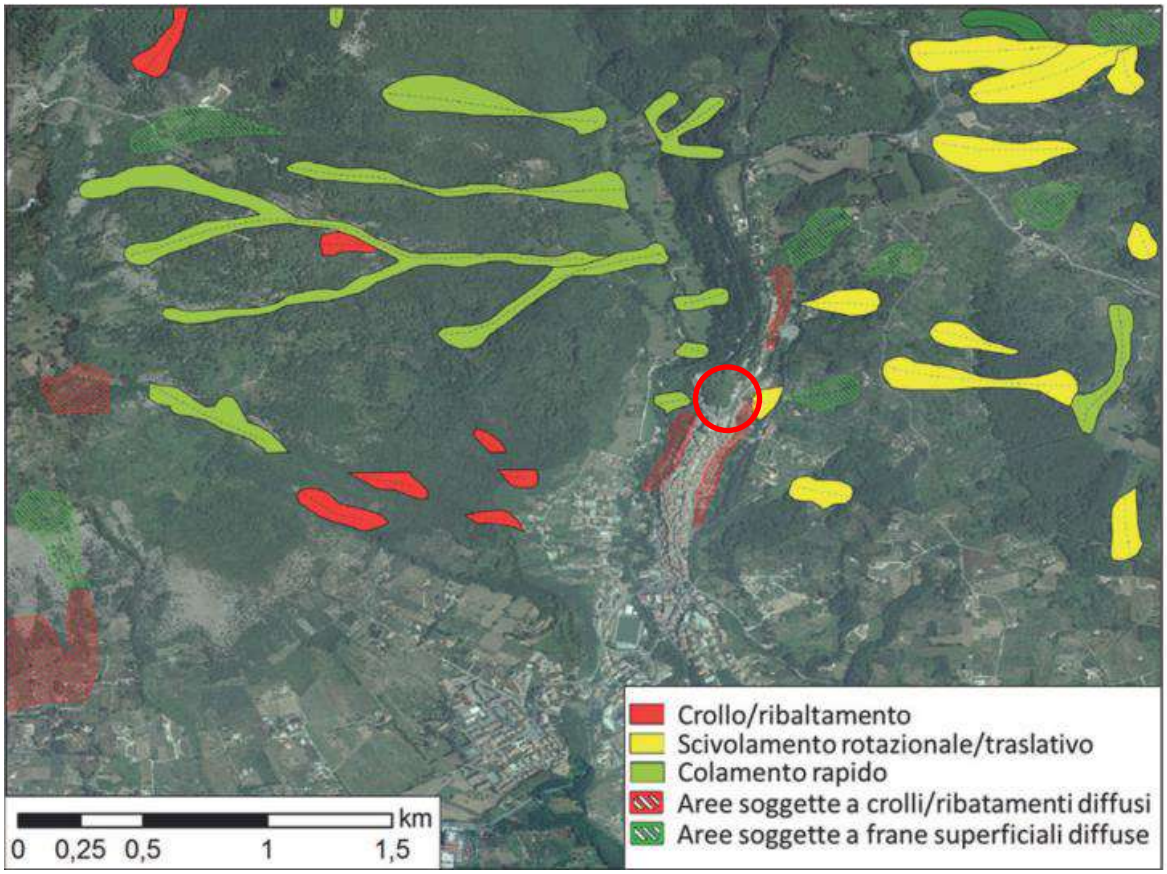


Fig. 4 – Stralcio Cartografia IFFI

I dissesti che hanno caratterizzato il territorio sono raccolti all'interno del catalogo IFFI (Figura 4) dove sono individuate le aree soggette a crolli o a frane diffuse e le frane (nell'area principalmente colate rapide e crolli) avvenute nel tempo. Come nella carta PAI, la porzione di terreno dove si è verificata la frana il 24 Giugno 2011 non è evidenziata come area potenzialmente pericolosa.

INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO

Il comune è situato nella catena montuosa appenninica dei Monti Prenestini, limitata a Nord dal fosso d'Empiglione, a Nord-Est dai Monti Ruffi, a Sud dalla Valle del Fiume Sacco e ad Ovest dai Colli Albani. Il centro abitato e l'area in cui si è verificata la frana nel Giugno del 2011 (Viale Giuseppe Garibaldi) sono situati al di sopra di una collina con forma allungata in direzione Nord-Sud, limitata ad Est dal Rio Fossato ed a Ovest dal Torrente Rio. In generale il territotio comunale è contraddistinto da elevata energia del rilievo viste le elevate differenze di quota esistenti tra l'alto strutturale su cui poggia l'intero centro storico ed il fondovalle.

La morfologia del territorio è stata influenzata in maniera diretta dalle vicissitudini geologiche del vulcanismo laziale e dall'azione dei corsi d'acqua, che con l'attività erosiva, di trasporto e deposito, hanno modellato i rilievi e agito sulle valli e sulle pianure, modificandole continuamente.

Inoltre l'intero abitato di Genazzano, così come quello dei paesi limitrofi, è caratterizzato dalla presenza di numerosi ordini di grotte scavate nel corso dei secoli dagli abitanti ed attualmente utilizzate per lo più come cantine o rimesse. Tali grotte hanno talvolta accesso diretto all'interno delle abitazioni, altre volte si affacciano sulle strade, altre risultano murate a causa delle modifiche indotte dalla costruzione di nuove abitazioni o strade. La presenza di queste cavità, che rappresentano zone di debolezza per il versante roccioso, è diffusa, non solo in presenza dell'area di frana, ma anche della restante porzione di versante oggetto di intervento.

Il versante oggetto di intervento è un'area storicamente interessata da fenomeni di instabilità di varie dimensioni, infatti, oltre all'evento del Giugno 2011, descritto di seguito, si vuole segnalare che già in precedenza si era verificato uno smottamento analogo, in direzione Sud, per il quale era stato realizzato un intervento di messa in sicurezza tramite costruzione del muro di sostegno in pietrame e malta a monte di Via Garibaldi.

Evento 25 Giugno 2011

Il movimento franoso a seguito di intense precipitazioni si è sviluppato in corrispondenza della particella n. 396 andando a coinvolgere la sottostante particella n. 425, ove era presente un fabbricato in muratura monopiano, con conseguente crollo di una consistente porzione dello stesso; oltre a questo ha causato il danneggiamento degli edifici adiacenti, ad oggi ancora inagibili, e l'interruzione della viabilità sia lungo Via Garibaldi sia lungo la sottostante Strada Provinciale.

Facendo riferimento alla "Relazione geologica e geomorfologica" redatta dal Dott. Geol. Andrea Cola nel Luglio 2011, la nicchia di distacco ha avuto luogo nella parte sommitale delle vulcaniti che costituiscono la parte più facilmente erodibile ed alterabile, con presenza di fessurazioni che favoriscono la presenza e l'accumulo di acqua.

La parte apicale del distacco si è aperta in corrispondenza di linee di fessurazione profonde caratteristiche dei terreni a componente argillosa e in corrispondenza delle linee di debolezza esercitate dalla presenza di materiali più prettamente sabbiosi fortemente idrofili, che, in conseguenza di eventi meteorici abbondanti e conseguentemente ad una non buona regimazione delle acque operata nel terreno sovrastante la zona interessata dal crollo, hanno dato origine al cedimento. Il tutto è stato inoltre agevolato dalla presenza nelle fratture di apparati radicali, anche di una certa entità, che hanno favorito l'ampliamento delle fessure.

Fig. 3 - Vista dei luoghi precedentemente l'evento del Giugno 2011 (estratto Google Earth)

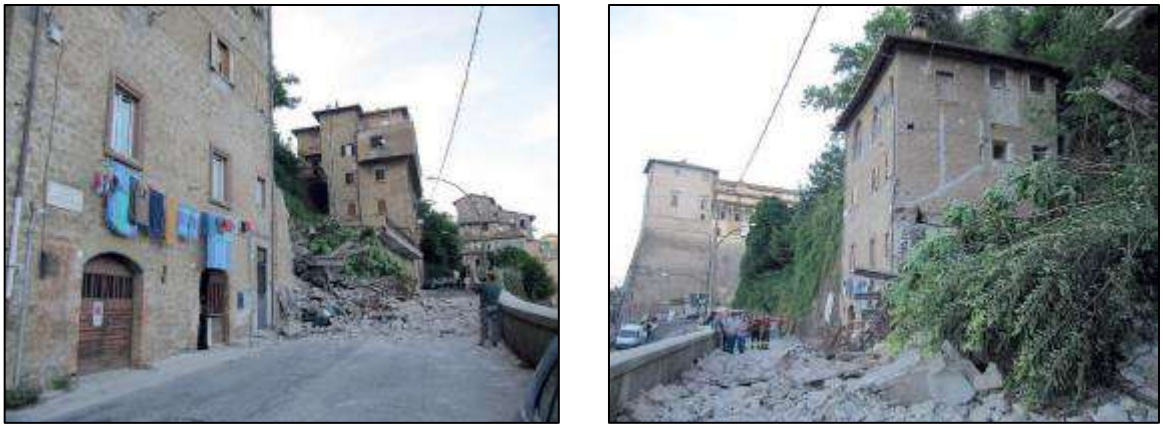


Fig. 4 - Evento franoso del Giugno 2011

Partendo dalla parte sommitale si osserva la presenza di

- terreno vegetale ricoperto da arbusti e alberi, taluni con un apparato radicale ben sviluppato, caratterizzato per i primi due metri da depressioni ed evidenze di detensionamento. Nella relazione del Geol. Cola si evidenzia inoltre la presenza di accumuli temporanei di acqua.

- proseguendo verso il basso si ha la presenza di tufo alterato, piroclastite alterata e piroclastite lapillosa e scoriacea. Nelle sezioni è indicata la presenza di una cavità tipica di queste aree, inaccessibile a causa del materiale accumulato alla base che non ne permette la verifica della stabilità. È stata inoltre riconosciuta la presenza di tre cavità, di cui non si conosce il punto di accesso, attraverso i sondaggi eseguiti alle spalle dell'edificio (n. 396). Il peso del ruolo delle cavità nella stabilità del versante è difficile da stabilire, poiché a causa del materiale accumulato non è stato possibile verificarne le condizioni e ricostruirne la geometria.

Fig. 5 - Vista della scarpata di frana in cui sono visibili le vulcaniti coinvolte e presenza di vegetazione con apparati radicali

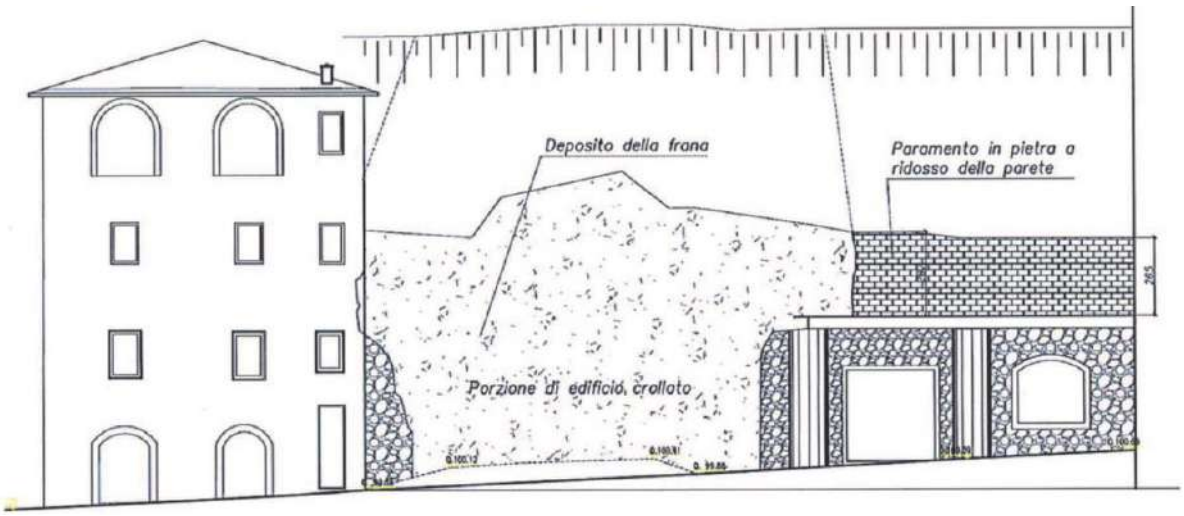


Fig. 6 - Schema della frana (Ing. Luciano Gioacchini e Ing. Marco Renzelli).

Dalla relazione dell'Ing. Gioacchini e dell'Ing. Renzelli è segnalata la presenza di un muro in pietra con uno spessore di 35/40 cm posto a rivestimento della scarpata (Figg seguenti). Il muro in origine non era posto a contatto con la parete e non era progettato dunque per resistere alla spinta del versante che nel tempo, a causa del deteriorarsi del materiale lapideo, ha occupato l'intercapedine fino ad arrivare al collasso del versante.

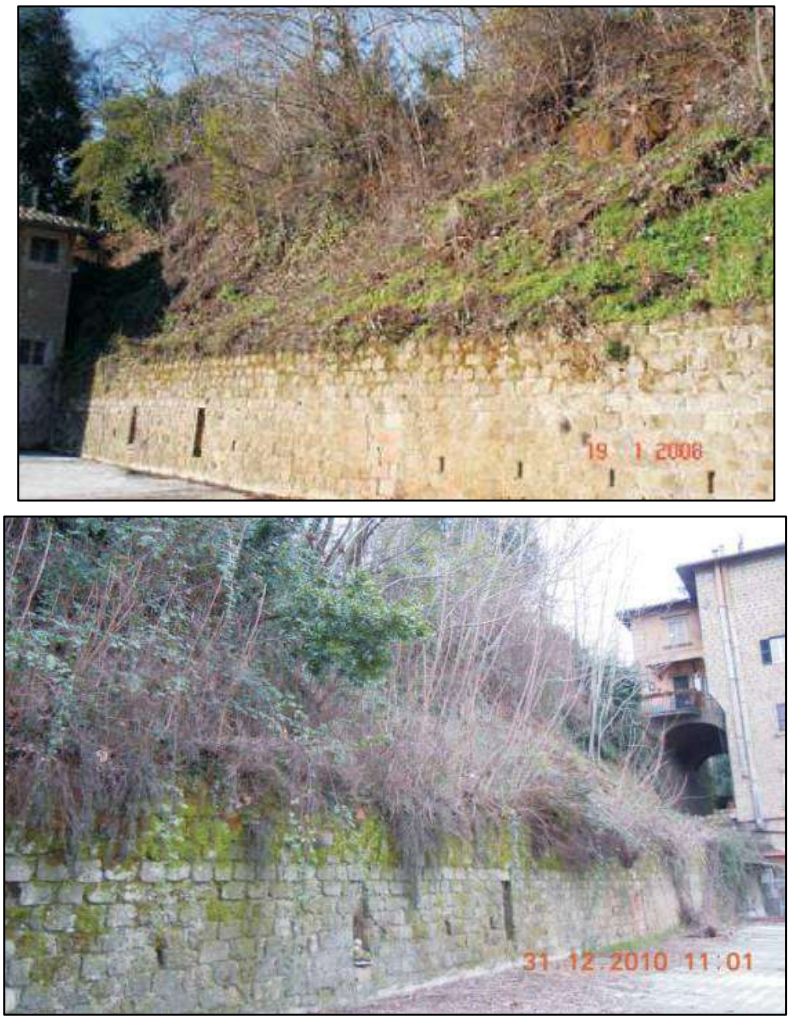


Fig. 7 - Muro in pietra a rivestimento della scarpata, prima dell'evento franoso (vista rispettivamente del 2008 e 2010)

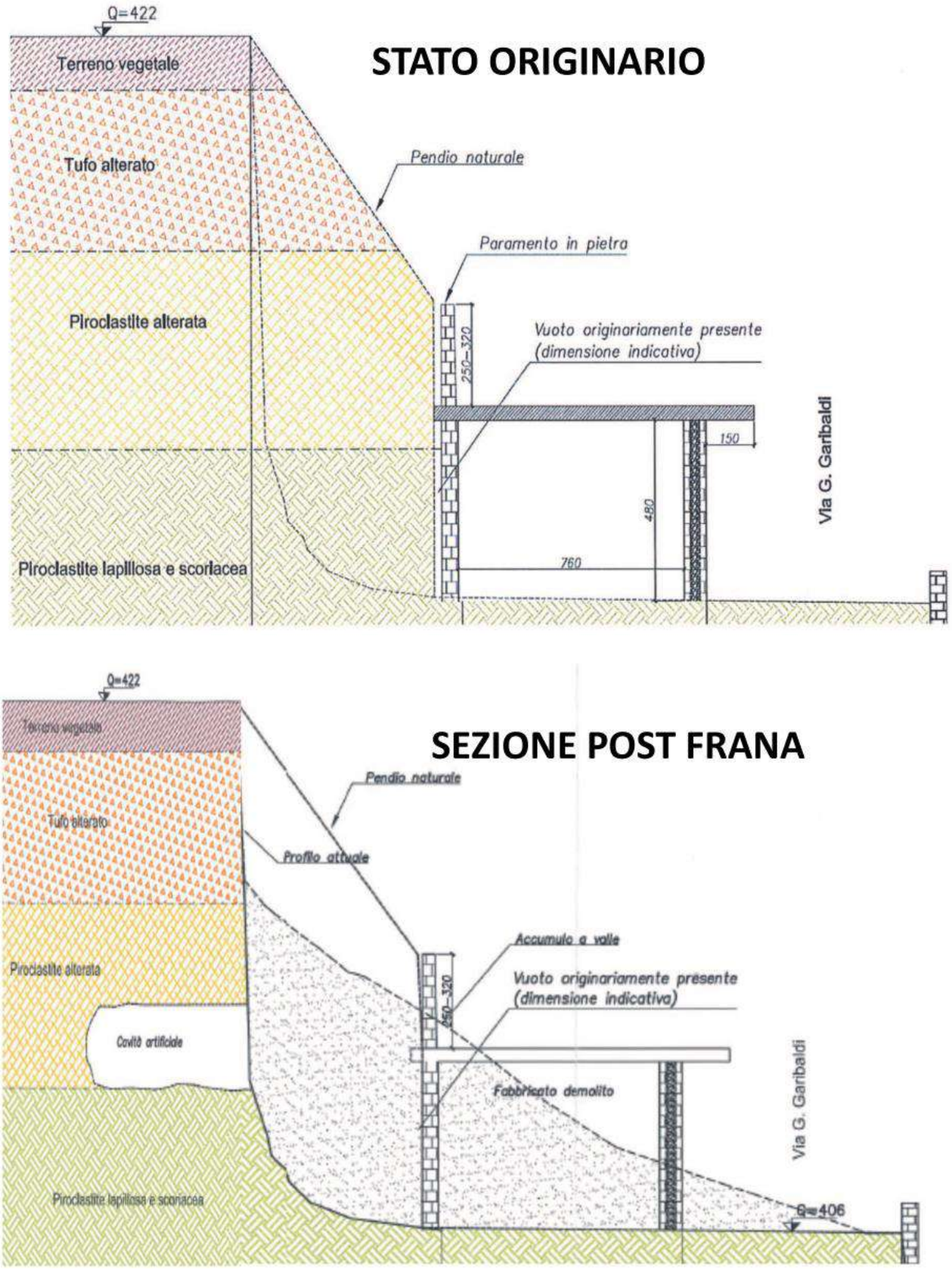


Fig. 7 - Sezioni pre e post frana (Ing. Gioacchini, Ing. Renzelli).

In seguito all'evento franoso del 2011 sono state eseguite diverse indagini al fine di individuare le caratteristiche del terreno e le dinamiche che hanno portato al collasso del versante. Inoltre attraverso le osservazioni di terreno e le indagini svolte, è stato possibile riconoscere e ricostruire parzialmente la geometria di diverse cavità scavate all'interno del versante. In particolare, è stato eseguito un rilievo mediante Laser Scanner che ha permesso di ottenere una descrizione geometrica dell'intero versante e delle cavità presenti ed attualmente accessibili. Nello studio sono state rilevate 15 cavità (6 lungo Via Fra Martino, 7 lungo Via Empolitana e 2 su Via Garibaldi).

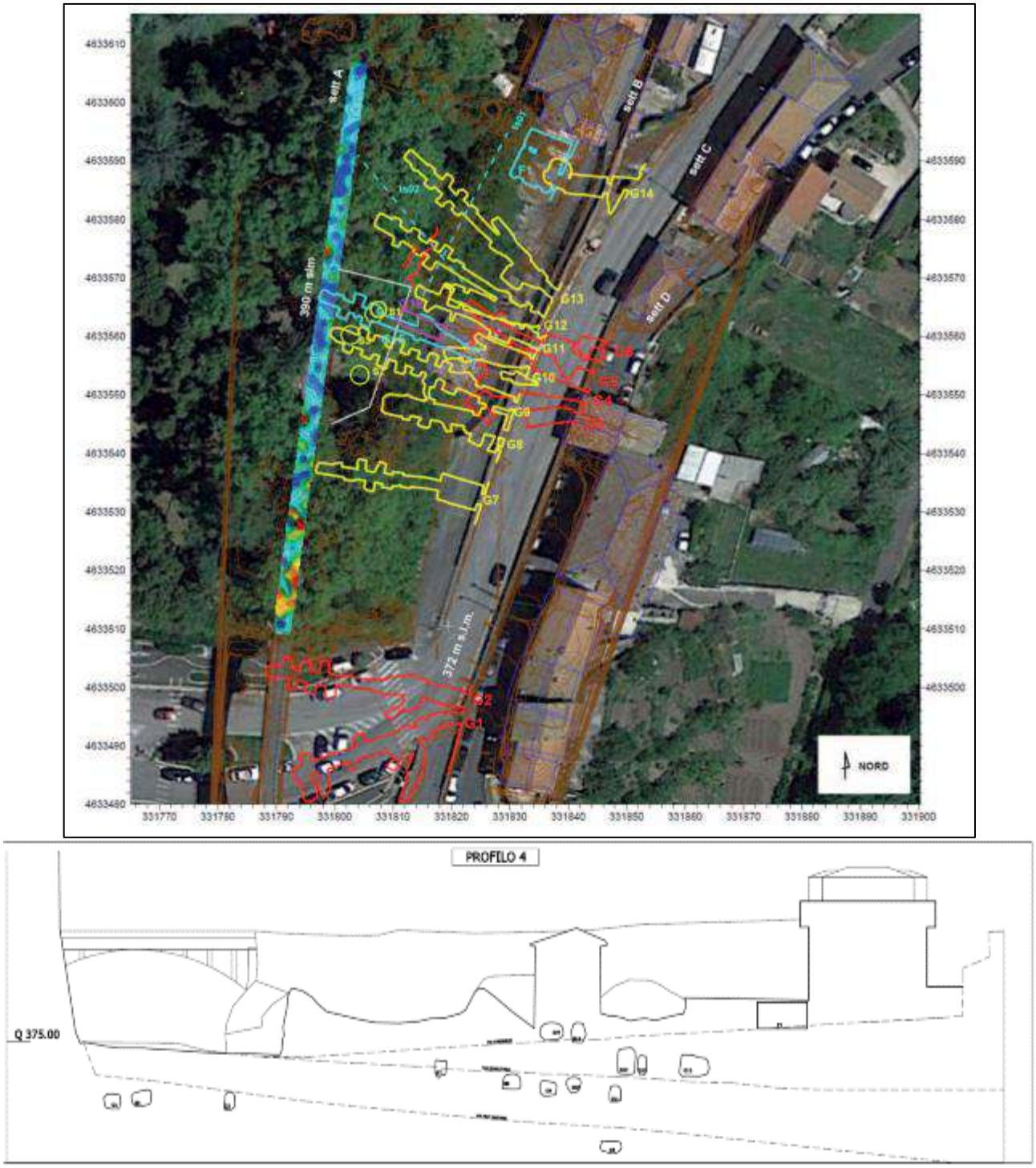


Fig. 8 - Planimetria delle cavità ottenute mediante il rilievo Laser Scanner e Profilo dell'area di studio con indicate le diverse cavità rilevate

CARATTERISTICHE GEOTECNICHE

PREMESSA

La definizione delle principali caratteristiche geotecniche e geofisiche dell'area in studio è stata effettuata sulla base delle seguenti indagini:

- n. 3 Sondaggi geognostici, con esecuzione di SPT e prelievo campioni
- n. 2 prospezioni di Sismica a rifrazione;
- n.2 prospezioni sismiche MASW
- tomografia elettrica 3D e rilievi laser scanner già menzionati ed i cui risultati sono stati riportati precedentemente

SONDAGGI GEOGNOSTICI

Alle spalle dell'abitazione parzialmente coinvolta sono stati eseguiti 3 sondaggi a carotaggio continuo, a secco con carotiere semplice, a cura del Geol. Cola. Il primo sondaggio S1 è stato eseguito fino ad una profondità di 22 metri, il secondo S2 e il terzo S3 fino ad una profondità di 11,90 metri. Dai sondaggi è emersa la presenza di tre cavità poste a profondità comprese tra i 9,20 – 9,70 metri ed i 11,50 -11,90 metri.

1) Primo strato: costituito da terreno vegetale con apparati radicali costituito da argilla limosa, di origine vulcanica molto consistente (sovraconsolidata), di colore marrone bruno. Nel secondo sondaggio sono stati ritrovati dei frammenti litici calcarei e porzioni granulari da poco a moderatamente addensati.

   γ (peso di volume naturale) = 18 kN/m^3
   φ (angolo di attrito) =30°
   C' (coesione drenata) = 0,3 Kg/cm^2

2) Il secondo strato è costituito da tufo alterato e pedogenizzato cineritico moderatamente addensato di colore marrone, granulometricamente assimilabile a un limo sabbioso argilloso con inclusi pomici, lapilli, mica, biotite ed altri minerali vulcanici

   γ (peso di volume naturale) = 16,5 kN/m^3
   φ (angolo di attrito) =26°
   C' (coesione drenata) = 0,2 Kg/cm^2

3) Il terzo strato è composto da piroclastite alterata incoerente e moderatamente addensata, granulometricamente assimilabile a sabbia limosa debolmente ghiaiosa; sono presenti pomici, scorie, leucite analcimizzata, bombe e minuti frammenti lavici

γ (peso di volume naturale) = 18 kN/m^3
φ (angolo di attrito) =29°
C' (coesione drenata) = 0,1 Kg/cm^2

4) Il quarto strato, raggiunto unicamente con il primo sondaggio, è formato da piroclastite lapilloso scoriacea da addensata a molto addensata di colore marrone grigio; granulometricamente è assimilabile a sabbia limoso-ghiaiosa con presenza di lapilli, scorie, lavici e pomici.

Di seguito si riporta uno schema riassuntivo degli spessori dei diversi litotipi incontrati nei sondaggi ed i valori delle prove SPT in foro.

	Spessore (m)		
	S1	**S2**	**S3**
Terreno vegetale	1,5	2,1	1,8
Tufo alterato	4,5	3,9	5,2
Piroclastite alterata	3,2	3,7	2,5
Cavità	2,5	2,2	2,4
Piroclastite lapillosa	-	-	-

Sondaggio	Profondità (m)	S.P.T.
S1	3	4-6-7
S1	6	5-8-15
S2	9	30-40-48
S3	5	5-8-11
S3	7	5-9-13

Nel precedente studio citato le principali cause del crollo sono in conclusione ricercate nell'incremento delle pressioni neutre, nell'alterazione e degradazione dei terreni che hanno causato la riduzione dei parametri di resistenza e nella decompressione del materiale litoide fratturato che non più trattenuto è crollato. Va ricordato inoltre che le fratture e gli apparati radicali entro le cavità suggeriscono possibili vie di infiltrazione con possibile accumulo temporaneo in occasione di eventi eccezionali specie nei livelli grossolani profondi, assieme alla perdita di resistenza per saturazione di tali materiali.

VIDEOISPEZIONI

In seguito ai sondaggi sono state eseguite delle video ispezioni per ricostruire la geometria e valutare la stabilità delle cavità. Tali cavità sono risultate dimensionalmente comparabili a quelle ispezionabili in altri settori, ma non se ne può valutare l'estensione. Tuttavia, sono stati osservati depositi di materiale sciolto all'interno delle stesse, oltre a discontinuità e presenza di radici. Tali osservazioni suggeriscono il realizzarsi di fenomeni di crollo localizzati e una connessione diretta con la superficie e quindi anche con le acque di infiltrazione.

In tutti e tre i sondaggi sono state osservate delle fratture:

- nel sondaggio S1 sono presenti discontinuità verticali tra 7 e 6 metri dal p.c. e da 6 a 4 metri;
- nel sondaggio S2 vi sono evidenze di fratture a 6 metri dal p.c.;
- nel sondaggio S3 le fratture sono presenti a 6, 4 e 2 metri dal p.c..

In tutte le video ispezioni le cavità presenti hanno mostrato segni di instabilità, dati dalla presenza di materiale accumulato, discontinuità e presenza di radici all'interno.

SISMICA A RIFRAZIONE E PROVA MASW

Nell'ambito dello studio del Geol. Cola sono state svolte indagini geofisiche tramite tecnica sismica a rifrazione e prova multicanale MASW. Sono stati effettuati due stendimenti incrociati, situati lungo il Parco degli Elcini alle spalle del versante collassato. Il primo stendimento ha direzione NE-SW e una lunghezza di 33 metri ed è stato eseguito con una distanza intergeofonica di 3 m. Il secondo ha orientazione NW-SE con lunghezza di 22 metri ed una distanza intergeofonica di 2 m. Per la registrazione delle misure sono stati effettuati 5 scoppi, di cui 2 esterni e 3 interni allo stendimento. Dalle indagini geofisiche è emersa la presenza di quattro strati, i primi tre rilevati tramite sismica a rifrazione ed il quarto tramite MASW.

TOMOGRAFIA ELETTRICA 3D E RILIEVO LASER SCANNER

In totale sono stati eseguiti 12 stendimenti elettrici da cui si osserva la presenza di diverse anomalie legate alla presenza di cavità, terreni scarsamente addensati o rimaneggiati e cavità con sviluppo verso l'alto. La tomografia elettrica è in accordo con le evidenze ottenute dalle precedenti indagini, si osserva infatti, in corrispondenza delle cavità riconosciute durante i sondaggi, un'anomalia di resistività (da -9 a -12 metri dal piano campagna).

Congiuntamente alla tomografia elettrica è stato eseguito un rilievo laser eseguita con un laser scanner TopConGLS-2000, al fine di ottenere una nuvola di punti che includesse al suo interno le geometrie delle cavità. È stato possibile rilevare in questo modo le 15 cavità che sono state precedentemente descritte.

SISMICITA' DELL'AREA

CONSIDERAZIONI SUL COMPORTAMENTO SISMICO DEI TERRENI DI FONDAZIONE

DEFINIZIONE DELL'AZIONE SISMICA

La definizione dell'azione sismica di progetto è calcolata in conformità alle disposizioni dell'attuale Decreto Ministeriale "17 Gennaio 2018" che identifica nuovi criteri per l'identificazione della accelerazione orizzontale massima al sito, categoria di suolo di fondazione e dell'accelerazione massima orizzontale del terreno.

COORDINATE

In Base al Decreto Ministeriale 17 Gennaio 2018 il valore di accelerazione massima sul suolo ag è identificato per diversi stati limite su un reticolo a maglia inferiore a 10 Km.
Le coordinate del sito in esame sono le seguenti:
Lat. 41.836173° Lon. 12.974599° (WGS84)

CATEGORIA DI SUOLO DI FONDAZIONE E CATEGORIA TOPOGRAFICA

In base al Decreto Ministeriale 17 Gennaio 2018 la classificazione del sottosuolo di fondazione si esegue in base ai valori della velocità equivalente Vsh calcolata fino alla profondità del bedrock sismico. Per le fondazioni superficiali, tale profondità è riferita al piano di imposta delle stesse, mentre per le fondazioni su pali è riferita alla testa dei pali.
In ottemperanza alla sopra citata normativa, il suolo di fondazione è classificato in base al valore Vsh corrispondente alla velocità di propagazione delle onde S fino alla profondità del bedrock sismico
Il suolo di fondazione può essere classificato nella **Categoria di suolo C.**
Per l'area in esame si può adottare la **Categoria Topografica T2**, con St= 1,2.

ALLEGATI

Allegato 1 – Carta Topografica- scala 1:25.000

Allegato 2 – Corografia Generale - scala 1:10.000

Allegato 3 - Carta Geologica - scala 1:5.000

Allegato 4 – Indagini geognostiche e geofisiche pregresse

CARTA TOPOGRAFICA

Foglio N°151 I.G.M.

Tavoletta IV SO

SCALA 1:25.000

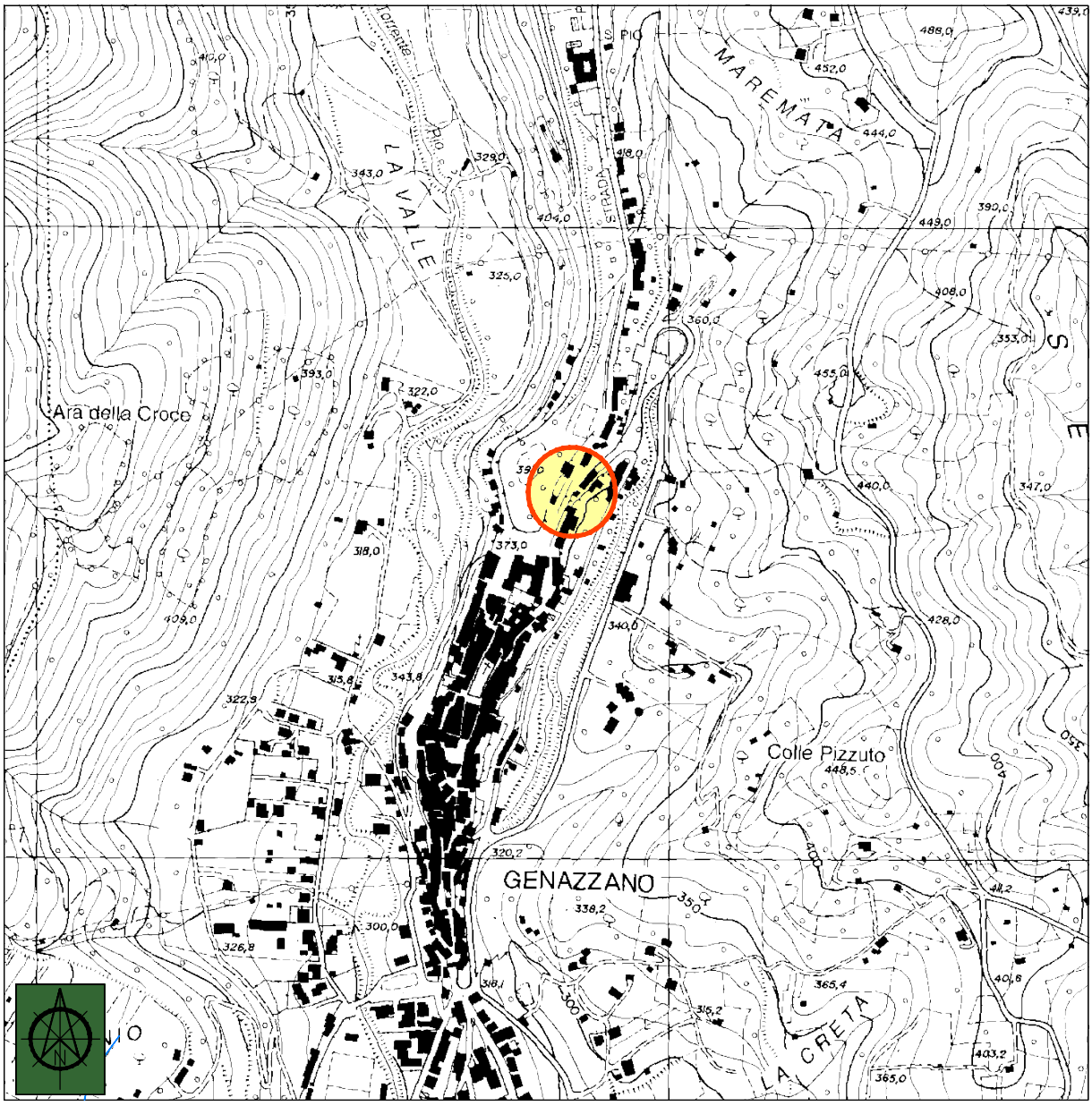
LEGENDA

UBICAZIONE AREA DI INDAGINE

ALLEGATO 1

COROGRAFIA GENERALE
STRALCIO C.T.R.
SEZ.
"375160"

SCALA 1:10.000



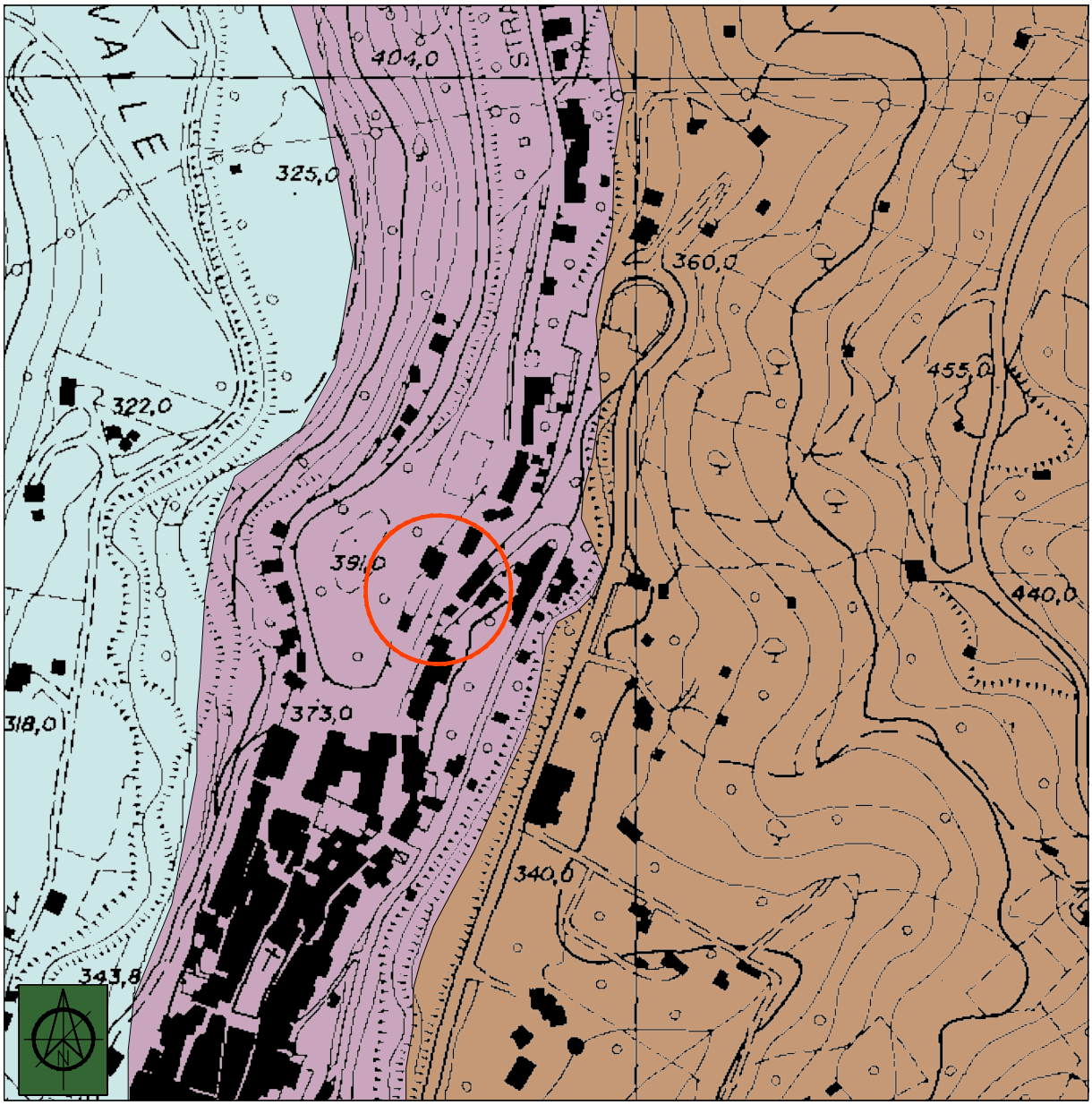
LEGENDA

UBICAZIONE AREA DI INDAGINE

ALLEGATO 2

CARTA GEOLOGICA

SCALA 1:5.000



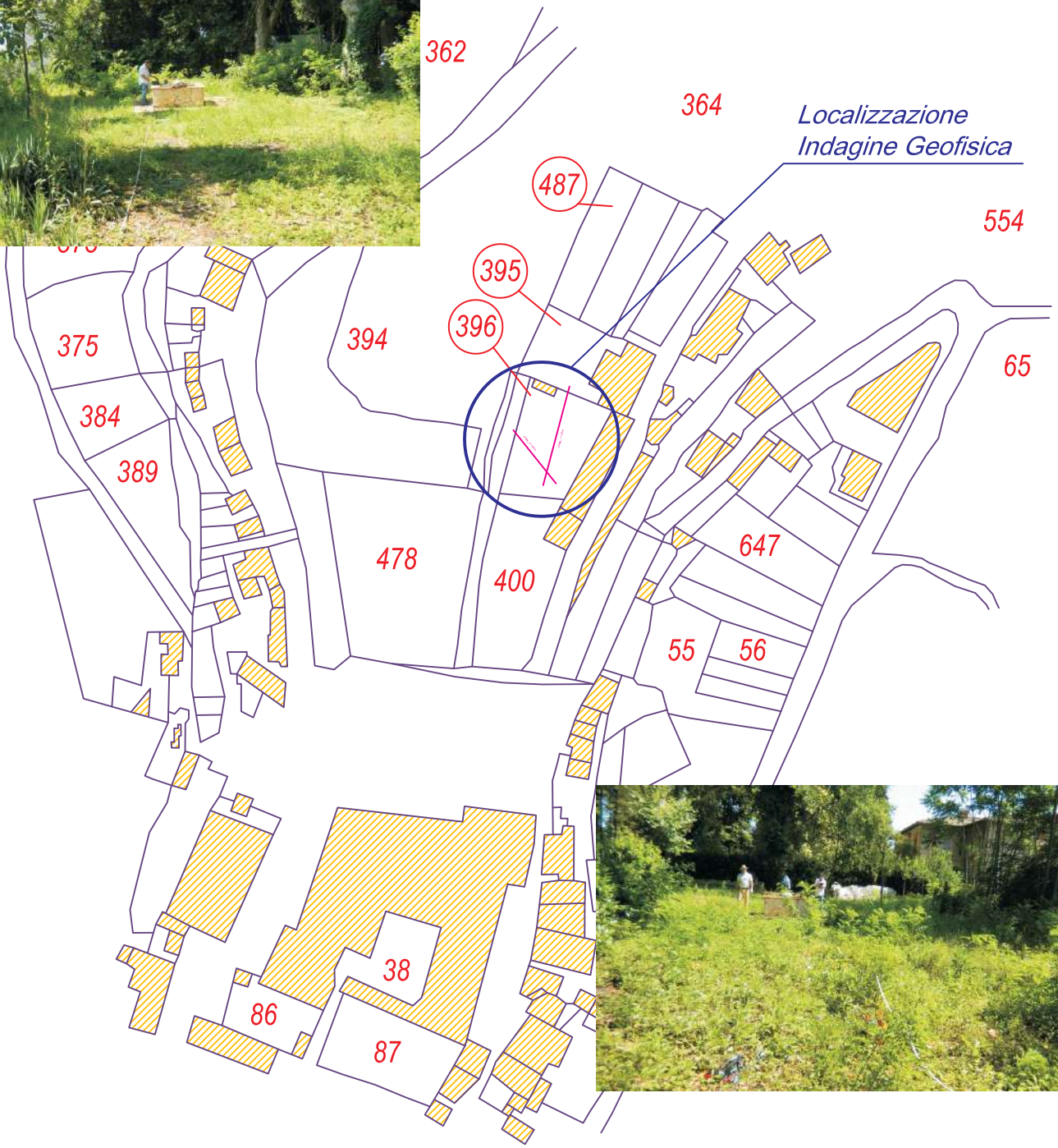
LEGENDA

Depositi alluvionali recenti

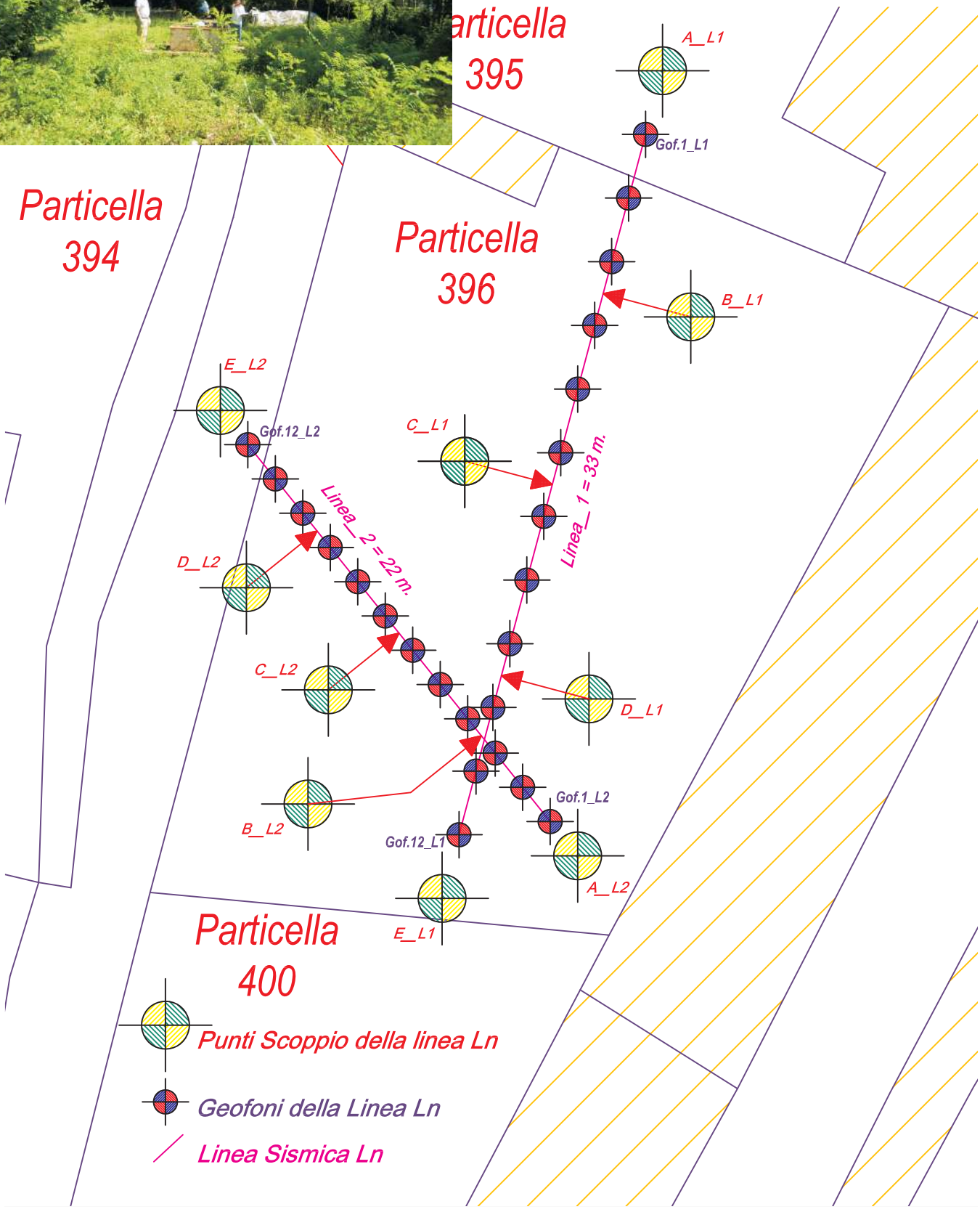
POZZOLANE ROSSE – RED
Deposito piroclastico massivo e caotico di colore da viola a grigio scuro

UNITA' ARENACEO–PELITICA
Arenarie in strati da spessi a molto spessi o massive, alternate a livelli pelitici

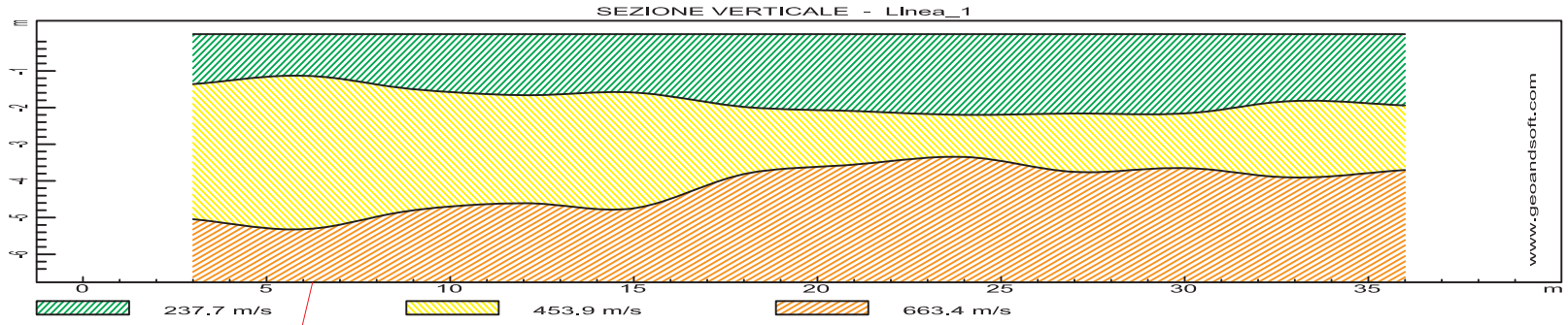
ALLEGATO 3

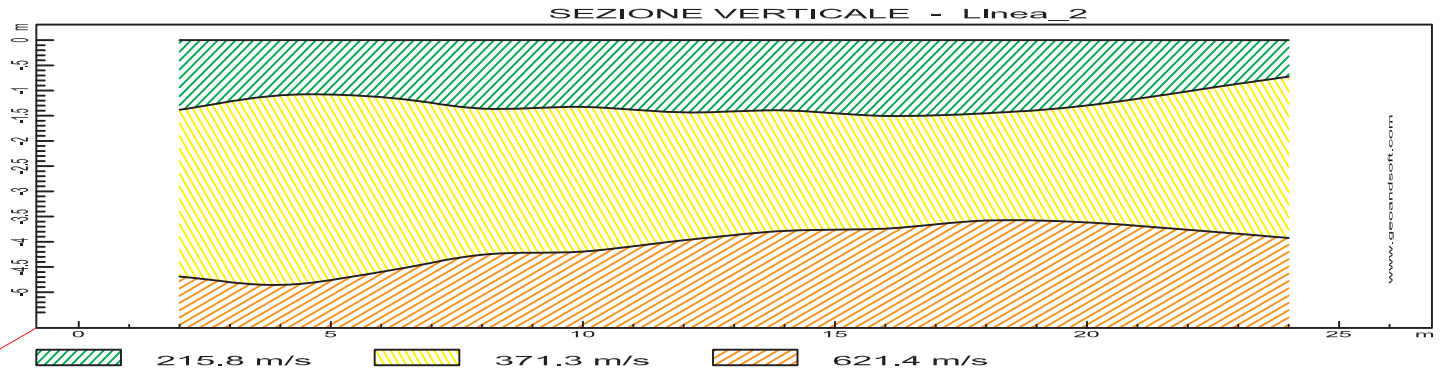


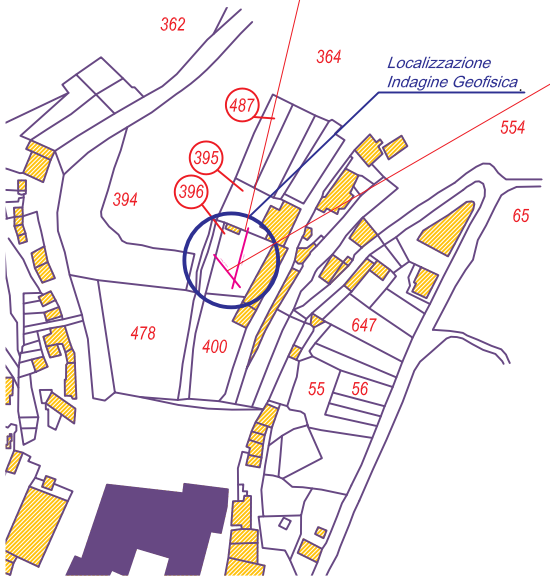
PLANIMETRIA DELLE PROVE SISMICHE ESEGUITE
scala 1:2000

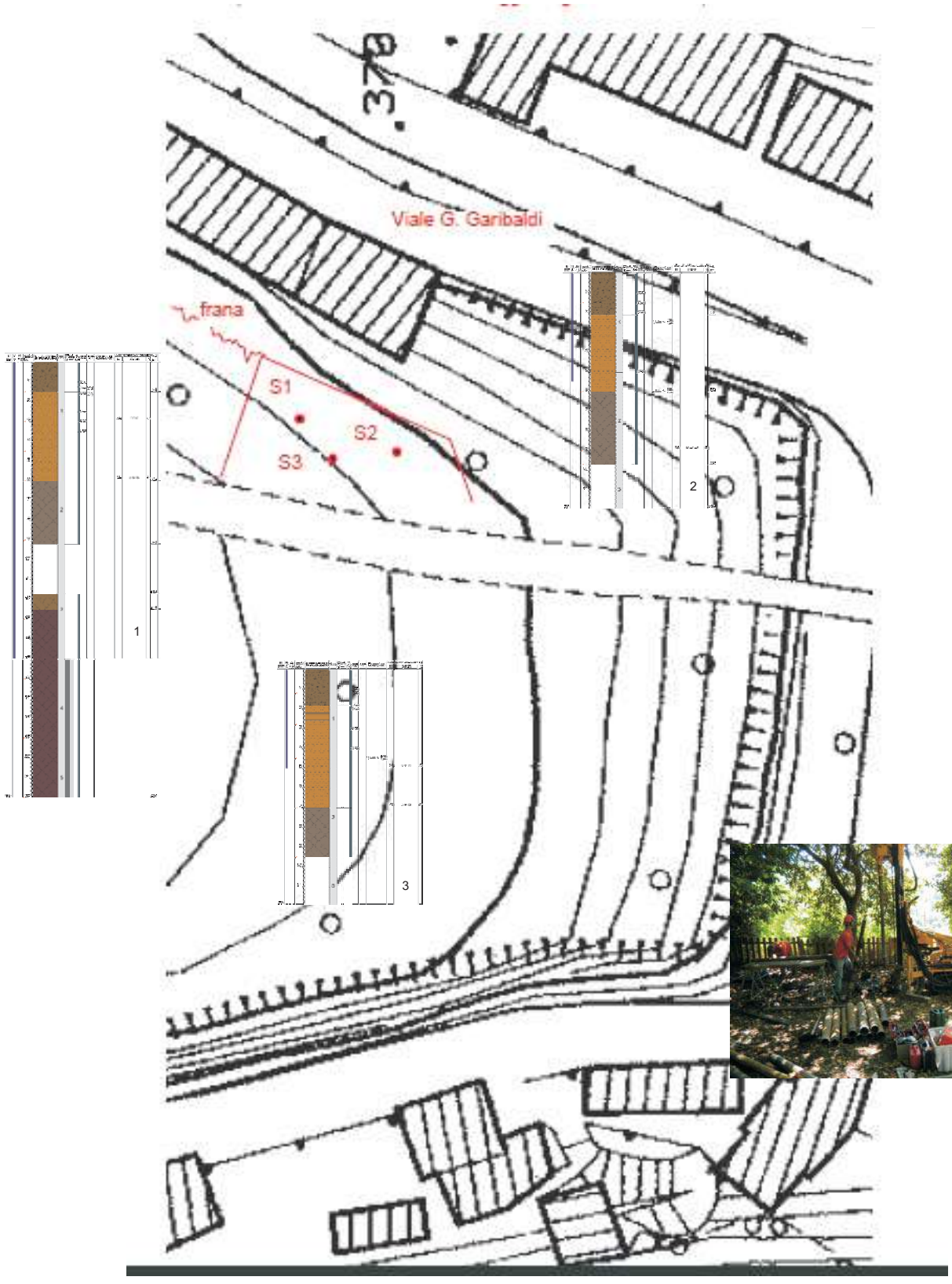


UBICAZIONE LINEE SISMICHE ESEGUITE
scala 1:250

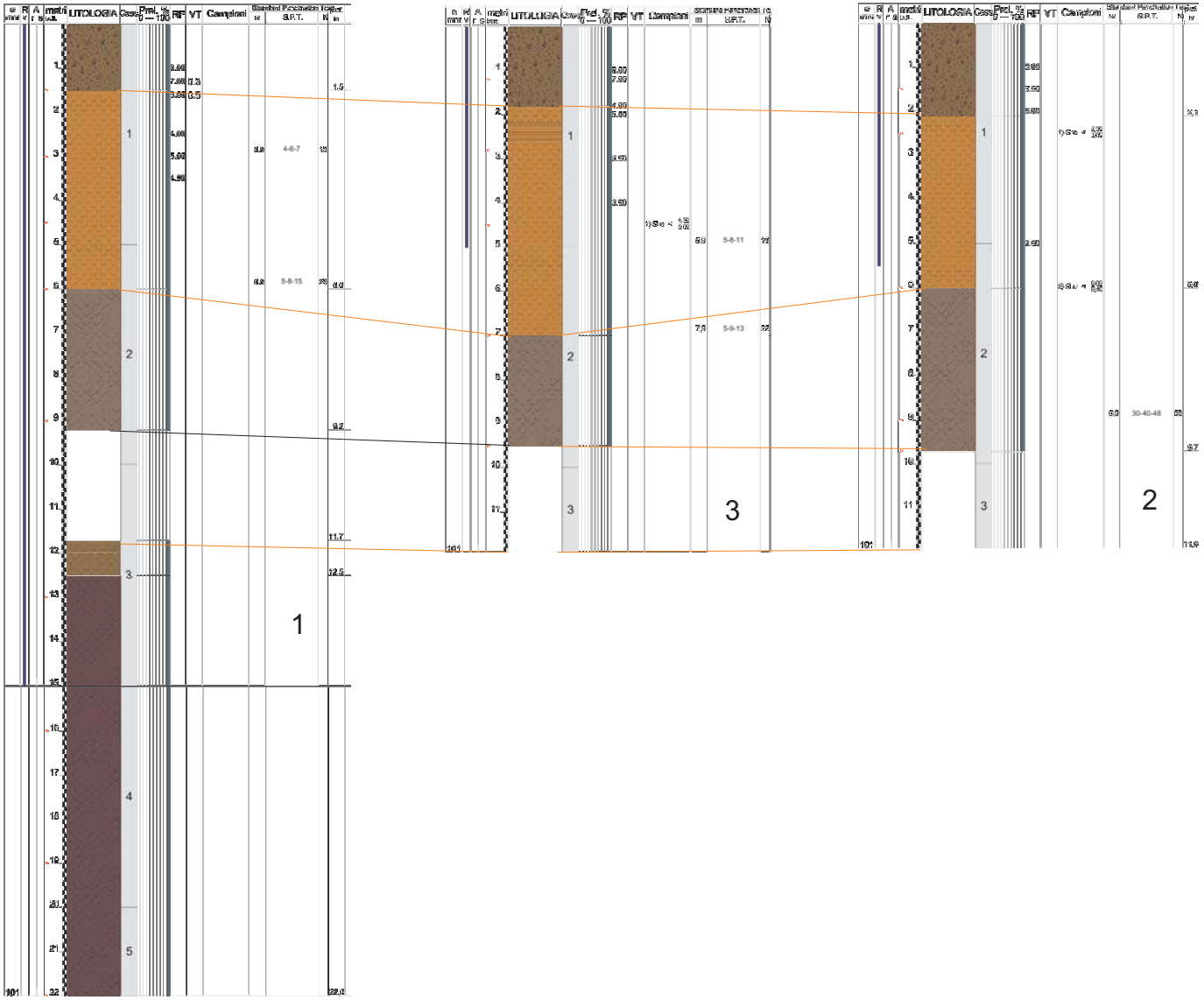

SEZIONE VERTICALE - LInea_1
m
0
-1
-2
-3
-4
-5
-6
0
5
10
15
20
25
30
35
m
www.geoandsoft.com
237.7 m/s
453.9 m/s
663.4 m/s

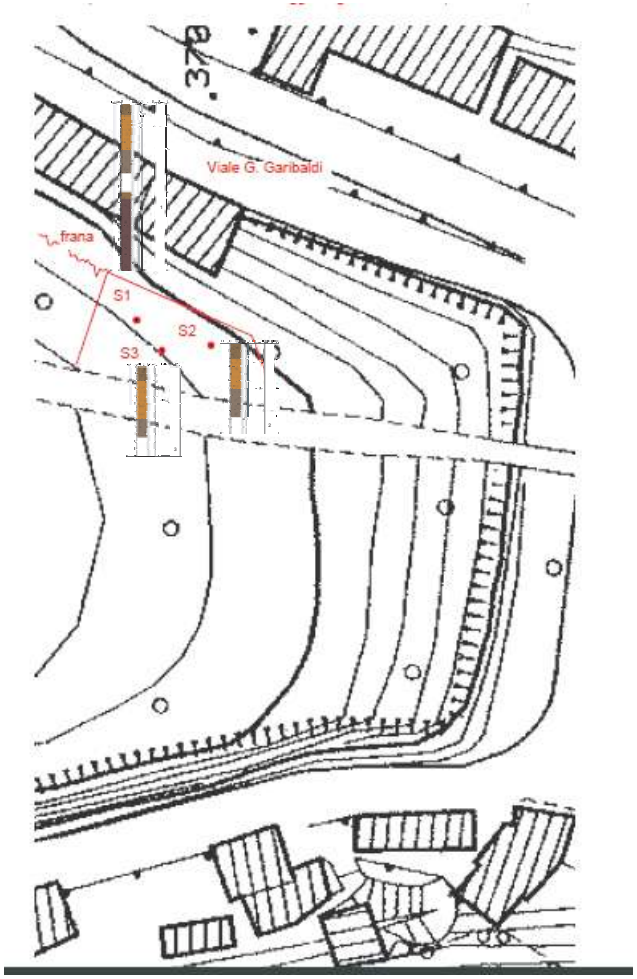

SEZIONE VERTICALE - LInea_2
0 m
-0.5
-1
-1.5
-2
-2.5
-3
-3.5
-4
-4.5
-5
0
5
10
15
20
25
m
www.geoandsoft.com
215.8 m/s
371.3 m/s
621.4 m/s

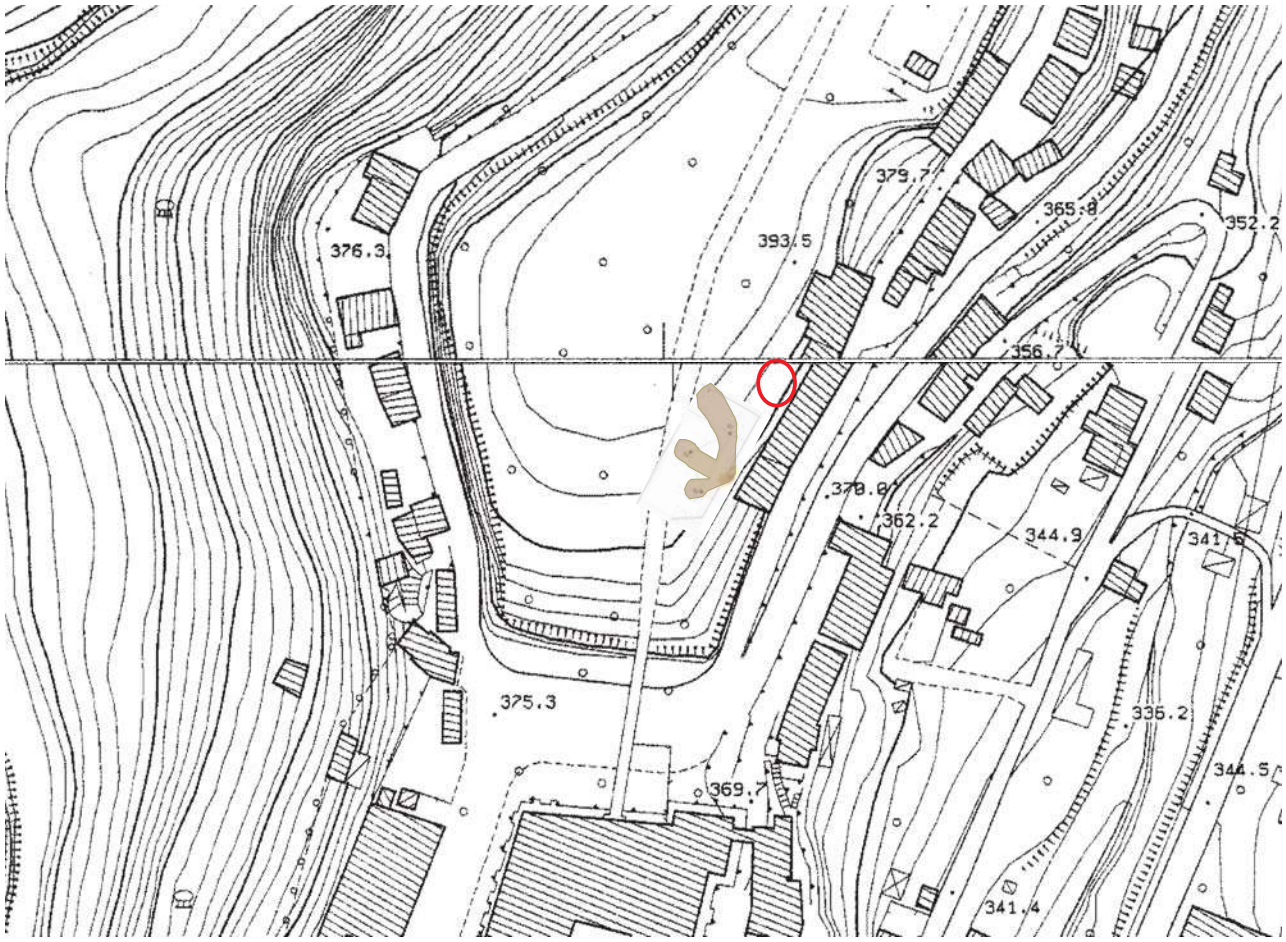

362
364
Localizzazione
Indagine Geofisica
487
554
395
396
394
65
478
400
647
55
56

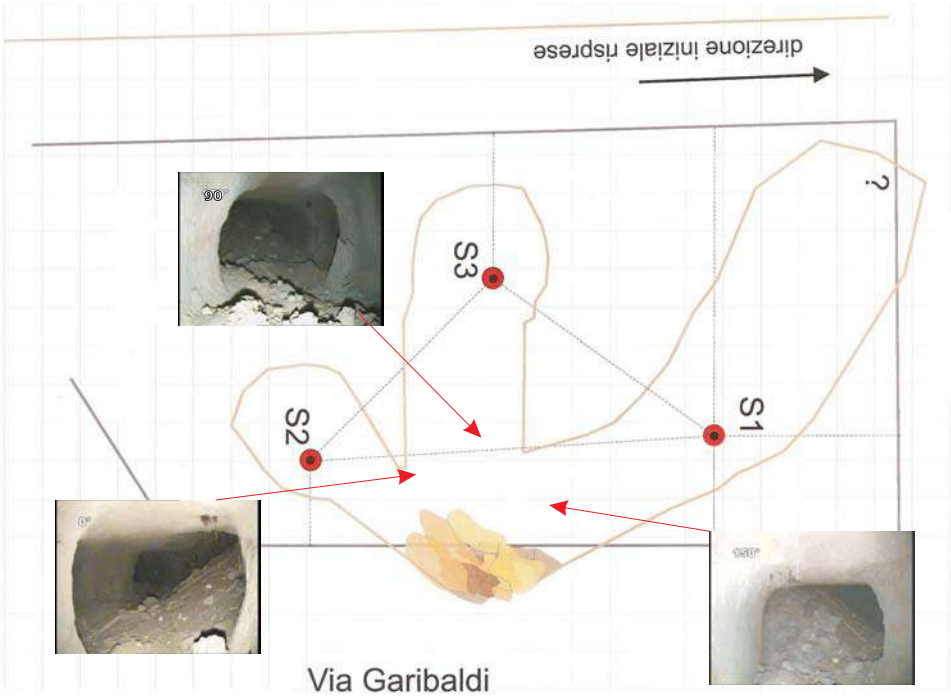


POSIZIONAMENTO SONDAGGI ESEGUITI
scala 1:500


1
3
2


370
Viale G. Garibaldi
frana
S1
S2
S3





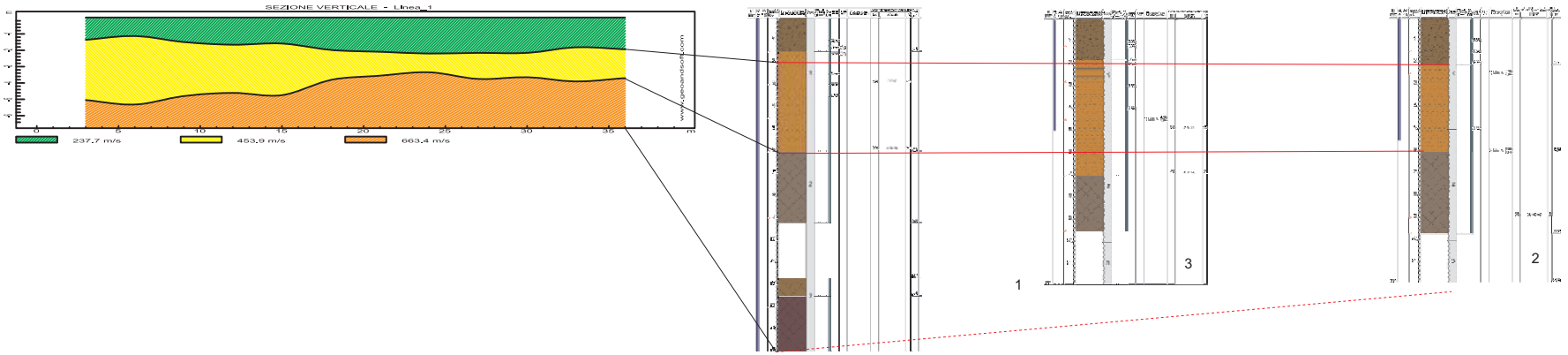
ANDAMENTO CAVITA' RILEVATE
NEI SONDAGGI ESEGUITI
scala 1:2000

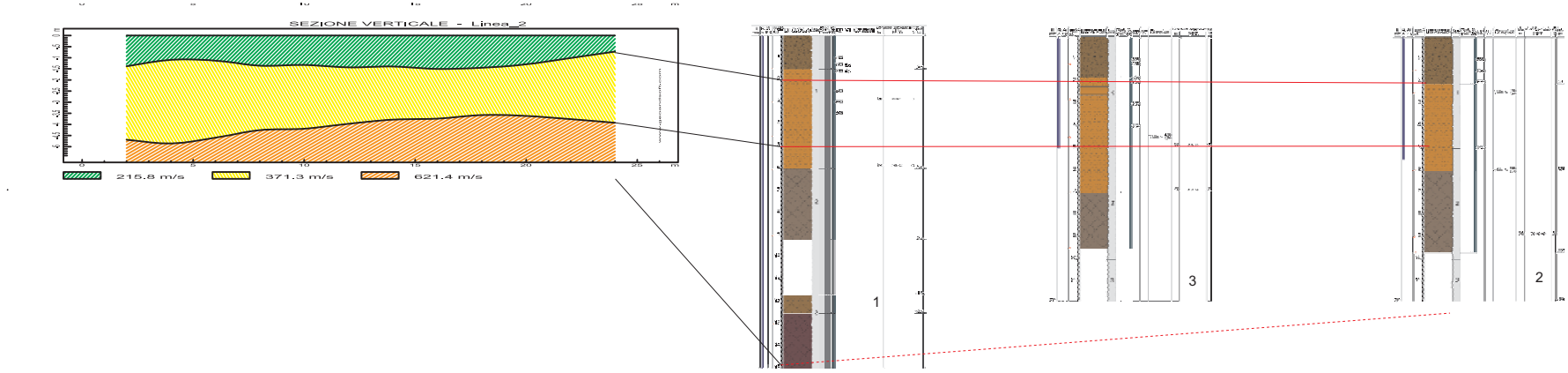
SONDAGGIO 1

SONDAGGIO 2

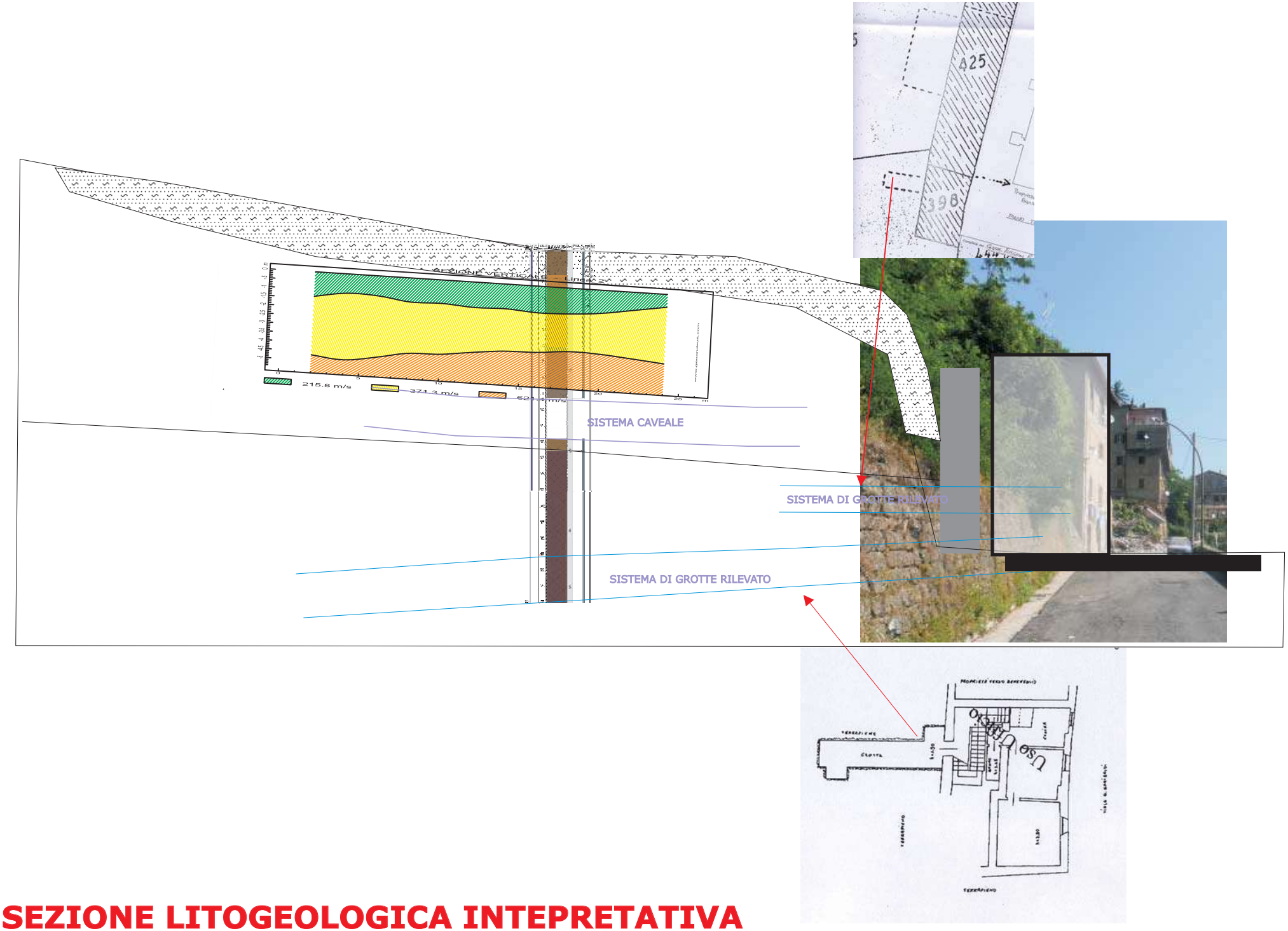
SONDAGGIO 3

ESTRATTI DA VIDEO ISPEZIONI





CORRELAZIONI TRA SONDAGGI E LINEE SISMICHE
scala 1:300



SEZIONE LITOGEOLOGICA INTEPRETATIVA
scala 1:300

www.tecnogeo.eu

MOVIMENTO FRANOSO VIALE G. GARIBALDI GENAZZANO (ROMA)
DOTT. GEOL. ANDREA COLA

INDAGINI GEOGNOSTICHE E VIDEOISPEZIONI CAVITA'

COMMESSA N° 18/2011 del 14/07/2011

CONSEGNA: LUGLIO 2011

TECNOGEO s.n.c.
Via Plotino, 31 Roma Tel. 06 650.004.74

INDICE

- PREMESSA
- INDAGINI ESEGUITE

Allegati:

- Stralcio planimetrico ubicazione sondaggi
- Stralcio planimetrico con la rappresentazione dei sondaggi e del sistema caveale rilevato
- Stratigrafie Sondaggi
- Documentazione Fotografica
- Fermo immagine video ispezioni cavità
- DVD con il filmato delle video ispezioni

PREMESSA

Su richiesta del Dott. Geol. Andrea Cola, a monte del fenomeno franoso che ha coinvolto due fabbricati ubicati in V. le G. Garibaldi nel Comune di Genazzano, sono stati eseguite indagini geognostiche mediante sondaggi a carotaggio continuo. Inoltre, a seguito delle cavità intercettate con le perforazioni, si è reso necessario l'uso di microcamera per video ispezioni al fine di rilevare l'effettiva estensione e lo stato delle gallerie.

L' indagine è stata effettuata in conformità alle direttive riportate nel D.M. del 21 gennaio 1981 e nel D.M. del 11 marzo 1988, in ogni modo, secondo le raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche dell'Associazione Geotecnica Italiana (A.G.I.).

INDAGINI ESEGUITE

Al fine di indagare i terreni posti immediatamente a monte del corpo franoso, all'interno della villa comunale (vedi planimetrie allegate), sono stati eseguiti tre **sondaggi geognostici** (S1, S2 ed S3) a carotaggio continuo e le profondità di escavazione, rispetto al piano campagna, raggiungo - 22,00 m (S1) e - 11,90 m (S2 ed S3) .

Nel corso dei sondaggi sono state eseguite 5 **prove penetrometriche SPT** (Standard Penetration Test) che hanno consentito di caratterizzare l'addensamento dei vari litotipi granulari intercettati; tale prova consiste nel misurare i colpi necessari

all'infissione a percussione di una punta campionatore di forma e dimensioni normalizzate per un tratto di terreno della lunghezza di 30 cm. I risultati delle prove S.P.T. sono riportati nelle stratigrafie allegate.

Oltre alle prove SPT sono stati prelevati nella porzione di terreno più superficiale, alterata e pedogenizzata, 3 **campioni indisturbati**; tali campioni restano a disposizione per eventuali prove geotecniche di laboratorio se richieste.

L'attrezzatura di perforazione (sonda Beretta T46 montata su carro con cingoli gommati) ha operato utilizzando il sistema tradizionale aste e carotiere che ha consentito di ottenere una percentuale di carotaggio del 100 %; il materiale estratto è stato opportunamente sistemato in cassette catalogatrici, fotografato e descritto secondo le stratigrafie allegate.

Nel corso delle perforazioni, in tutti e tre i sondaggi, a partire dalle profondità di 9,20 ÷ 9,70 m sino le profondità di 11,50÷11,90 m sono stati riscontrati vuoti riconducibili alla presenza di una o più gallerie.

A seguito dei vuoti intercettati in data 17/07/2011 (sondaggio S1) e 20/07/ 2011 (sondaggi S2 ed S3) sono state eseguite videoispezioni con microcamera da foro per il rilevamento del sistema caveale.

Le videoispezioni sono state condotte con microcamere digitale SONY ad alta definizione e per l'illuminazione è stata impiegata una lampada alogena di 400 W di potenza.

Il sistema di ripresa è stato introdotto nel foro utilizzando aste di alluminio di 2 m di lunghezza centimetrate in modo da rilevare la profondità con la massima precisione.

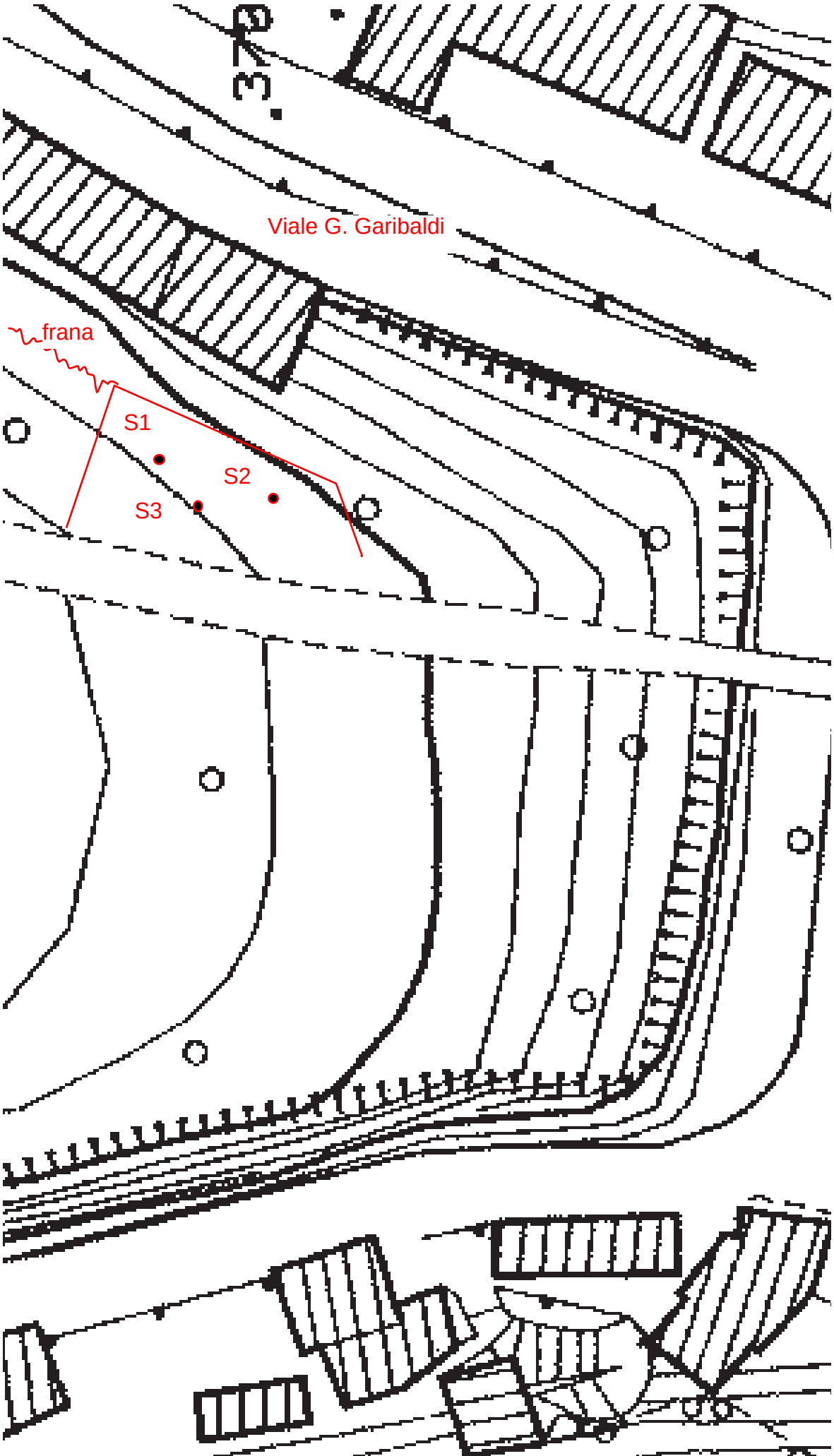
In superficie le aste sono state rese solidali con un goniometro in modo da stabilire in continuità la direzione dell'inquadratura.

In allegato si riporta l'ubicazione ed alcuni fermo immagine delle gallerie rilevate.

I filmati completi delle video ispezioni eseguite sono riportati nel DVD allegato.

MOVIMENTO FRANOSO V.LE G. GARIBALDI - GENAZZANO (ROMA)

Stralcio planimetrico ubicazione Sondaggi eseguiti S1, S2, S3 (scala 1: 500)



Tecno Geo s.n.c.
Via Plotino. 31 Roma tel. fax 06 650 00 474

Certificato n° 206 del 25/07/2011	Verbale di accettazione n° 18/2011 del 14/07/2011	Commessa: 18/2011

Committente: Dott. Geol. Andrea Cola	Sondaggio: S1
Riferimento: Movimento franoso presso V.le G. Garibaldi Genazzano (Roma)	Data: 15/07/2011
Coordinate:	Quota:
Perforazione: Carotaggio continuo a secco, con carotiere semplice. Unità Operativa 01 (Beretta T46)	

SCALA 1 :75

STRATIGRAFIA - S1

ø mm	Rv	Ar	As	metri batt.	LITOLOGIA	Cass.	Prel. % 0 --- 100	RP	VT	Campioni	Standard Penetration Test m	S.P.T.	N	prof. m	DESCRIZIONE
				1				6.00						1,5	Terreno vegetale: argilla limosa con apparati radicali, di origine vulcanica molto consistente; di colore marrone bruno. Sovraconsolidato.
								7.00	0.3						
								3.80	0.5						
				2		1		4.00							Tufo alterato e pedogenizzato cineritico, granulometricamente assimilabile a limo sabbioso argilloso con inclusi pomici, lapilli, mica, biotite ed altri minerali vulcanici. Moderatamente addensato; di colore marrone.
				3				5.00			3,0	4-6-7	13		
				4				4.50							
				5											
				6							6,0	5-8-15	23	6,0	
				7		2									Piroclastite alterata; granulometricamente assimilabile a sabbia limosa debolmente ghiaiosa, presenti pomici, scorie, leucite analcimizzata, bombe e minuti frammenti lavici. Incoerente, moderatamente addensata; di colore marrone grigio.
				8											
				9										9,2	
				10											Vuoto (galleria).
				11										11,7	
				12		3									Materiale vulcanico rimaneggiato, assimilabile da 11.70 a 12.00 m a tufo pedogenizzato e da 12.00 a 12.50 m a piroclastite lapillosa; di colore grigio.
				13										12,5	Piroclastite lapilloso scoriacea, granulometricamente assimilabile a sabbia limoso ghiaiosa, presenti lapilli, scorie, lavici, pomici. Debolmente saldata, da addensata a molto addensata. Di colore marrone grigio.
				14											
				15											

Il Responsabile di sito
Dott.Geol. Costantino Luci

Il Direttore
Dott.Geol. Costantino Luci

Tecno Geo s.n.c.
Via Plotino. 31 Roma tel. fax 06 650 00 474

Certificato n° 206 del 25/07/2011	Verbale di accettazione n° 18/2011 del 14/07/2011	Commessa: 18/2011

Committente: Dott. Geol. Andrea Cola	Sondaggio: S1
Riferimento: Movimento franoso presso V.le G. Garibaldi Genazzano (Roma)	Data: 15/07/2011
Coordinate:	Quota:
Perforazione: Carotaggio continuo a secco, con carotiere semplice. Unità Operativa 01 (Beretta T46)	

SCALA 1 :75

STRATIGRAFIA - S1

ø mm	Rv	Ar	As	metri batt.	LITOLOGIA	Cass.	Prel. % 0 --- 100	RP	VT	Campioni	Standard Penetration Test m	S.P.T.	N	prof. m	DESCRIZIONE
101				16 17 18 19 20 21 22		4 5								22,0	Piroclastite lapilloso scoriacea, granulometricamente assimilabile a sabbia limoso ghiaiosa, presenti lapilli, scorie, lavici, pomici. Debolmente saldata, da addensata a molto addensata. Di colore marrone grigio.

Rilievo del livello dell'acqua nel corso della perforazione

Giorno	18/07/11									
Ora	mattina									
Livello dell'acqua (m)	assente									
Prof. perforazione(m)	22,00									
Prof. rivestimento(m)	15,00									

Il Responsabile di sito
Dott.Geol. Costantino Luci

Il Direttore
Dott.Geol. Costantino Luci

Tecno Geo s.n.c.
Via Plotino, 31 Roma tel. fax 06 650 00 474

Committente: Dott. Geol. Andrea Cola	Sondaggio: S1
Riferimento: Movimento franoso presso V.le G. Garibaldi Genazzano (Roma)	Data: 15/07/2011

Postazione sondaggio S1

Cassetta n° 1 - profondità da m 0,00 a m 5,00

Tecno Geo s.n.c.
Via Plotino, 31 Roma tel. fax 06 650 00 474

Committente: Dott. Geol. Andrea Cola	Sondaggio: S1
Riferimento: Movimento franoso presso V.le G. Garibaldi Genazzano (Roma)	Data: 15/07/2011

Cassetta n° 2 - profondità da m 5,00 a m 10,00

Cassetta n° 3 - profondità da m 10,00 a m 15,00

Tecno Geo s.n.c.
Via Plotino, 31 Roma tel. fax 06 650 00 474

Committente: Dott. Geol. Andrea Cola	Sondaggio: S1
Riferimento: Movimento franoso presso V.le G. Garibaldi Genazzano (Roma)	Data: 15/07/2011

Cassetta n° 4 - profondità da m 15,00 a m 20,00

Cassetta n° 5 - profondità da m 20,00 a m 25,00

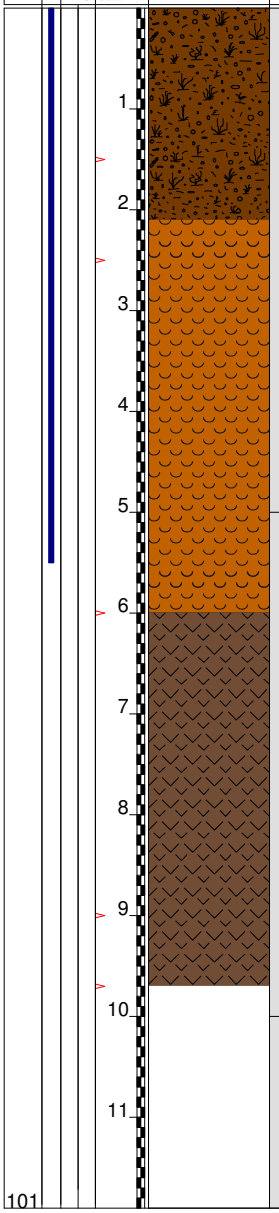
Tecno Geo s.n.c.
Via Plotino. 31 Roma tel. fax 06 650 00 474

Certificato n° 207 del 25/07/2011	Verbale di accettazione n° 18/2011 del 14/07/2011	Commessa: 18/2011

Committente: Dott. Geol. Andrea Cola	Sondaggio: S2
Riferimento: Genazzano, frana V.le Garibaldi	Data: 18/07/2011
Coordinate:	Quota:
Perforazione: carotaggio continuo a secco, con carotiere semplice.Beretta T46, unità operativa 02.	

SCALA 1 :75

STRATIGRAFIA - S2



DESCRIZIONE

Terreno vegetale: argilla limosa con apparati radicali e frammenti litici calcarei fino ad 1,50 mt; di origine vulcanica molto consistente (sovraconsolidato).
Colore marrone bruno.
Presenti tratti maggiormente granulari da poco a moderatamente addensati:
0.00÷0.50 mt;
1.00÷1.50 mt.

Tufo alterato e pedogenizzato cineritico, granulometricamente assimilabile a limo sabbioso argilloso con inclusi pomici, lapilli, mica biotite ed altri minerali vulcanici.
Moderatamente addensato; di colore marrone.

Piroclastite alterata; granulometricamente assimilabile a sabbia limosa debolmente ghiaiosa;presenti pomici, scorie, leucite analcimizzata, bombe e minuti frammenti lavici.
Incoerente, da addensata a molto addensata; di colore marrone grigio.

Vuoto (galleria).

Rilievo del livello dell'acqua nel corso della perforazione

Giorno	19/07/11										
Ora	mattina										
Livello dell'acqua (m)	assente										
Prof. perforazione(m)	11,90										
Prof. rivestimento(m)	5,50										

Il Responsabile di sito
Dott.Geol. Costantino Luci

Il Direttore
Dott.Geol. Costantino Luci

Tecno Geo s.n.c.
Via Plotino, 31 Roma tel. fax 06 650 00 474

Committente: Dott. Geol. Andrea Cola	Sondaggio: S2
Riferimento: Genazzano, frana V.le Garibaldi	Data: 18/07/2011

Postazione sondaggio S2

Cassetta n° 1 - profondità da m 0,00 a m 5,00

Tecno Geo s.n.c.
Via Plotino, 31 Roma tel. fax 06 650 00 474

Committente: Dott. Geol. Andrea Cola	Sondaggio: S2
Riferimento: Genazzano, frana V.le Garibaldi	Data: 18/07/2011

Cassetta n° 2 - profondità da m 5,00 a m 10,00

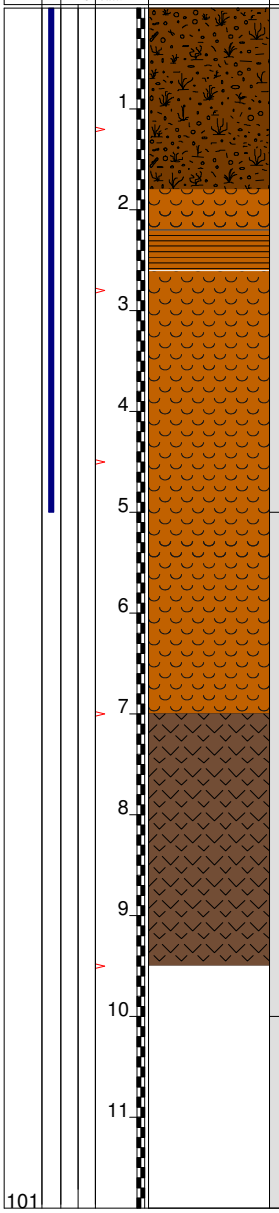
Tecno Geo s.n.c.
Via Plotino. 31 Roma tel. fax 06 650 00 474

Certificato n° 208 del 25/07/2011	Verbale di accettazione n° 18/2011 del 14/07/2011	Commessa: 18/2011

Committente: Dott. Geol. Andrea Cola	Sondaggio: S3
Riferimento: Movimento franoso presso V.le G. Garibaldi Genazzano (Roma)	Data: 18/07/2011
Coordinate:	Quota:
Perforazione: Carotaggio continuo a secco, con carotiere semplice. Unità Operativa 01 (Beretta T46)	

SCALA 1 :75

STRATIGRAFIA - S3



Standard Penetration Test m	S.P.T.	N	prof. m	DESCRIZIONE
			1,8	Terreno vegetale: argilla limosa con apparati radicali. Pedogenizzata di origine vulcanica; molto consistente (sovraconsolidata). Colore marrone.
5,0	5-8-11	19		Tufo alterato e pedogenizzato cineritico, granulometricamente assimilabile a limo sabbioso argilloso con inclusi pomici, lapilli, mica biotite ed altri minerali vulcanici. Moderatamente addensato; di colore marrone. Presente da 2.20÷2.60 m tratto maggiormente argilloso (pedogenizzato); molto consistente, sovraconsolidato.
7,0	5-9-13	22	7,0	
			9,5	Piroclastite alterata; granulometricamente assimilabile a sabbia limosa debolmente ghiaiosa; presenti pomici, scorie, bombe e brandelli lavici. Incoerente, da moderatamente addensata ad addensata; di colore marrone bruno.
				Vuoto (galleria).
			11,9	

Rilievo del livello dell'acqua nel corso della perforazione

Giorno	19/07/11										
Ora	mattina										
Livello dell'acqua (m)	assente										
Prof. perforazione(m)	11,90										
Prof. rivestimento(m)	5,00										

Il Responsabile di sito
Dott.Geol. Costantino Luci

Il Direttore
Dott.Geol. Costantino Luci

Tecno Geo s.n.c.
Via Plotino, 31 Roma tel. fax 06 650 00 474

Committente: Dott. Geol. Andrea Cola	Sondaggio: S3
Riferimento: Movimento franoso presso V.le G. Garibaldi Genazzano (Roma)	Data: 18/07/2011

Postazione sondaggio S3

Cassetta n° 1 - profondità da m 0,00 a m 5,00

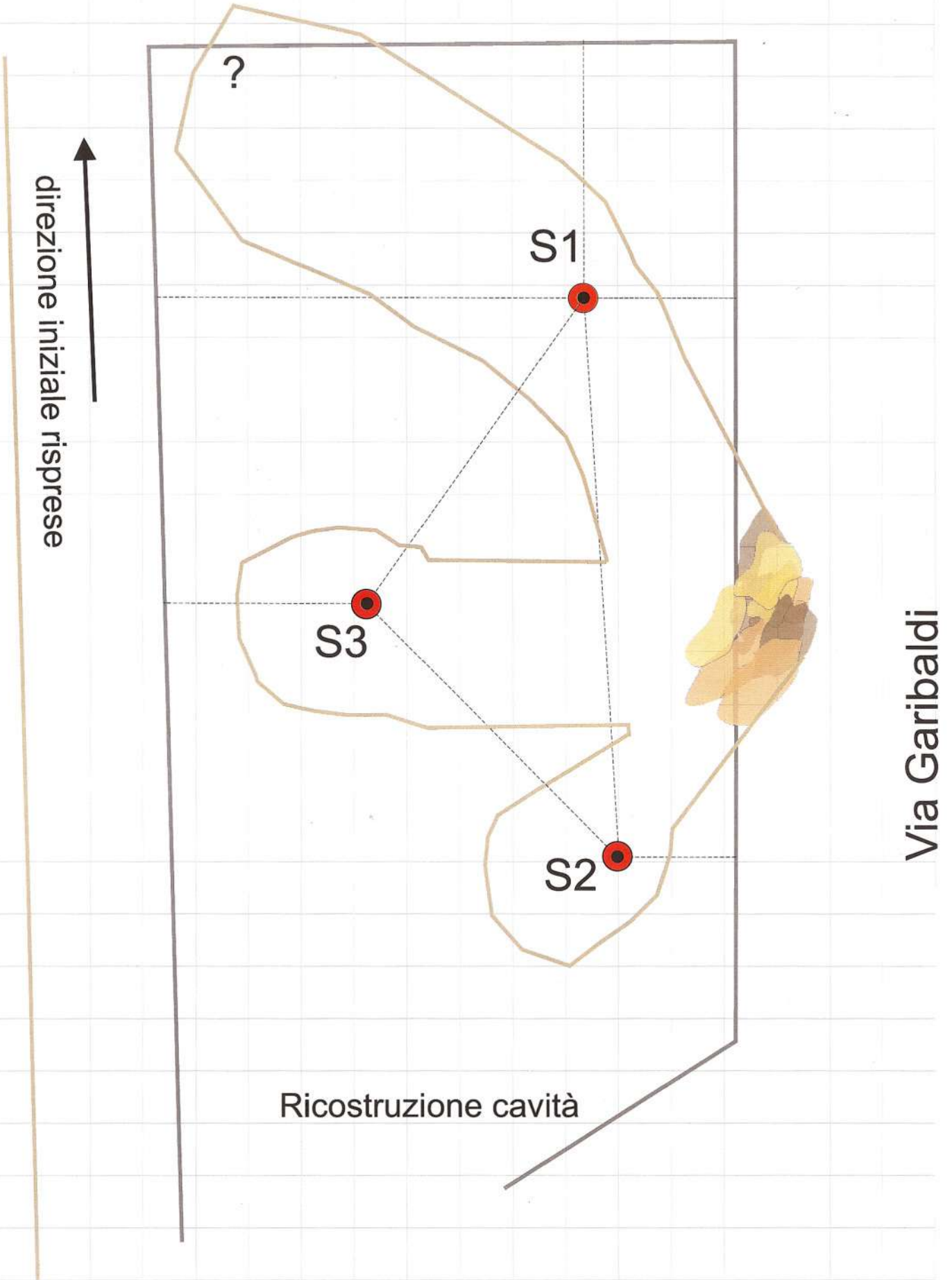
Tecno Geo s.n.c.
Via Plotino, 31 Roma tel. fax 06 650 00 474

Committente: Dott. Geol. Andrea Cola	Sondaggio: S3
Riferimento: Movimento franoso presso V.le G. Garibaldi Genazzano (Roma)	Data: 18/07/2011

Cassetta n° 2 - profondità da m 5,00 a m 10,00

GENAZZANO

movimento franoso
via Garibaldi



S1

S2

90°

210°

Comune di Genazzano

(Prov. di Roma)

Oggetto:

Indagine geofisica tramite sismica a rifrazione e prova multicanale MASW, ai sensi del DM 14.01.2008 e in ottemperanza a quanto prescritto dal Sindaco di Genazzano con Ordinanza n. 12 del 27/06/2011 relativa all'evento franoso, avvenuto in data 24/06/2011 che ha coinvolto parte del versante che insiste su Viale G. Garibaldi.

Ubicazione: Versante su Viale G. Garibaldi

Proprietà: Amministrazione di Genazzano (RM)

Monterubbiano 24 luglio 2011

Geologo

Gianni Papaveri

PREMESSA

La presente prospezione geofisica è realizzata per la ricostruzione dei sismostrati e per la caratterizzazione dei suoli attraverso la velocità di propagazione delle onde di compressione e prova multicanale MASW in ottemperanza a quanto prescritto dal Sindaco di Genazzano con Ordinanza n. 12 del 27/06/2011 relativa all'evento franoso, avvenuto in data 24/06/2011 che ha coinvolto parte del versante che insiste su Viale G. Garibaldi, nel Comune di Genazzano (RM).
L'acquisizione sismica, attraverso n. 2 basi a rifrazione, è stata eseguita nell'area a monte adiacente al movimento franoso in oggetto.

PRINCIPI GENERALI

Le indagini geosismiche vengono realizzate utilizzando il metodo sismico a rifrazione, che utilizza la determinazione della velocità di propagazione delle onde longitudinali (onde P) Tali onde sono generate, e si propagano nel terreno, ogni qualvolta quest' ultimo è sottoposto a sollecitazioni meccaniche sia di tipo naturale, sia di tipo artificiale (esplosioni, mazze battenti, vibratori ecc.).
La tecnica di prospezione sismica a rifrazione consiste nella misura dei tempi di primo arrivo delle onde sismiche generate in un punto in superficie (punto di sparo o scoppio), in corrispondenza di una molteplicità di sensori disposti allineati sulla superficie topografica (geofoni).
Lo studio della propagazione delle onde sismiche consente di valutare le proprietà meccaniche e fisiche dei terreni, la compattezza dei materiali e la loro stratificazione da queste attraversati.
Mediante questo tipo di indagine si può risalire alla probabile composizione litologica dei terreni al loro grado di fratturazione, alla geometria delle prime unità sottostanti la coltre superficiale, alla profondità in cui si trova la roccia di fondo ("bedrock"), alla sua forma e talora, in terreni alluvionali, alla profondità della falda freatica.
L'elaborazione dei dati sismici con un modello matematico bidimensionale attraverso procedure iterative, consente di massimizzare la risoluzione e il dettaglio di ricostruzione del modello di velocità attribuito al terreno in esame.
Utilizzando quindi le distanze tra il punto di scoppio e quello di ricezione e i tempi di primo arrivo dei segnali sismici, sono ricavate le dromocrone (curve tempi-distanze – vedi allegato), dalle quali si risale, tramite opportuno programma di calcolo, alle velocità reali nei singoli strati, al loro spessore, profondità, forma ed inclinazione.
Per questa parte di procedura interpretativa l'algoritmo utilizzato dal programma di calcolo è stato pubblicato nel 1986 da Dereck Palmer in un articolo dal titolo "The Generalized Reciprocal Method of Seismic Refraction Interpretation (Society of Exploration Geophysicists).

ELABORAZIONE - METODO GRM

Il metodo G.R.M. (Palmer, 1980), consente di ricostruire morfologie del substrato piane o irregolari, anche nel caso di variazioni laterali di velocità.

Per ricostruire l'andamento dell'interfaccia di strato lungo tutto lo stendimento, è necessario che i segnali provenienti dal singolo rifrattore siano ricevuti da tutti i geofoni messi in opera.

Il grafico distanza-tempi che si ottiene è considerevolmente più complesso rispetto al caso del metodo convenzionale.

L'interpretazione del grafico distanza-tempi prevede due passaggi:

- la ricostruzione delle dromocrone relative ai singoli strati;
- la stima delle velocità e delle profondità di ogni singolo rifrattore.

La fase essenziale quella di ricostruire la dromocrona relativa ad ogni strato, seguendola, se possibile, da un estremo all'altro dello stendimento, assemblando quindi insieme tratti di dromocrone relative a sorgenti differenti, ma i cui segnali provengono dallo stesso rifrattore.

Ciò è stato eseguito sia per il tiro diretto che per quello coniugato.

Con il metodo reciproco generalizzato si parte dall'ipotesi che esista una distanza intergeofonica XY ottimale, distanza che fornisce il maggior dettaglio possibile nella ricostruzione della morfologia del rifrattore.

Per determinare la distanza XY ottimale in pratica si è proceduto come indicato di seguito:

• Si fa variare XY da un valore minimo corrispondente alla spaziatura reale fra i geofoni fino a un valore massimo di 9-10 volte tale distanza;

quindi se, come nel nostro caso, i geofoni sono spaziati di 3 m, si dovranno prendere in considerazione intervalli di XY uguali a 3 e sui multipli.

• Per ogni valore di XY scelto si stima, con un passo di calcolo uguale a XY, la funzione velocità.

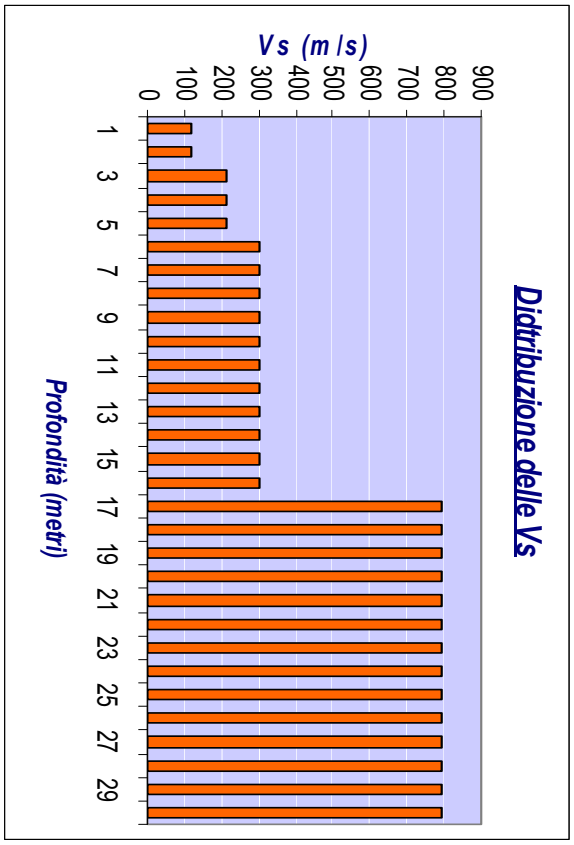
PROVA SISMICA MULTICANALE MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves)

Il metodo MASW è una tecnica di indagine non invasiva che consente la definizione del profilo di velocità delle onde di taglio verticali Vs, basandosi sulla misura delle onde superficiali fatta in corrispondenza di diversi sensori posti sulla superficie del suolo. Il contributo predominante alle onde superficiali è dato dalle onde di Rayleigh, che si trasmettono con una velocità correlata alla rigidezza della porzione di terreno interessata dalla propagazione delle onde. In un mezzo stratificato le onde di Rayleigh sono dispersive, cioè onde con diverse lunghezze d'onda si propagano con diverse velocità di fase e velocità di gruppo o detto in maniera equivalente la velocità di fase (o di gruppo) apparente delle onde di Rayleigh dipende dalla frequenza di propagazione, cioè sono onde la cui velocità dipende dalla frequenza.

Strumentazione e configurazione geometrica utilizzata

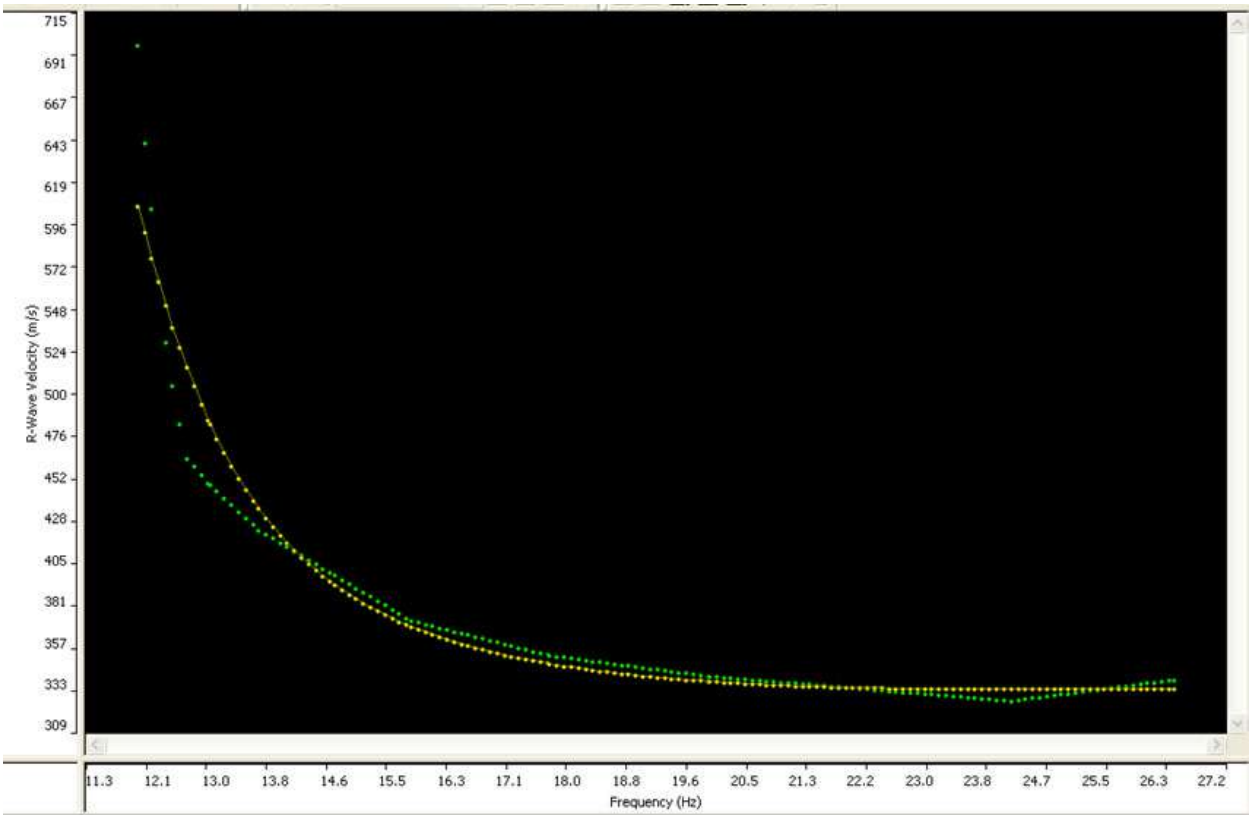
L'analisi MASW può essere ricondotta in quattro fasi :

- la prima fase prevede la trasformazione delle serie temporali nel dominio frequenza f numero d'onda K;
- la seconda fase consiste nella individuazione delle coppie f-k cui corrispondono i massimi spettrali d'energia (densità spettrale) consentono di risalire alla curva di dispersione delle onde di Rayleigh nel piano Vfase (m/sec) – frequenza;
- la terza fase consiste nel calcolo della curva di dispersione teorica attraverso la formulazione del profilo di velocità delle onde di taglio verticali Vs, modificando opportunamente lo spessore h, le velocità delle onde di taglio Vs (Fig.1);



(Fig.1 – Distribuzione delle Vs)

- la quarta ed ultima fase consiste nella modifica della curva teorica fino a raggiungere una sovrapposizione ottimale tra la velocità di fase (o curva di dispersione) sperimentale e la velocità di fase (o curva di dispersione) numerica corrispondente al modello di suolo (Fig.2).



(Fig. 2 - curva di dispersione)

MODALITA' OPERATIVE

Sono stati eseguiti n. 2 stendimenti intersecati secondo quanto riportato in Tav_1 e Tav_2 ed aventi le seguenti caratteristiche:

LINEA_1: con distanza intergeofonica 3 m. per una lunghezza dello stendimento di 33 metri (12 geofoni) con scoppi esterni posti a 3 metri rispetto ai geofoni estremi della linea.

Sono quindi stati attuati n. 5 scoppi di cui n. 2 esterni e 3 interni allo stendimento (v.d.r. report allegato).

LINEA_2: con distanza intergeofonica 2 m. per una lunghezza dello stendimento di 22 metri (12 geofoni) con scoppi esterni posti a 2 metri rispetto ai geofoni estremi della linea.

Sono quindi stati attuati n. 5 scoppi di cui n. 2 esterni e 3 interni allo stendimento (v.d.r. report allegato).

CLASSIFICAZIONE SECONDO LA NORMATIVA SISMICA VIGENTE

Nella sezione elaborata, sono stati riscontrati quattro strati o sismostrati a differente velocità, i primi tre strati sono stati rilevati tramite l'utilizzo del metodo GRM di sismica a rifrazione, mentre il quarto è stato messo in luce tramite un'analisi sismica multicanale masw (Multichannel Analysis of Surface Waves).

Il primo sismostrato ha una velocità media di 226,75 m/s con spessore fino a circa 2 m.

Il secondo sismostrato ha una velocità media di 412,60 m/s, con spessore massimo intorno ai 3 metri.

Il terzo sismostrato, con velocità media di 642,40 m/s ha uno spessore massimo intorno agli 11 metri.

Il terzo riferibile al substrato ha velocità media di circa 1755,00 fino alla profondità di 30 m.

Di seguito vengono ricapitolate le medie delle velocità e degli spessori delle linee sismiche:

N. Strato	Vs [m/s]	Vp [m/s]	Spessore fino a 30 m. [m]
1	117,50	226,75	2,00
2	210,60	412,60	3,00
3	301,30	642,40	11,00
4	792,70	1755,00	14,00

Ai fini della definizione delle azioni sismiche di progetto in base al D.M. 14.01.2008, si determina la categoria di riferimento del sito in funzione della velocità media di propagazione delle onde di taglio entro 30 m. di profondità, secondo la seguente equazione:

$$V_{S30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_i}} = 351{,}14 \cdot m/s$$

Possiamo a questo punto valutare la categoria e l'effetto della risposta sismica locale in base alla Tabella 3.2.II – Categorie di sottosuolo del D.M. 14.01.2008.

C	Depositi di terreni a grana geossolana caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità . Vs_{30} comprese tra 180 e 360 m/s

Di seguito si riporta per completezza la Tabella 3.2.II:

Tabella 3.2.II – *Categorie di sottosuolo*

Categoria	Descrizione
A	*Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi* caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, 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* con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{SPT,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).
C	*Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti* con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{SPT,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).
D	*Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti,* con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 180 m/s (ovvero $N_{SPT,30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).
E	*Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m,* posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ m/s).

VALUTAZIONE MODULI ELASTICI DEI MEZZI ATTRAVERSATI

L'attenuazione delle onde sismiche dipende direttamente dalle caratteristiche elasto-meccaniche delle diverse parti che costituiscono il mezzo materiale che esse attraversano, i parametri che intervengono nella modificazione del segnale sismico sono:

- γ_{din} – densità geofisica;
- ρ – coefficiente di Poisson;
- E – Modulo di Young;
- G_0 – Modulo di taglio.

DENSITÀ GEOFISICA (γ_{din})

Esprime la concentrazione volumetrica di un corpo. Può essere calcolata indirettamente in condizioni dinamiche in relazione alla velocità Vp. La densità geofisica è espressa dalla seguente relazione:

$\gamma_{din} = 0{,}51 \times V_p^{0{,}19}$ => Possiamo determinarci il suo valore per ogni sismostrato

N. Strato	γ_{din}	Vp [m/s]
1	1,4293	226,75
2	1,6015	412,60
3	1,7420	642,40
4	2,1085	1755,00

COEFFICIENTE DI POISSON (ν)

Indica la misura di cambiamento geometrico di un corpo. Può presentare un intervallo di variazione tra 0.1 e 0.5. Viene definito dalla seguente relazione:

$$\nu = \frac{V_p^2 - 2 \cdot V_s^2}{2 \times \left(V_p^2 - V_s^2\right)}$$

N. Strato	Vs [m/s]	Vp [m/s]	ν_Poisson
1	117,50	226,75	0,316452
2	210,60	412,60	0,323840
3	301,30	642,40	0,358989
4	792,70	1755,00	0,371847

MODULO DI YOUNG (E)

Esprime la resistenza alla deformazione lineare di un corpo ad uno sforzo di trazione o di compressione.

$$E = V_p^2 \times \gamma \frac{(1+\nu) \times (1-2\nu)}{1-\nu}$$ (espresso in MPa)

N. Strato	E_Young	Vp [m/s]	ν_Poisson	γ_{din}
1	0,539879	226,75	0,316452	1,4293
2	1,954181	412,60	0,323840	1,6015
3	4,466419	642,40	0,358989	1,7420
4	37,774453	1755,00	0,371847	2,1085

MODULO DI TAGLIO (G_0)

Misura il rapporto sforzo-deformazione nel caso di una spinta tangenziale; è funzione della velocità Vs ed esprime quindi la capacità del materiale a resistere cambiando di forma e non di volume.

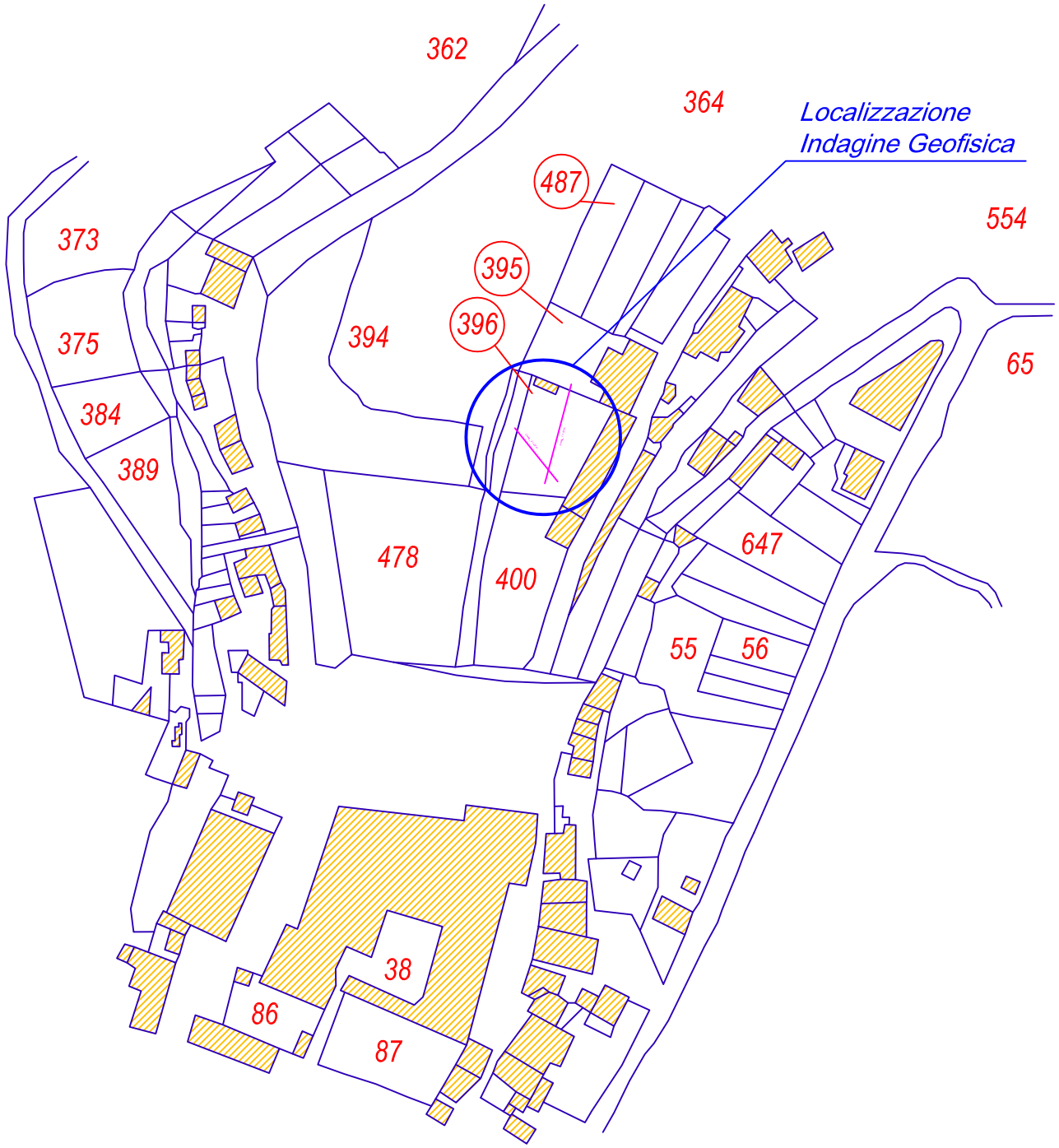
$$G_0 = \frac{\gamma \times (V_s)^2}{g}$$ (espresso in Mpa)

N. Strato	Vs [m/s]	G_{0}_Taglio	γ_{din}
1	117,50	19,72688	1,4293
2	210,60	71,00616	1,6015
3	301,30	158,09206	1,7420
4	792,70	1324,52182	2,1085

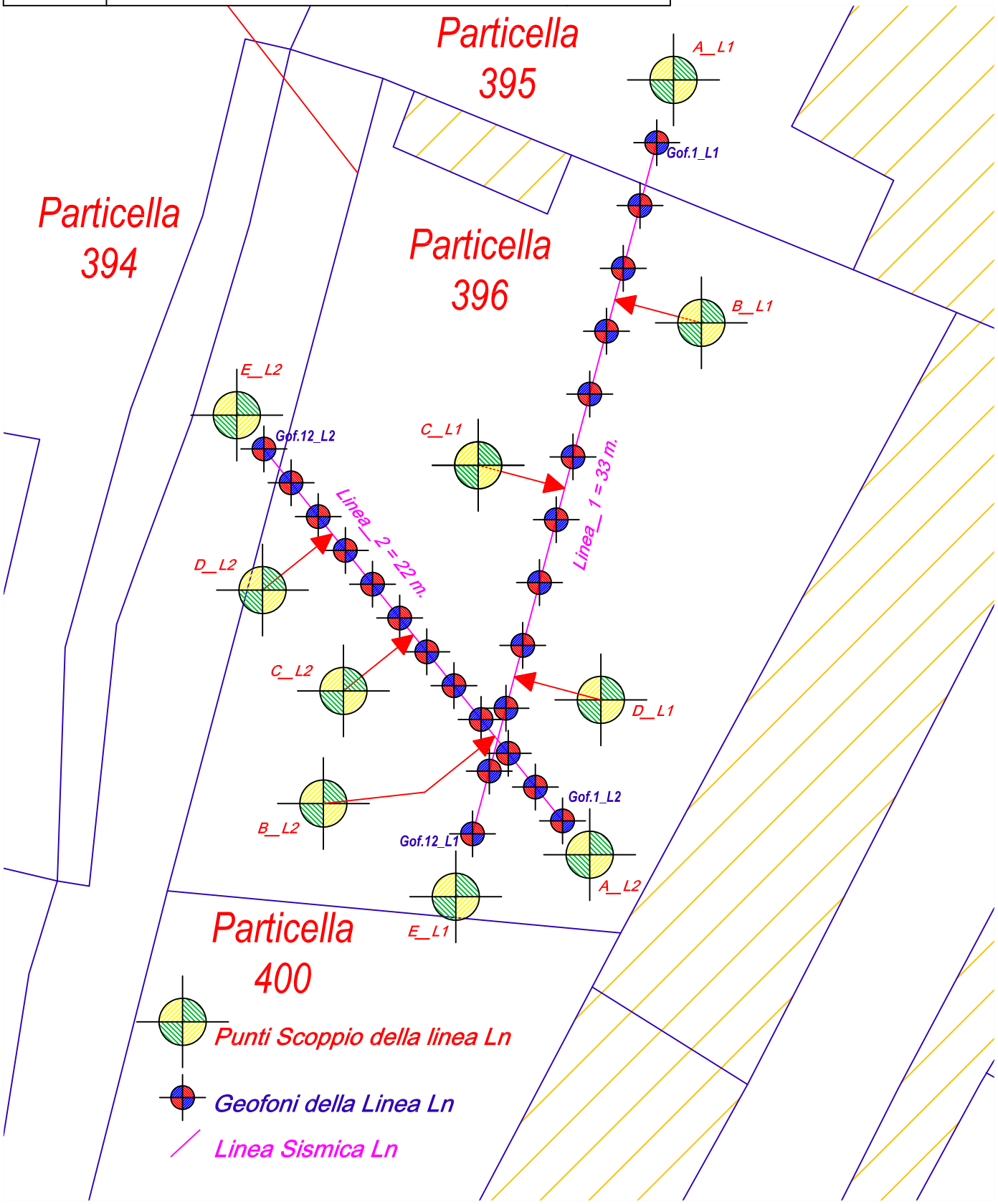
Monterubbiano, 24 luglio 2011

Dott. Geologo
Gianni Papaveri

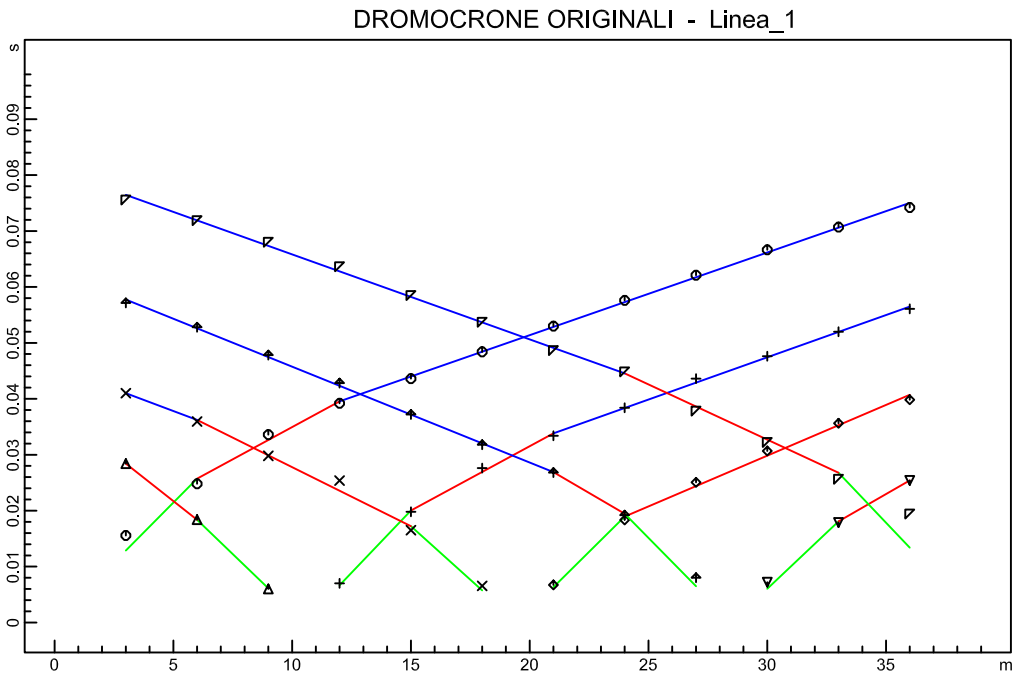
TAV. 1	***Dott. Geologo Gianni Papaveri***
	Evento franoso del 24/06/2011 che ha coinvolto parte del versante su Viale G. Garibaldi - Comune di Genazzano (RM)
Indagine Geofisica ai sensi del D.M. 14.01.2008 e dell' Ordinanza Sindacale n. 12/2011	
Scala 1:2.000	*Planimetria generale delle linee sismiche*

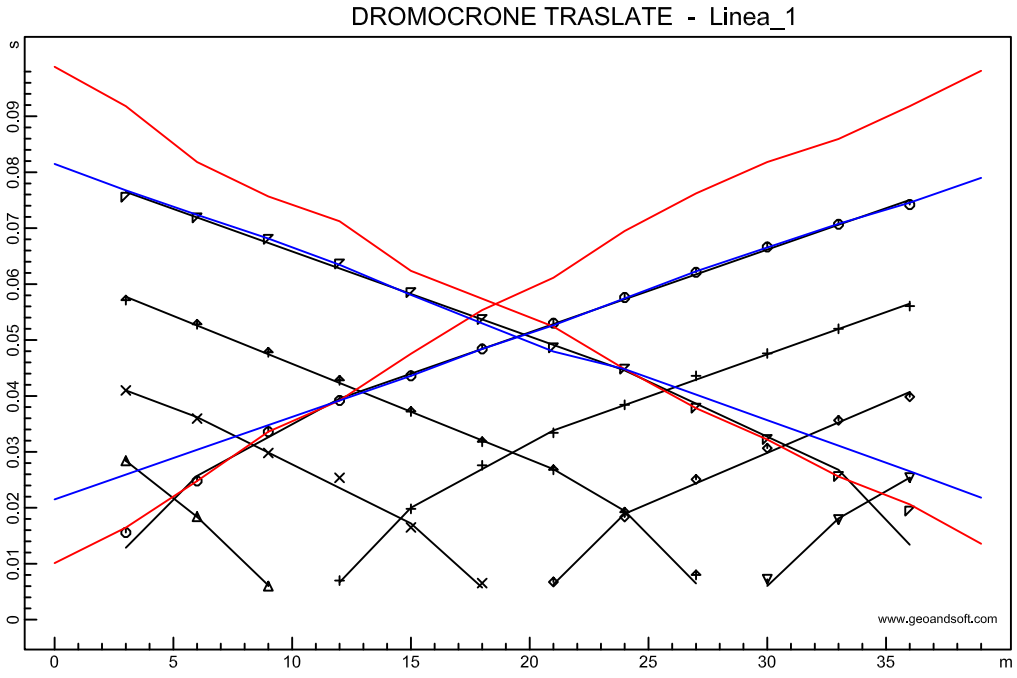


TAV. 2	**Dott. Geologo Gianni Papaveri**
	Evento franoso del 24/06/2011 che ha coinvolto parte del versante su Viale G. Garibaldi - Comune di Genazzano (RM)
Indagine Geofisica ai sensi del D.M. 14.01.2008 e dell' Ordinanza Sindacale n. 12/2011	
Scala 1:250	*Ubicazione delle indagini geofisiche*



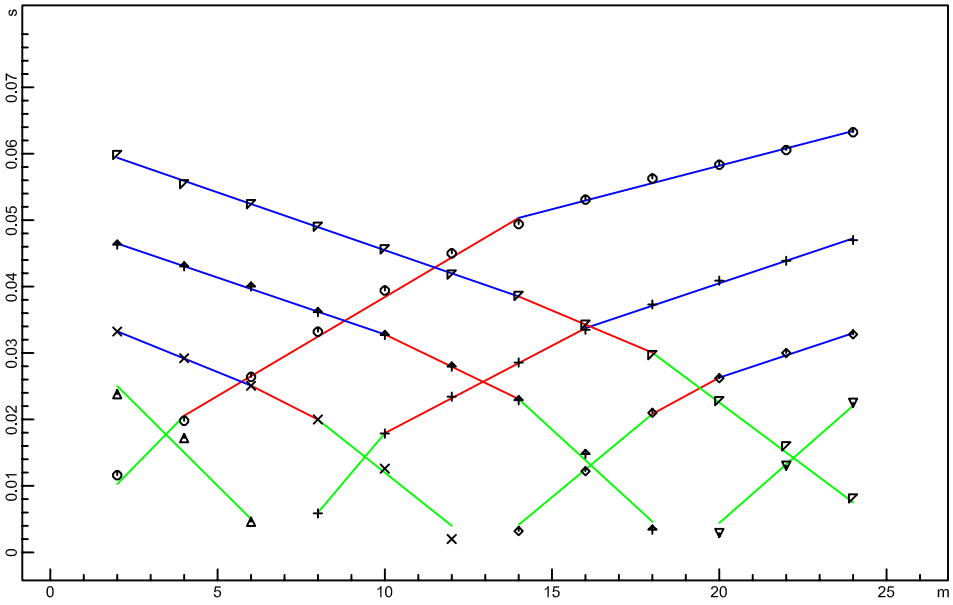
TAV. 3a	***Dott. Geologo Gianni Papaveri***
	Evento franoso del 24/06/2011 che ha coinvolto parte del versante su Viale G. Garibaldi - Comune di Genazzano (RM)
Indagine Geofisica ai sensi del D.M. 14.01.2008 e dell' Ordinanza Sindacale n. 12/2011	
Scala _ _ _	*Travel Time - Linea_1*



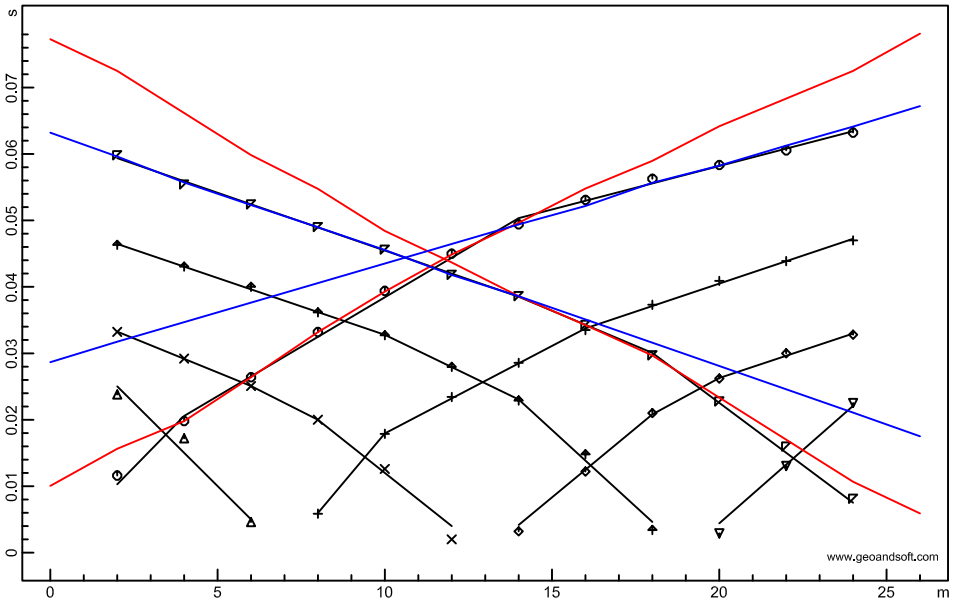


TAV. 3b	***Dott. Geologo Gianni Papaveri***
	Evento franoso del 24/06/2011 che ha coinvolto parte del versante su Viale G. Garibaldi - Comune di Genazzano (RM)
Indagine Geofisica ai sensi del D.M. 14.01.2008 e dell' Ordinanza Sindacale n. 12/2011	
Scala _ _ _	*Travel Time - Linea_2*

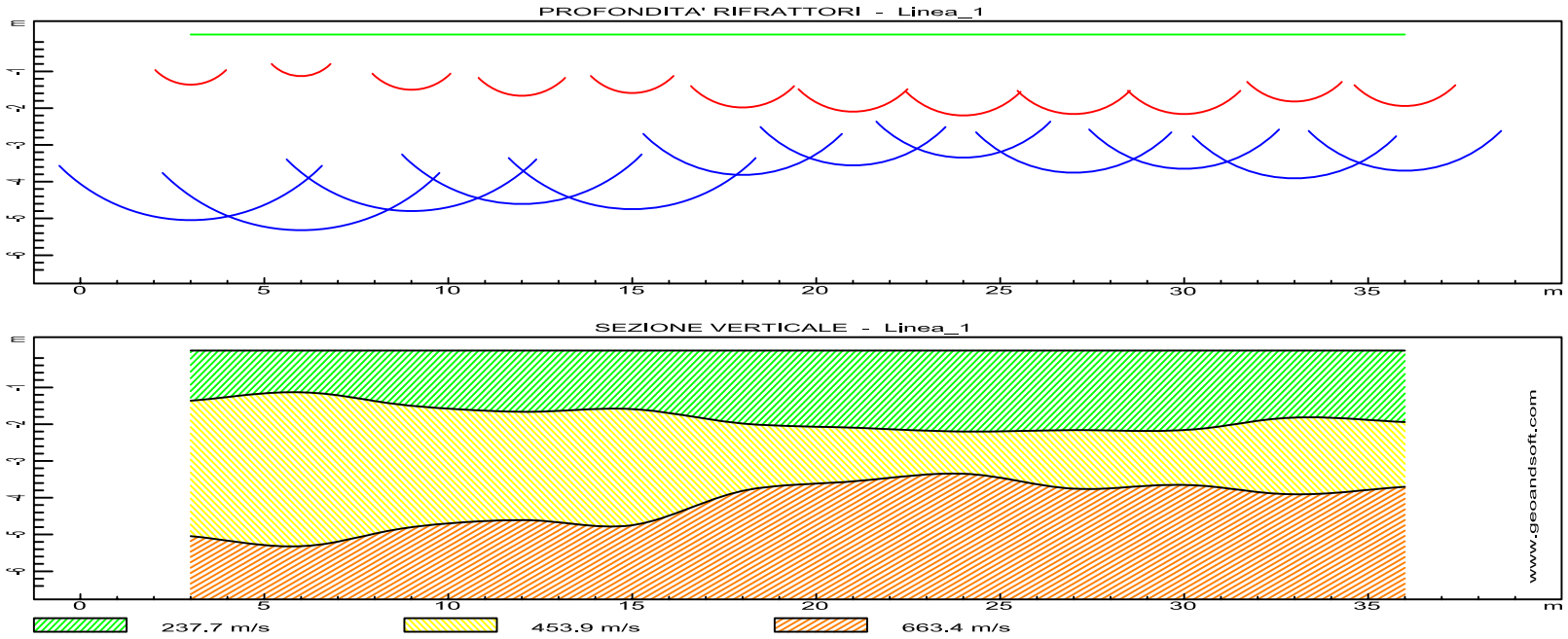
DROMOCRONE ORIGINALI - Linea_2



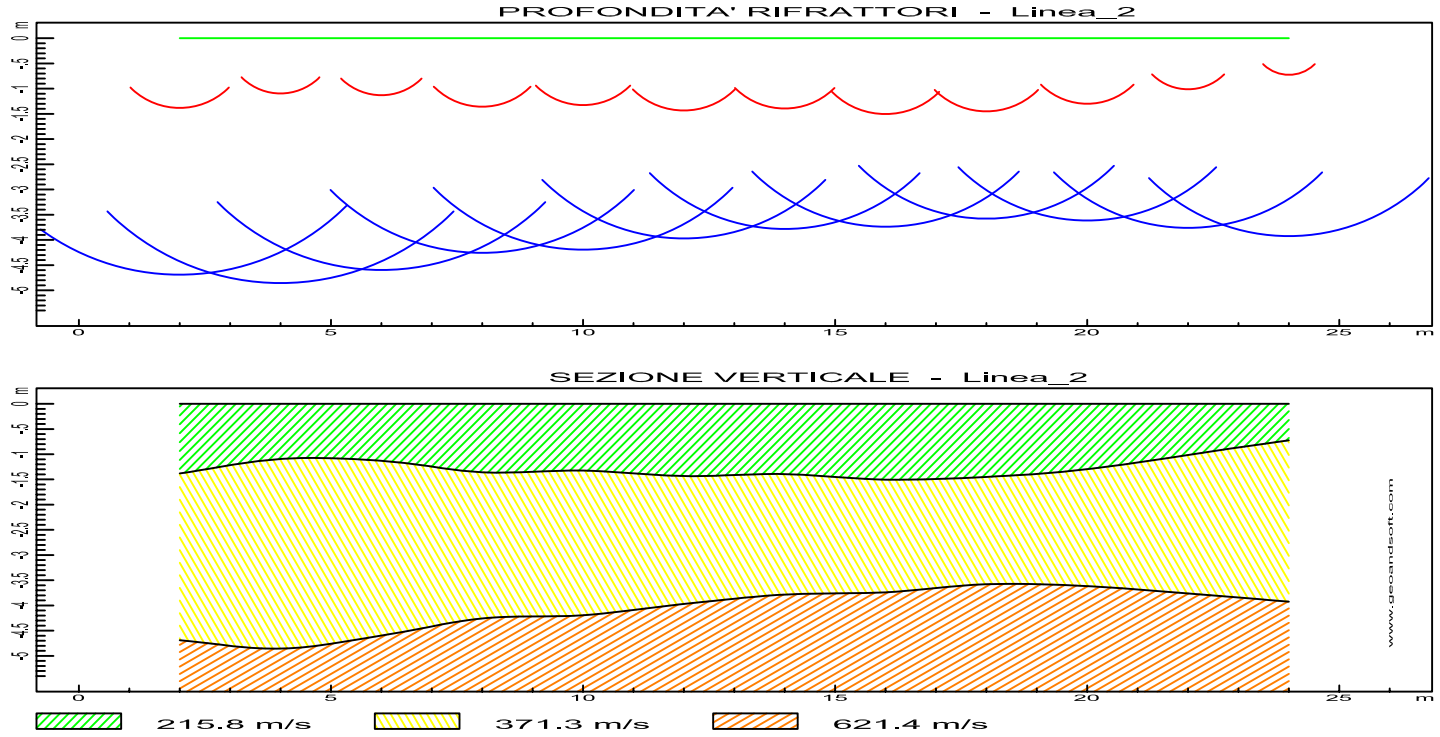
DROMOCRONE TRASLATE - Linea_2



TAV. 4a	***Dott. Geologo Gianni Papaveri***
	Evento franoso del 24/06/2011 che ha coinvolto parte del versante su Viale G. Garibaldi - Comune di Genazzano (RM)
Indagine Geofisica ai sensi del D.M. 14.01.2008 e dell' Ordinanza Sindacale n. 12/2011	
Scala 1:200	*Sezione sismostratigrafica e fronti d'onda - Linea_1*



TAV. 4b	***Dott. Geologo Gianni Papaveri***
	Evento franoso del 24/06/2011 che ha coinvolto parte del versante su Viale G. Garibaldi - Comune di Genazzano (RM)
Indagine Geofisica ai sensi del D.M. 14.01.2008 e dell' Ordinanza Sindacale n. 12/2011	
Scala 1:150	*Sezione sismostratigrafica e fronti d'onda - Linea_2*



RELAZIONE TECNICA

Data
Settembre 2017

Committente
Studio di Ingegneria Maggi Srl

Cantiere
Comune di Genazzano (RM)

Tipologia di lavoro
Indagine geofisica di tomografia elettrica 3D e rilievo laser scanner per lo studio del dissesto del costone soprastante il fabbricato in Via Garibaldi 5, nel Comune di Genazzano

geores.it

Data	Settembre 2017
Committente	Studio di Ingegneria Maggi s.r.l.
Cantiere	Viale G. Garibaldi, Genazzano (Rm)
Tipologia di lavoro	17-033 Indagine di tomografia elettrica di superficie 3D; rilievo laser scanner

CARATTERISTICHE GENERALI DELLO STUDIO

Premessa

Lo Studio di Ingegneria Maggi s.r.l. ha incaricato la Società Geores S.r.l. di eseguire indagini geofisiche e rilievi laser scanner presso il costone soprastante il fabbricato ubicato in Via Garibaldi 5, nel Comune di Genazzano (RM); l'obiettivo è stato quello di fornire indicazioni utili allo studio di un dissesto gravitativo verificatosi in tale settore, sia attraverso l'acquisizione di dati geofisici sia attraverso un rilievo a mezzo laser scanner.

- L'indagine di tomografia elettrica in particolare è stata mirata a definire l'assetto stratigrafico del sottosuolo e ad individuare anomalie riconducibili a cavità o zone con vuoti;
- Il rilievo laser scanner è stato realizzato sia nei settori esterni (per ricostruire l'assetto topografico del sito) sia entro alcuni cunicoli scavati nel versante, ricostruendo l'andamento plano-altimetrico degli stessi.

Nel presente lavoro è stato particolarmente utile il reperimento di dati di sottosuolo con due diverse metodologie (rilievo laser scanner dei cunicoli e indagine elettro-tomografica), al fine di poter confrontare i dati e ricostruire un modello di sottosuolo di dettaglio. *Il presente lavoro vuole costituire ausilio per la successiva fase di elaborazione degli interventi di risanamento del dissesto*.

L'area in studio è posta nel settore occidentale dell'abitato di Genazzano (*figura 1*).

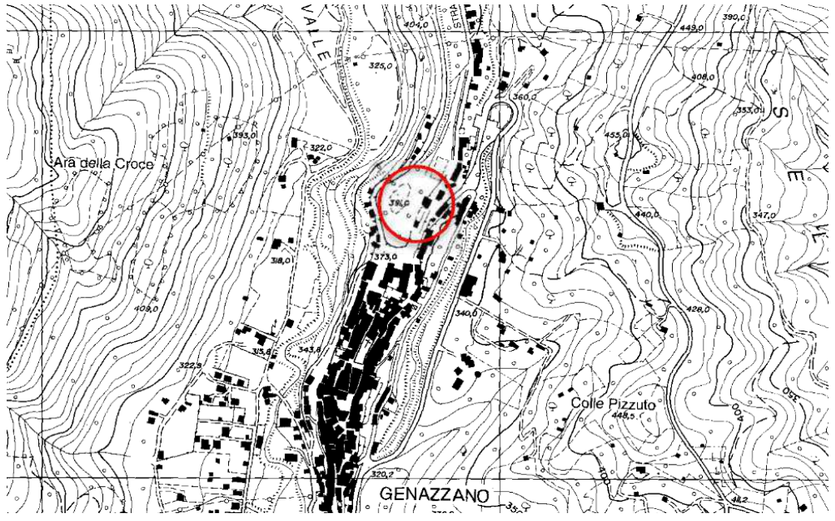


Figura 1: cartografia CTR Sezione n° 375160 con ubicazione del sito

Come sopra specificato, lo studio è stato eseguito con l'utilizzo di due differenti metodologie:

1) *metodologia geofisica della tomografia elettrica di superficie 3D ad alta definizione*. L'intera area di studio è stata indagata attraverso l'esecuzione di n° 12 stendimenti elettro-tomografici in configurazione lineare in quattro distinti settori, come indicato in *figura 2*.
2) *Rilievo a mezzo laser scanner*. Al fine di rilevare topograficamente i cunicoli che attraversano l'area interessata dal dissesto è stato eseguito un rilievo mediante l'utilizzo di strumentazione laser scanner allo scopo di ricostruire l'andamento plano-altimetrico dei cunicoli stessi. È stato inoltre eseguito il rilievo completo del sito.

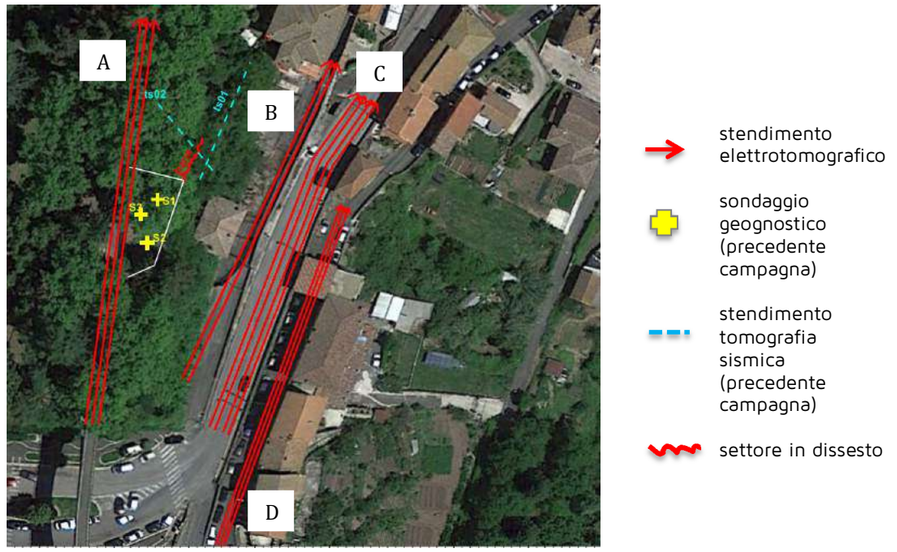


Figura 2: Planimetria di dettaglio del sito in studio con ubicazione degli stendimenti elettro-tomografici; in giallo e azzurro sono indicate ulteriori indagini realizzate nel sito da terzi nel corso di precedenti interventi di studio; con le lettere da A a D i diversi settori indagati: Settore A "Giardino", Settore B "Via Garibaldi", Settore C "Via Empolitana", Settore D "Via Fra Martino"

Sono allegati alla presente relazione i seguenti elaborati:
TAVOLE 1-12 (A3): PIANI DI RESISTIVITA' – SCALA 1:500
TAVOLE 13-14 (A3): PROFILI DI RESISTIVITA' – SCALA 1:400
TAVOLA 15 (A3): PLANIMETRIA CON UBICAZIONE DEI PROFILI DI RESISTIVITA' – SCALA 1:500
TAVOLA 16 (A0): PLANIMETRIA E SEZIONI RICOSTRUITE A MEZZO RILIEVO LASER SCANNER – SCALA 1:500
stratigrafie di sondaggio pregresse

Data	Settembre 2017
Committente	Studio di Ingegneria Maggi s.r.l.
Cantiere	Viale G. Garibaldi, Genazzano (Rm)
Tipologia di lavoro	17-033 Indagine di tomografia elettrica di superficie 3D; rilievo laser scanner

Per una migliore comprensione dei risultati dell'indagine sulle tavole relative ai piani di resistività sono stati sovrapposti gli andamenti in pianta delle cavità rilevate.

Si sottolinea inoltre come i piani di resistività siano stati espressi in m s.l.m.; la quota topografica di riferimento è visibile su tutte le tavole allegate e corrisponde a 372 m s.l.m.

Metodologia di indagine

Il lavoro è stato realizzato in tre fasi con una progressione di intervento crescente, modificata in funzione dei dati ottenuti dalle fasi precedenti, al fine di costruire un modello realistico dell'assetto del sottosuolo.

Fase 1 - Fase preliminare
Si è operato mediante un'indagine sui dati bibliografici esistenti sull'area che hanno permesso di esaminare le condizioni generali del sito e ricostruirne l'assetto e l'evoluzione geologico-ambientale. Sono stati inoltre analizzati i dati relativi a precedenti campagne eseguite da terzi nel sito (sondaggi geognostici e tomografia sismica a rifrazione)

Fase 2 – Acquisizione dei dati
La seconda fase è rappresentata dalla realizzazione delle indagini geofisiche, attraverso l'esecuzione della tomografia elettrica tridimensionale, e del rilievo laser scanner.

Fase 3 - Interpretazione dei dati e relazione di sintesi
L'ultima fase è rappresentata dalla relazione tecnica conclusiva costituita dall'elaborazione e la correlazione dei dati ottenuti dall'indagine geofisica e dal rilievo laser scanner.

Inquadramento geologico

Dal punto di vista geologico l'area in esame è caratterizzata dalla presenza di formazioni continentali di natura piroclastica legate all'attività deposizionale del Distretto Vulcanico Albano (*figura 3*):

(2) VULCANITI: prodotti piroclastici del Distretto Vulcanico Albano in facies di colata piroclastica e di ricaduta, parzialmente rimaneggiati (Pleistocene medio).

(3a): depositi silico-clastici della F. DI FROSINONE: associazioni arenacee e arenaceo-pelitiche

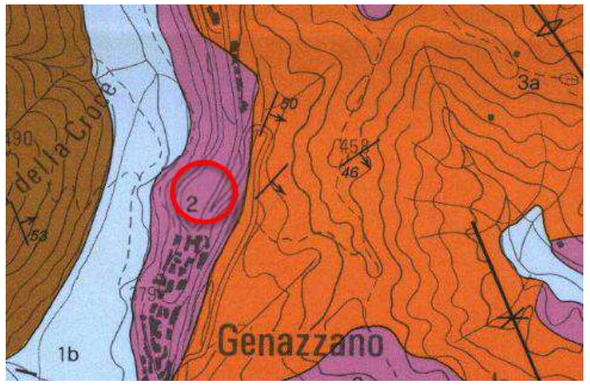


Figura 3: stralcio CARTA GEOLOGICA DELL'AREA COMPRESA TRA I MONTI PRENESTINI E I MONTI AFFILANI (APPENNINO LAZIALE):

(2) vulcaniti

INDAGINE DI TOMOGRAFIA ELETTRICA 3D

Metodologia di indagine

Il sistema dei profili elettrici superficiali con dispositivo multi-array per Tomografia Elettrica di Resistività è una metodologia innovativa in quanto evoluzione delle misure geoelettriche classiche, intesa ed applicata in modo tale da ottenere risoluzioni spaziali elevate. Il sistema permette di ricostruire la distribuzione in tre dimensioni della resistività reale nel sottosuolo con una risoluzione che dipende dalla distanza tra gli elettrodi.

Tutti gli elettrodi sono collegati, mediante un apposito cavo multi-conduttore, allo strumento di acquisizione (*figura 4*). La corrente viene applicata ad una coppia di elettrodi misurando poi la differenza di potenziale tra tutte le altre coppie di elettrodi disponibili nella configurazione scelta. Si passa poi ad una seconda coppia di trasmissione e così via fino a raggiungere il numero massimo di misure indipendenti sui poli e dipoli disponibili. Si ottengono così centinaia di misure per ciascuna sezione di interesse e, con un apposito algoritmo di inversione, è possibile ricostruire la distribuzione tridimensionale di resistività reale del sottosuolo.

Data	Settembre 2017
Committente	Studio di Ingegneria Maggi s.r.l.
Cantiere	Viale G. Garibaldi, Genazzano (Rm)
Tipologia di lavoro	17-033 Indagine di tomografia elettrica di superficie 3D; rilievo laser scanner

Figura 4: fasi di acquisizione tomografia elettrica nel sito in studio

Le misure sono state interpretate mediante uno specifico software dedicato capace di ricostruire la distribuzione di resistività reale in tre dimensioni legata alle caratteristiche geologico-stratigrafiche, al contenuto d'acqua nel suolo, alla eventuale presenza di inquinanti (idrocarburi, percolati, solventi, ecc.) nel terreno e/o in falda e alla presenza di "oggetti" anomali interrati (fusti metallici, strutture in muratura o in calcestruzzo, ecc.), alla presenza di aree a densità anomala attribuibili a variazioni dello stato tensionale dei terreni fino alla presenza di cavitazioni, cavità e gallerie.

Strumentazione utilizzata

Lo strumento di acquisizione utilizzato, il geo-resistivimetro multielettrodo multicanale IRIS SYSCAL PRO, è capace di gestire contemporaneamente oltre 256 elettrodi e di personalizzare, tramite specifico software applicativo, tutte le misure desiderate e la loro posizione nel sottosuolo. Questo strumento ha una precisione strumentale di circa 0,5% ed utilizza una alimentazione in corrente continua fino a 2,5 A.
Caratteristiche tecniche:
Iris SYSCAL Pro acquisition unit (Serial number 10513-68003679342)
10 canali di acquisizione
Voltaggio utilizzato per l'indagine: 400 V
Durata immissione corrente: 200 ms
Cavi multipolari schermati ad alta sensibilità (multicore cables)
72 elettrodi di misura – Acquisizione in configurazione Dipolo-Dipolo

Rappresentazione dei risultati

Nelle immagini di resistività ottenute dall'elaborazione dei dati acquisiti con metodo di tomografia elettrica di superficie (piani e profili di resistività) i valori di resistività reale ottenuti vengono rappresentati attraverso curve di isoresistività e gli intervalli (range) di resistività sono evidenziati adottando specifiche colorazioni (dal blu al rosso).

La tecnica interpretativa è necessariamente collegata alle caratteristiche geologiche della successione litostratigrafica del sito. Ciò impone un'attenta analisi per definire i valori di resistività in grado di identificare aree anomale rispetto al modello geologico presente con particolare attenzione al contrasto con i terreni naturali circostanti (medio resistivo dell'area) che assume valori di resistività diversi in funzione delle caratteristiche granulometriche prevalenti del deposito, del grado di umidità e della profondità a cui è referenziato ogni singolo valore misurato.

La chiave di lettura più immediata delle immagini di resistività è rappresentata dall'adozione di specifiche colorazioni, secondo gli standard internazionali, che individuano zone con caratteristiche elettro-resistive similari, le quali a loro volta indicano processi evolutivi differenti, ovvero la presenza o meno di probabili settori con vuoti nel sottosuolo.

Le curve di isoresistività permettono di precisare i contrasti tra aree resistive adiacenti e circoscrivono le forme che derivano dal loro andamento.

Le *zone blu e azzurre*, in cui i valori di resistività elettrica sono bassi e medio-bassi e pressoché uniformi e costanti, individuano terreni poco rimaneggiati, di natura fine e medio-fine, con bassi valori di resistività e rappresentano il cosiddetto "fondo" rispetto al quale le aree che assumono colori diversi costituiscono anomalie.

Le aree *verdi* possono essere attribuite a terreni più addensati o in granulometria più grossolana dei precedenti, ma solo qualora siano *amorfe*, ovvero non rappresentino particolari forme visibili. Qualora invece le zone verdi si presentino circoscritte e caratterizzate da particolari forme (ad es. circolari, rettificate…) possono essere attribuite a settori con vuoti.

Le aree *gialle* e quelle *arancioni-rosse*, se "amorfe" (ovvero senza forme riconoscibili), possono indicare la presenza di litotipi areati (depositi caratterizzati da granulometrie grossolane….) o anche fortemente rimaneggiati. Qualora invece tali aree si presentino circoscritte e caratterizzate da particolari forme (ad es. circolari, rettificate, angolate…), ed in netto contrasto con il medio resistivo del sito, possono essere attribuite a settori con vuoti e/o cavità.

Data	Settembre 2017
Committente	Studio di Ingegneria Maggi s.r.l.
Cantiere	Viale G. Garibaldi, Genazzano (Rm)
Tipologia di lavoro	17-033 Indagine di tomografia elettrica di superficie 3D; rilievo laser scanner

RILIEVO A MEZZO LASER SCANNER

Metodologia di rilievo

Al fine di rilevare topograficamente i cunicoli che attraversano l'area interessata dal dissesto è stato eseguito un rilievo mediante l'utilizzo di strumentazione laser scanner. L'indagine con laser scanner ha consentito di realizzare un rilievo plano-altimetrico dell'area interessata dal dissesto con la definizione dell'andamento dei cunicoli presenti. Il rilievo laser scanner è stato inoltre integrato con rilievi a mezzo di strumentazione topografica GPS.

La tecnica laser a scansione (laser scanner) è andata affermandosi sempre maggiormente negli ultimi anni: prevede l'utilizzo di dispositivi ottico-meccanici capaci di emettere un impulso elettromagnetico (il laser) e di ricevere il segnale riflesso, misurando l'intervallo di tempo trascorso e, quindi, la distanza tra lo strumento ed il punto rilevato.

Questo sistema opera misurando anche migliaia di punti al secondo formando delle "nuvole di punti". Per ogni misurazione (x,y,z), il sistema fornisce l'intensità del segnale di ritorno descrivendo la superficie dell'oggetto scansionato. In linea generale, la tecnica laser a scansione offre un maggior dettaglio ed una maggiore velocità di esecuzione rispetto al rilievo fotogrammetrico.

L'approccio di rilevamento con laser scanner semplifica e velocizza le operazioni di rilevamento. Riduce, infatti, notevolmente i tempi di acquisizione in campagna, rende possibile il rilevamento di geometrie complesse (elementi architettonici, strutture industriali, fronti rocciosi con geometrie distribuite) e riduce la possibilità di errori o dimenticanze durante l'acquisizione.
Per la realizzazione del rilievo, nel caso di specie, è stato utilizzato un:

Laser scanner TopCon GLS-2000; è uno scanner con funzionalità complete utilizzabile in modo efficace per acquisire l'esistente e l'as-built per qualsiasi gamma di applicazione. La serie di scanner compatti e leggeri a cui appartiene TopCon GLS-2000 acquisisce con precisione una scansione completa a 360° comprensiva di immagini, in meno di tre minuti: modalità laser selezionabili dalla Classe 3R alla Classe 1M, sistema a matrice di lenti multiple (passa rapidamente tra le varie impostazioni di lunghezza focale), regolazione automatica della temperatura (precisione costante durante tutta la giornata lavorativa), tecnologia Precise Scan (elaborazione del segnale che include la forma d'onda per dati precisi).

System Performance	Laser Scanning System	Scanning Control
Maximum range (at 90% reflectivity)	Type Pulse (Time of-Flight); Precise Scan Tech. II	Control System On-board
GLS-2000S 130 m (High Speed)	Laser Class 3R (High / Standard) 1M (Low Power)	Display 3.5" Touch Screen
GLS-2000M 350 m (Standard)	Scan Rate Up to 120.000 pts/sec	Data Storage SD Card
GLS-2000L 500 m (Standard)	Field of View 360° H / 270° V	**Physical and Environmental**
Single Point Accuracy	Color Digital Imaging	Operation Temp 23°F to 113°F
Distance 3.5 mm (1-150 m) 1 sigma	Wide-angle 170° Diagonal	Storage Temp -4°F to 140°F
Angle 6"		Dust / Humidity IP54
Target Detection Accuracy 3" at 50 m		

Figura 5: Laser scanner TopCon GLS-2000 e principali caratteristiche

Processing ed elaborazione dei dati

Alla fase d'acquisizione dati seguono la fase di elaborazione degli stessi, la creazione del modello 3D, l'estrazione degli elementi caratteristici ed eventualmente la riduzione del rilievo laser ad elementi rappresentabili attraverso un disegno CAD.
Software d'elaborazione dati:

SCAN MASTER Software; principali caratteristiche:
- Superior Performance – Visualisation and rendering with no lag of clouds up to 4.3 billion points
- Automatic edge extraction
- Volume computation
- Deformation computations using volumen meshes
- Automatic noise filtering (traffic, people etc.)
- Automated scan registration
- Automated ground extraction to create topo datasets via region select tool

- Automatic object extraction direct from the cloud (no mesh required)
- Enhanced interface e.g. Planar Zoom function yielding the most accurate elevation views we've seen Creation of othophotos
- Improved GLS control via remote video or captured images

Il rilievo è stato condotto in diversi giorni lavorativi. Per effettuare il rilievo nell'interno delle cavità è stato necessario accedere all'intero delle stesse, talora prendendo accordi con i proprietari delle cantine. Per motivi talora logistici talora di sicurezza non è stato possibile accedere entro tutte le cantine visibili nei tratti stradali oggetto di studio.

È stato rilevato un numero totale di cantine paria a 16 di cui 6 lungo Via Fra Martino, 7 lungo Via Empolitana, 2 su Via Garibaldi.

RISULTATI DELL'INDAGINE

I risultati dell'indagine di tomografia elettrica 3D si mostrano in buon accordo con i dati relativi alle altre metodologie di indagine: prove dirette pregresse eseguite nel sito (in particolare i sondaggi geognostici 1, 2 e 3) e mappatura delle cavità derivante dal rilievo laser scanner.

Si osservino ad esempio i risultati relativi al settore A "Giardino", in cui si individua (tratto mediano del settore in studio) una anomalia resistiva alla profondità da -9 a –12 m circa dal p.c.; grossomodo alla medesime quote i sondaggi geognostici hanno intercettato una cavità (vedi allegati grafici e *figura 6*). Nel piano di resistività 379 m s.l.m. - "-11 m dal p.c. Settore A Giardino" (Tavola 5) si rendono visibili ulteriori due anomalie: con molta probabilità anche queste sono da mettere in relazione con cavità nel sottosuolo (*figura 6*).

Si specifica infatti come per il settore A non sia stato possibile, per impossibilità di accedere all'interno delle cavità, mappare attraverso il laser scanner le stesse.

Profilo sett. A "Giardino"

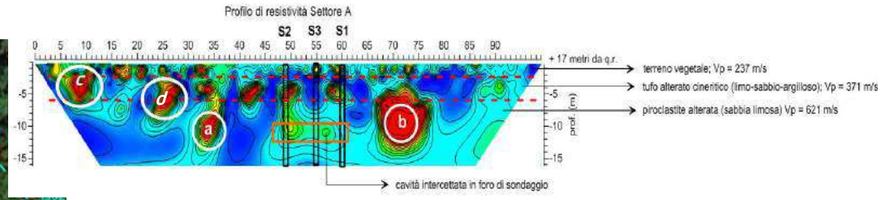


Figura 6: Piano di resistività 379 m s.l.m. / -11.0 m da quota indagine Settore A (immagine in sinistra) e Profilo di resistività Settore A (immagine in alto); è visibile l'anomalia riferibile ad una cavità intercettata anche dai sondaggi geognostici (cerchiata in arancione); alla medesima quota l'indagine di tomografia elettrica ha individuato ulteriori due anomalie ("a" e "b" nelle immagini, cerchiate in bianco); è verosimile che anche queste siano riferibili a dei cunicoli nel sottosuolo.

Con le linee in tratteggio rosso nel profilo in alto sono indicati i limiti degli strati così come intercettati in foro di sondaggio; dopo un primo livello in terreno di riporto è presente un orizzonte alterato cineritico (risposta basso resistiva della tomografia elettrica) e successivamente depositi pozzolanacei (entro i quali si collocano le cavità)

Ulteriori possibili cavità sono poste a quote lievemente inferiori (anomalie "c" e "d" nel profilo in alto).

In coincidenza delle anomalie "a" e "d" nel Settore A, si individuano dei "collegamenti resistivi" con la superficie topografica. Non può escludersi l'ipotesi che tali zone siano da riferire a terreni scarsamente addensati o degradati, per evoluzione delle stesse cavità verso l'alto (*figura 7*). Si sottolinea inoltre come l'anomalia "c" sia posta a debole profondità nel sottosuolo.

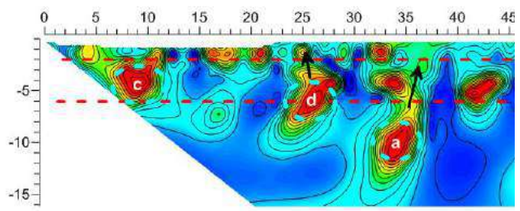


Figura 7: profilo di resistività Settore A "Giardino", progressive da 0 a 45 metri: si notano delle zone resistive di collegamento tra le anomalie ed il p.c., potenzialmente riferibili ad evoluzione delle cavità verso l'alto (frecce in colore nero).

Si vuole mettere in evidenza come la cavità intercettata nei fori di sondaggio (-10/-11 m circa dal p.c. nel Settore A) sia posta verosimilmente a quote topografiche superiori rispetto ad altre cavità che sono state mappate attraverso il rilievo laser scanner con ingressi nei tratti stradali ubicati più in basso; si tratta delle cavità G15 e G9 che si sviluppano per diversi metri entro il versante oggetto di studio (*figura 8*).

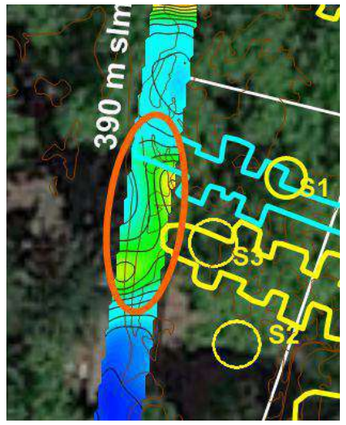


Figura 8: stralcio di piano di resistività -9 m da p.c. Settore A "Giardino": grossomodo al di sotto della cavità intercettata in foro di sondaggio (area cerchiata arancione) si individuano altre cavità (G9, in giallo, e G15, in azzurro)

Nel settore B l'indagine di tomografia elettrica ha evidenziato la presenza di numerose anomalie di resistività poste a profondità tra circa -2 e circa -5 m dal p.c.: si tratta dei cunicoli mappati attraverso il laser scanner; anche in tale caso si evidenziano alcune anomalie (non mappate) che potrebbero essere riferibili a dei cunicoli (aree cerchiate in tratteggio color azzurro, figura 9).

Osservando il profilo di sovrapposizione tra la tomografia elettrica e i risultati del rilievo laser scanner nel Settore B "Via Garibaldi" emergono alcune criticità cui porre particolare attenzione:

- La cavità ubicata alla progressiva circa 20 metri del profilo (G7) presenta una volta posta a debole profondità dal p.c.
- In coincidenza delle cavità G8, G12, G13 e delle progressive 60, 70 e 84 del profilo sono individuabili dei settori resistivi "*di continuità*" tra la quota delle cavità ed il p.c.: non può escludersi l'ipotesi che alcuni di questi settori siano riferibili a terreni maggiormente degradati ed alterati, con potenziale sviluppo di cavitazioni verso l'alto (*figura 9*).

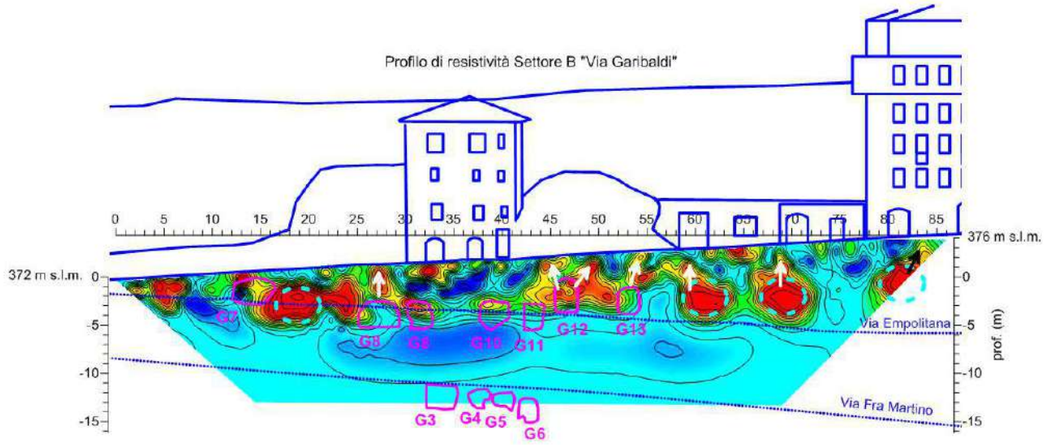


Figura 9: profilo di sovrapposizione tra la tomografia elettrica e i risultati del rilievo laser scanner (in magenta, le cavità rilevate con laser scanner): la sovrapposizione consente di effettuare valutazioni maggiormente approfondite sullo stato dei luoghi e di individuare delle criticità; si pensi ad esempio ai settori resistivi "di collegamento" tra le cavità (o possibili cavità) ed il p.c. (frecce bianche o nere in figura): potrebbero essere riferibili ad evoluzioni delle stesse cavità verso l'alto con possibile presenza di zone in materiale degradato / alterato in prossimità del piano stradale.

In coincidenza del settore soggetto a dissesto (progressive 43-55 m circa del profilo) si individuano diverse cavità: G11 (più profonda), G12 e G13 (più superficiali, e con zone resistive in prossimità del p.c.).

Anche nel settore C "Via Empolitana" l'indagine di tomografia elettrica ha evidenziato una corrispondenza tra un settore con valori alto-resistivi dell'indagine e le cavità mappate (*figura 10*)

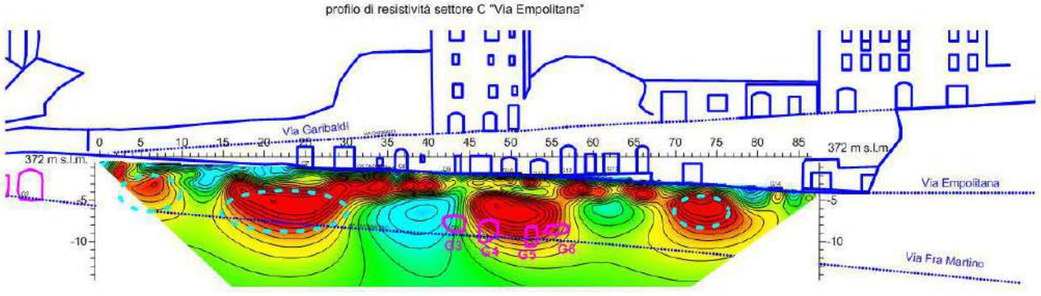


Figura 10: profilo di sovrapposizione tra la tomografia elettrica e i risultati del rilievo laser scanner: la estesa area resistiva centrale coincide con un settore in cui sono presenti cavità (G3, G4, G5, G6); si può presumere che anche entro gli altri settori resistivi (cerchiati in colore azzurro) individuati dall'indagine possano essere presenti delle cavità o settori con vuoti.

Nel settore D (Via Fra' Martino) sono state individuate delle anomalie di resistività in forme circoscritte ed in discontinuità con il p.c. attuale. Anche per tale settore (come per il settore A) non si hanno a disposizione dati derivanti dal rilievo laser scanner, tuttavia la quota di rinvenimento (e la particolare conformazione delle anomalie) fanno sì che queste debbano essere comunque considerate come possibili cunicoli. Le anomalie di interesse in esame sono indicate con cerchi in tratteggio in colore blu in *figura 11*.

Anche in tale settore emergono delle zone resistive "di collegamento" con il piano campagna: non può essere esclusa l'ipotesi che indichino zone di evoluzione delle stesse cavità verso l'alto (frecce bianche in *figura 11*)

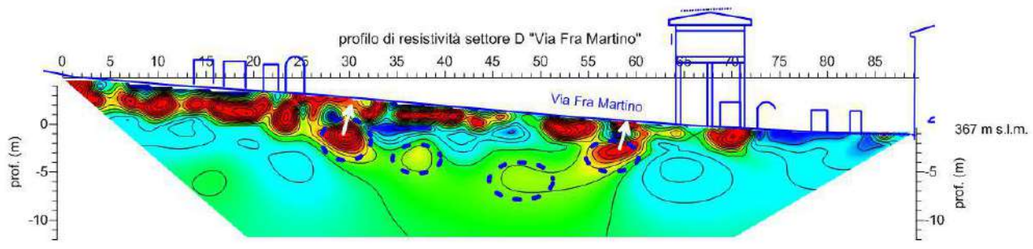


Figura 11: profilo di resistività Settore D: sono state individuate alcune anomalie di interesse, potenzialmente riferibili a ulteriori cunicoli presenti nel tratto posto alle quote topografiche più basse dell'intera area indagata (aree in tratteggio di colore blu)

CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Sulla base dei risultati ottenuti dalla campagna di indagine geofisica con metodo della tomografia elettrica di superficie 3D e dal rilievo con metodo laser scanner, si possono trarre le seguenti considerazioni:

- L'indagine di tomografia elettrica ha mostrato un andamento compatibile con il modello geologico del sito in esame (desunto dai dati bibliografici e da dati di sondaggio pregressi) e con i dati derivanti dal rilievo laser scanner.

- Nel tratto mediano del settore A "Giardino" si individua una anomalia resistiva alla profondità da -9 a -12 m circa dal p.c.; alla medesime quote i sondaggi geognostici pregressi hanno intercettato una cavità. Nei restanti settori indagati si rendono visibili ulteriori tre anomalie: è possibile che anche queste siano da mettere in relazione con cavità presenti nel sottosuolo.

- Nel settore B "Via Garibaldi" l'indagine di tomografia elettrica ha evidenziato la presenza di numerose anomalie di resistività poste a profondità tra circa -2 e circa -5 m dal p.c.: si tratta dei cunicoli mappati attraverso il rilievo laser scanner; anche in tale caso si evidenziano alcune anomalie (non mappate) che sono comunque da riferire a dei cunicoli esistenti.

- Ulteriori anomalie si individuano nei settori C "Via Empolitana" e D "Via Fra Martino": anche in tali casi alle anomalie non corrispondenti con cavità note deve essere posta particolare attenzione, in quanto potrebbero essere riferibili a zone con vuoti attualmente non note o mappabili.

- In alcuni settori di sottosuolo è emersa la presenza di zone resistive "di collegamento" tra le cavità o presunte cavità ed il piano campagna: non può essere esclusa l'ipotesi che tali zone indichino settori di evoluzione delle stesse cavità verso l'alto (con presenza di materiale particolarmente degradato e alterato in prossimità del piano stradale).

- Nella tavola 16 sono riportati una planimetria di dettaglio e delle sezioni topografiche desunte dal modello 3D dell'intero costone derivante dal rilievo laser scanner. Tale dato può costituire ausilio alle future attività di progettazione da condurre in situ.

- Il dettagliato rilevamento delle cavità sotterranee ha consentito una mappatura delle stesse in pianta. Le cavità sono inoltre restituite nelle sezioni topografiche. Oltre ad essere utili per le attività di progettazione, i dati ottenuti con rilievo laser scanner possono essere utilizzati per ispezioni costanti nel tempo (monitoraggio dello stato dei luoghi delle stesse cavità) ed eventualmente ai fini della

realizzazione di adeguate opere di manutenzione e/o recupero delle stesse al fine di prevenire fenomeni di dissesto.

Sulla base degli strumenti interpretativi forniti e per un maggior dettaglio sulle dimensioni e sull'ubicazione delle aree anomale si rimanda alla visione degli allegati cartografici.

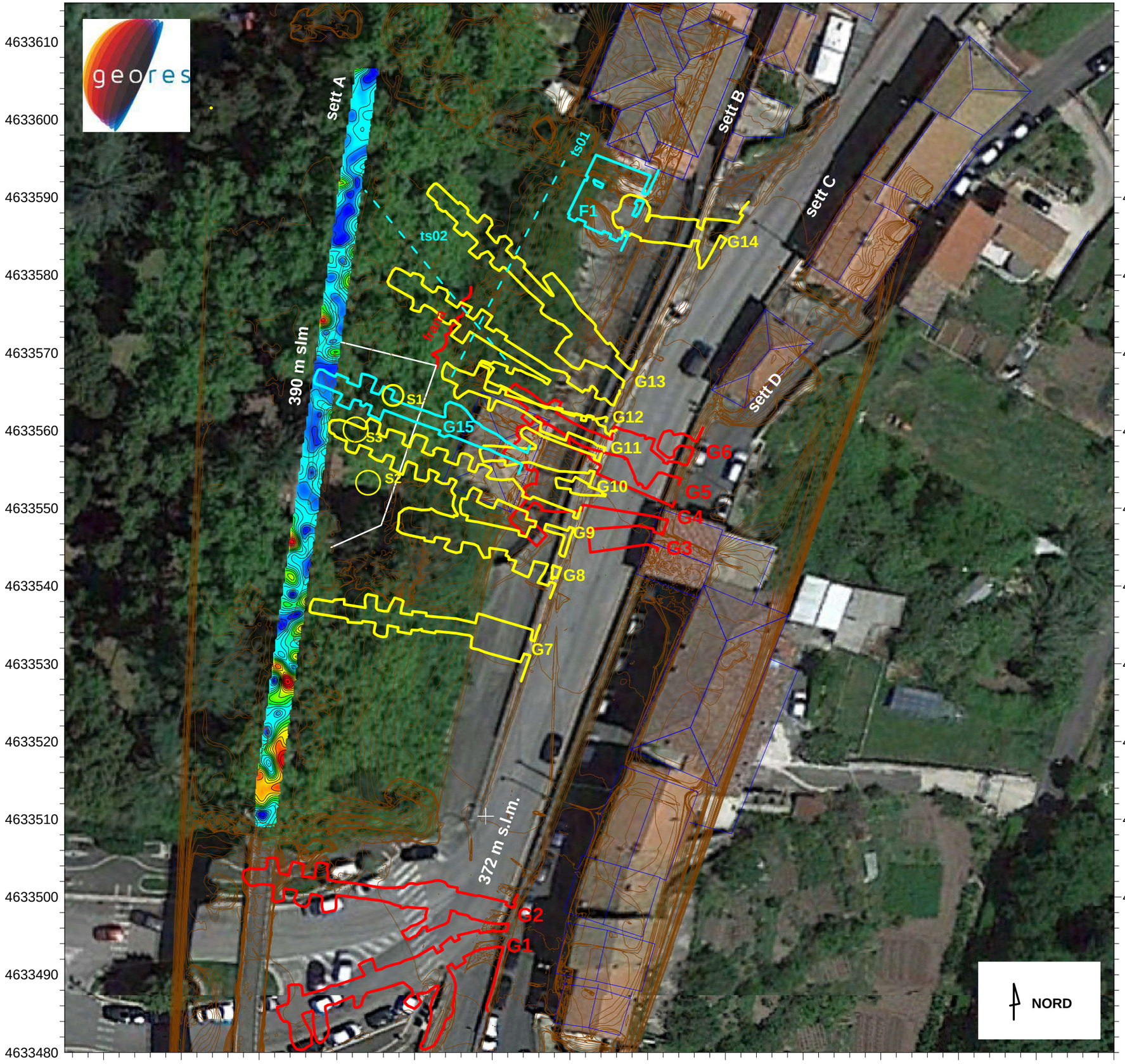
Si specifica infine come l'interpretazione dei settori anomali (se attribuibili a cavità o a significative discontinuità litologiche laterali e verticali) richieda una ulteriore validazione sulla base di informazioni derivanti da indagini dirette (sondaggi, scavi, video-ispezioni ecc…)

Frosinone, Settembre 2017

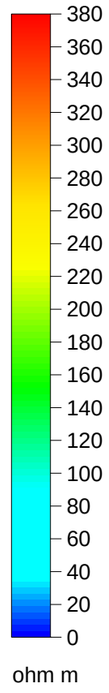
Dott. Geol. Roberto Bracaglia

infogeores@pec.it
geores.it

Data	Settembre 2017
Committente	Studio di Ingegneria Maggi s.r.l.
Cantiere	Viale G. Garibaldi, Genazzano (RM)
Tipologia di lavoro	Tomografia elettrica di superficie 2D e rilievo laser scanner



piano 388 m s.l.m. (-2.0 m da p.c. sett A giardino)



Titolo	Indagine geofisica di tomografia elettrica 2D e rilievo laser scanner	
Scala	1:500	Tav. n° 1

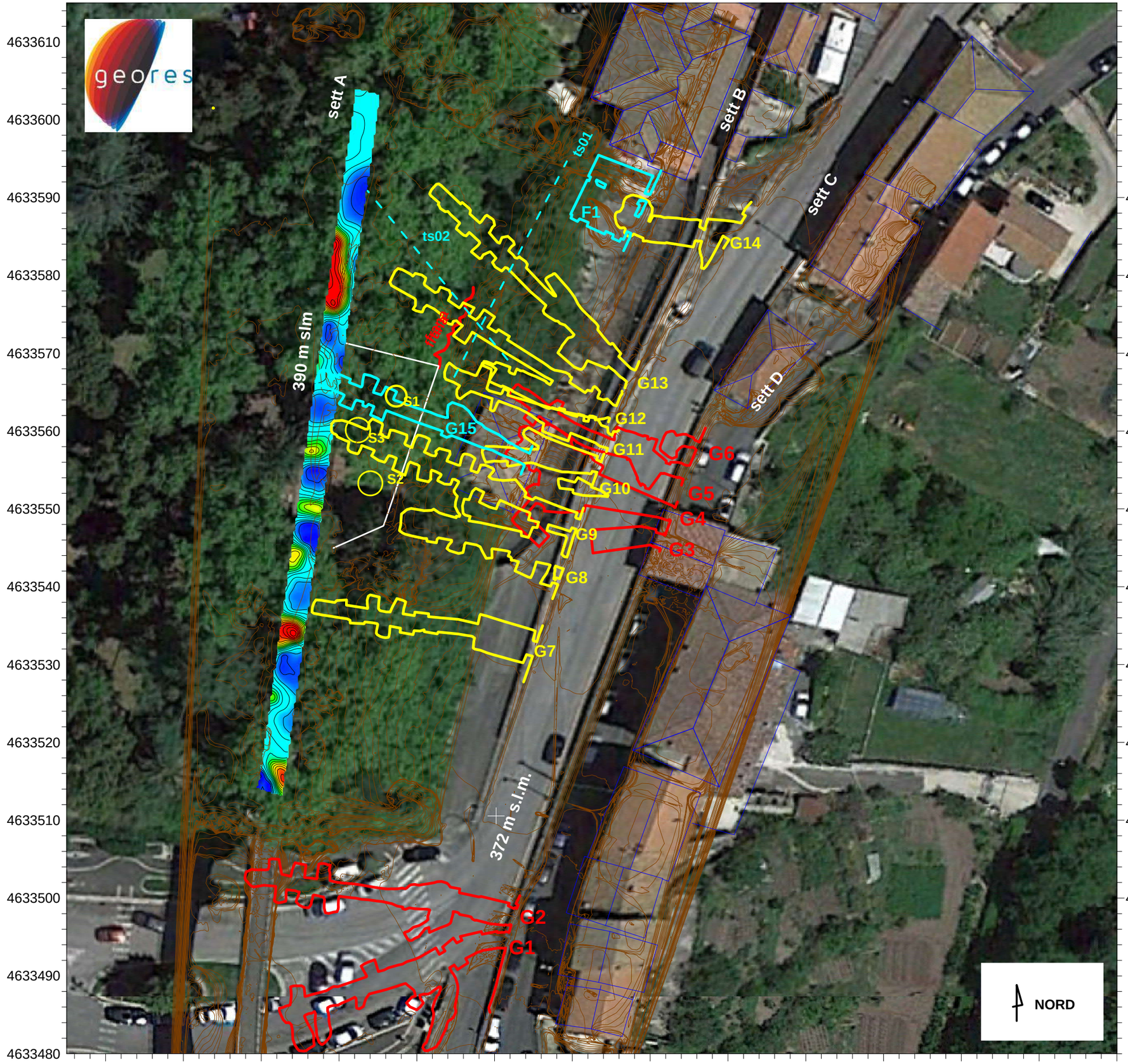
Data	Settembre 2017
Committente	Studio di Ingegneria Maggi s.r.l.
Cantiere	Viale G. Garibaldi, Genazzano (RM)
Tipologia di lavoro	Tomografia elettrica di superficie 2D e rilievo laser scanner

piano 386 m s.l.m. (-4.0 m da p.c. sett A giardino)

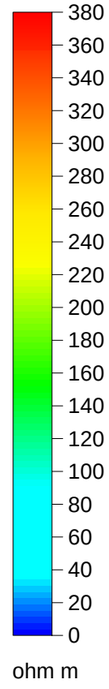
ohm m

Titolo	Indagine geofisica di tomografia elettrica 2D e rilievo laser scanner
Scala	1:500
	Tav. n° 2

Data	Settembre 2017
Committente	Studio di Ingegneria Maggi s.r.l.
Cantiere	Viale G. Garibaldi, Genazzano (RM)
Tipologia di lavoro	Tomografia elettrica di superficie 2D e rilievo laser scanner

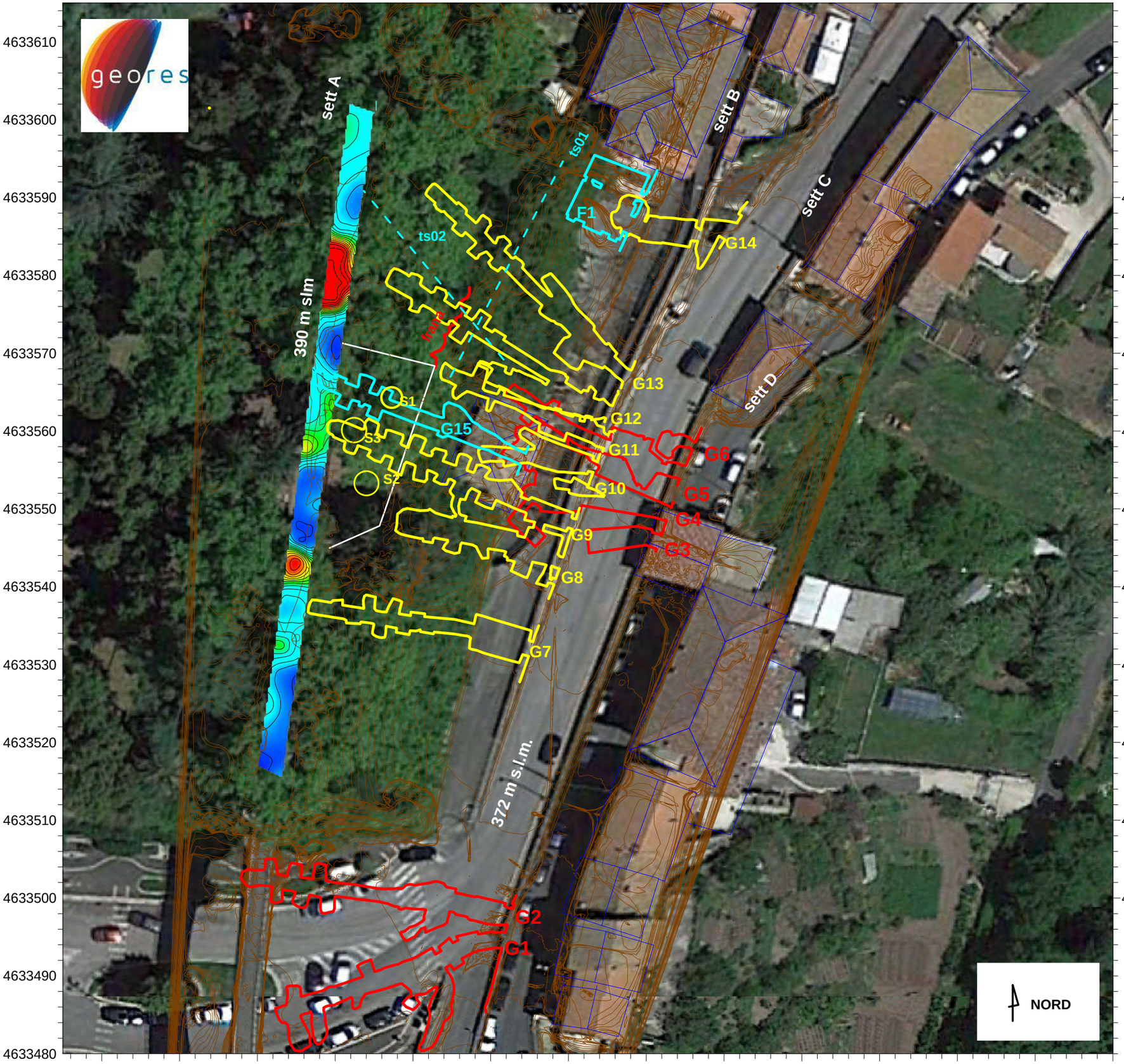


piano 384 m s.l.m. (-6.0 m da p.c. sett A giardino)

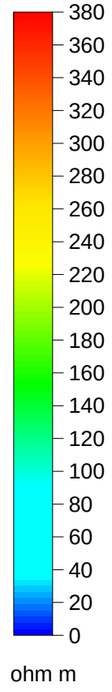


Titolo	Indagine geofisica di tomografia elettrica 2D e rilievo laser scanner	
Scala	1:500	Tav. n° 3

Data	Settembre 2017
Committente	Studio di Ingegneria Maggi s.r.l.
Cantiere	Viale G. Garibaldi, Genazzano (RM)
Tipologia di lavoro	Tomografia elettrica di superficie 2D e rilievo laser scanner

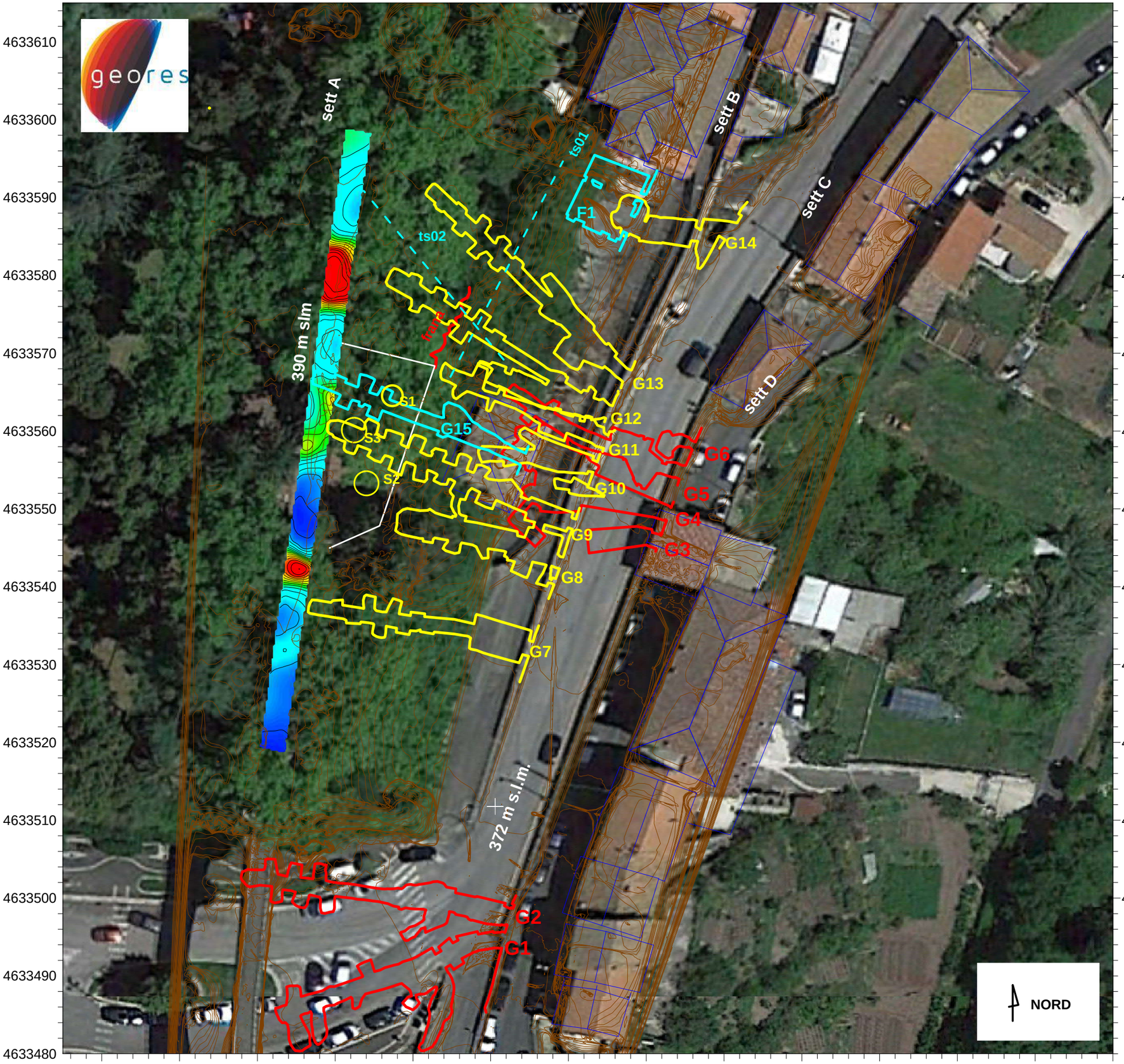


piano 381 m s.l.m. (-9.0 m da p.c. sett A giardino)

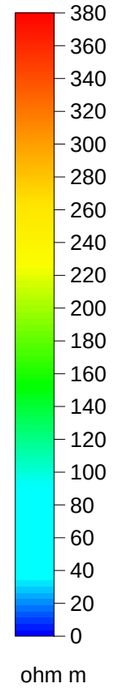


Titolo	Indagine geofisica di tomografia elettrica 2D e rilievo laser scanner	
Scala	1:500	Tav. n° 4

Data	Settembre 2017
Committente	Studio di Ingegneria Maggi s.r.l.
Cantiere	Viale G. Garibaldi, Genazzano (RM)
Tipologia di lavoro	Tomografia elettrica di superficie 2D e rilievo laser scanner



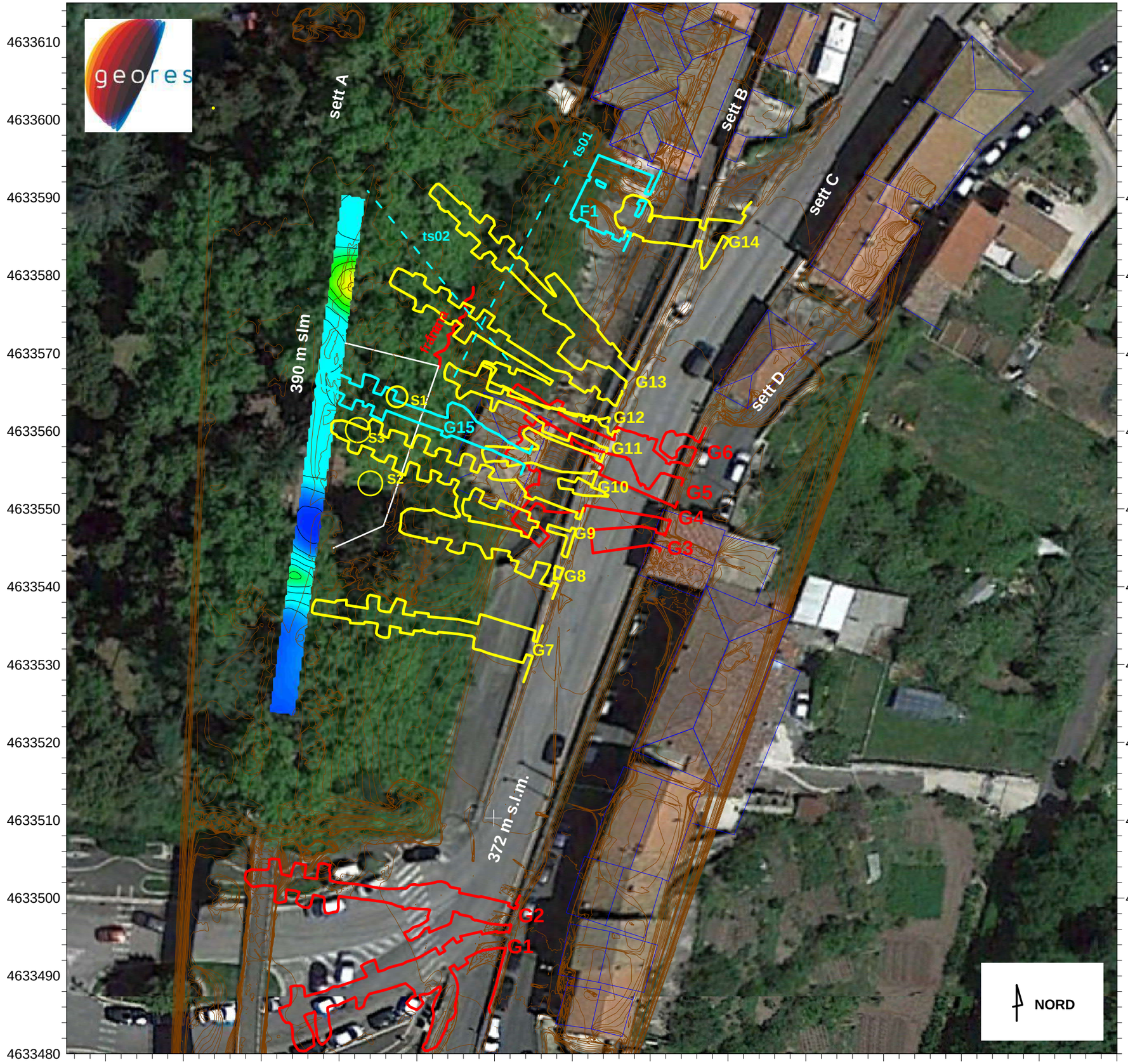
piano 379 m s.l.m. (-11.0 m da p.c. sett A giardino)

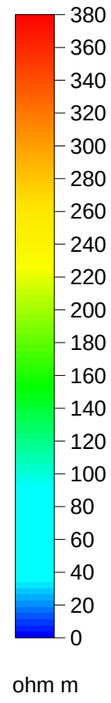


Titolo	Indagine geofisica di tomografia elettrica 2D e rilievo laser scanner	
Scala	1:500	Tav. n° 5

Data	Setembre 2017
Committente	Studio di Ingegneria Maggi s.r.l.
Cantiere	Viale G. Garibaldi, Genazzano (RM)
Tipologia di lavoro	Tomografia elettrica di superficie 2D e rilievo laser scanner

piano 376 m s.l.m. (-14.0 m da p.c. sett A giardino)

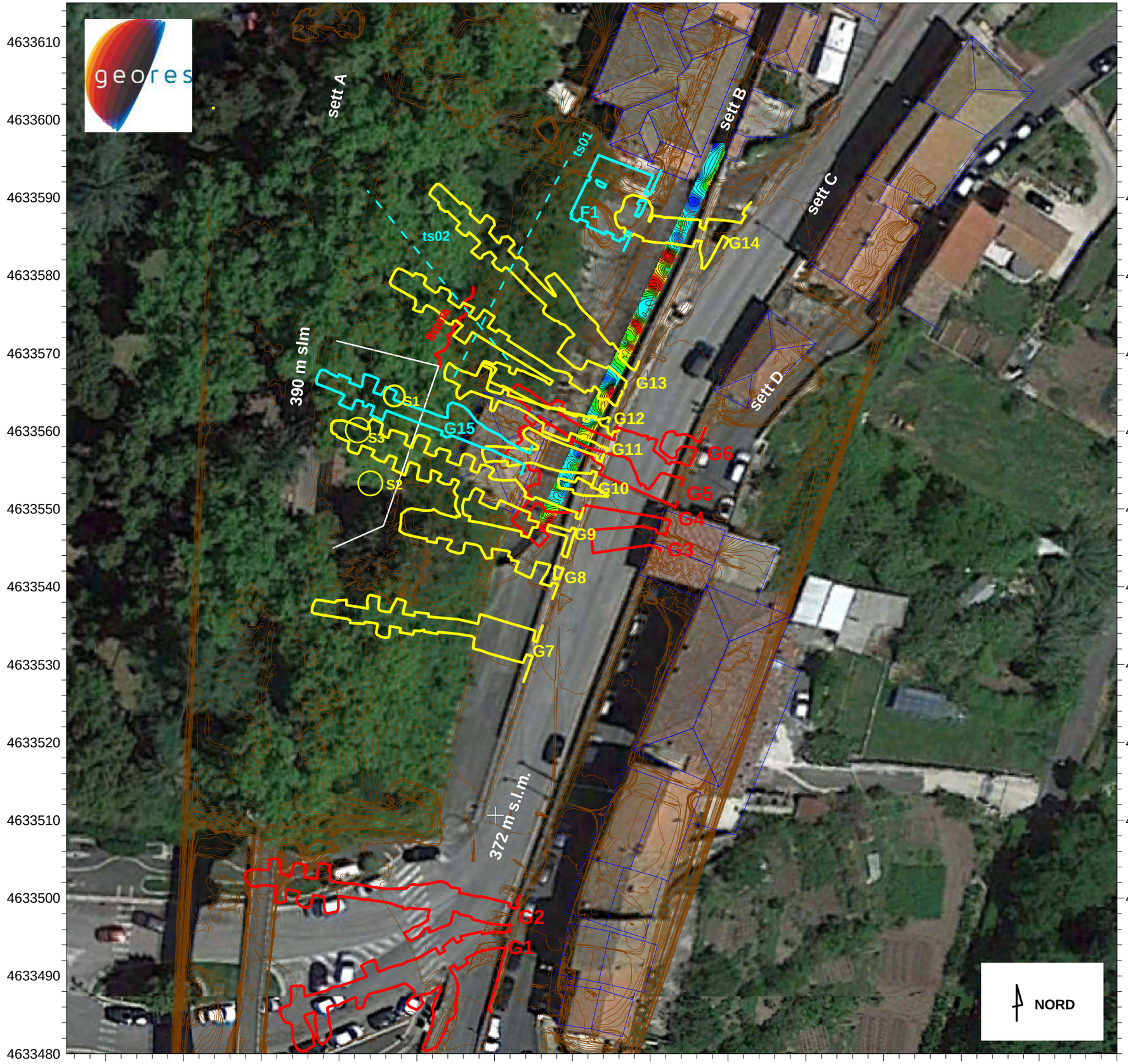


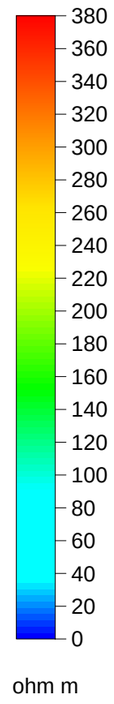


Titolo	Indagine geofisica di tomografia elettrica 2D e rilievo laser scanner	
Scala	1:500	Tav. n° 6

Data	Settembre 2017
Committente	Studio di Ingegneria Maggi s.r.l.
Cantiere	Viale G. Garibaldi, Genazzano (RM)
Tipologia di lavoro	Tomografia elettrica di superficie 2D e rilievo laser scanner

piano 375 m s.l.m. (-1.0 m da p.c. sett B via garibaldi)

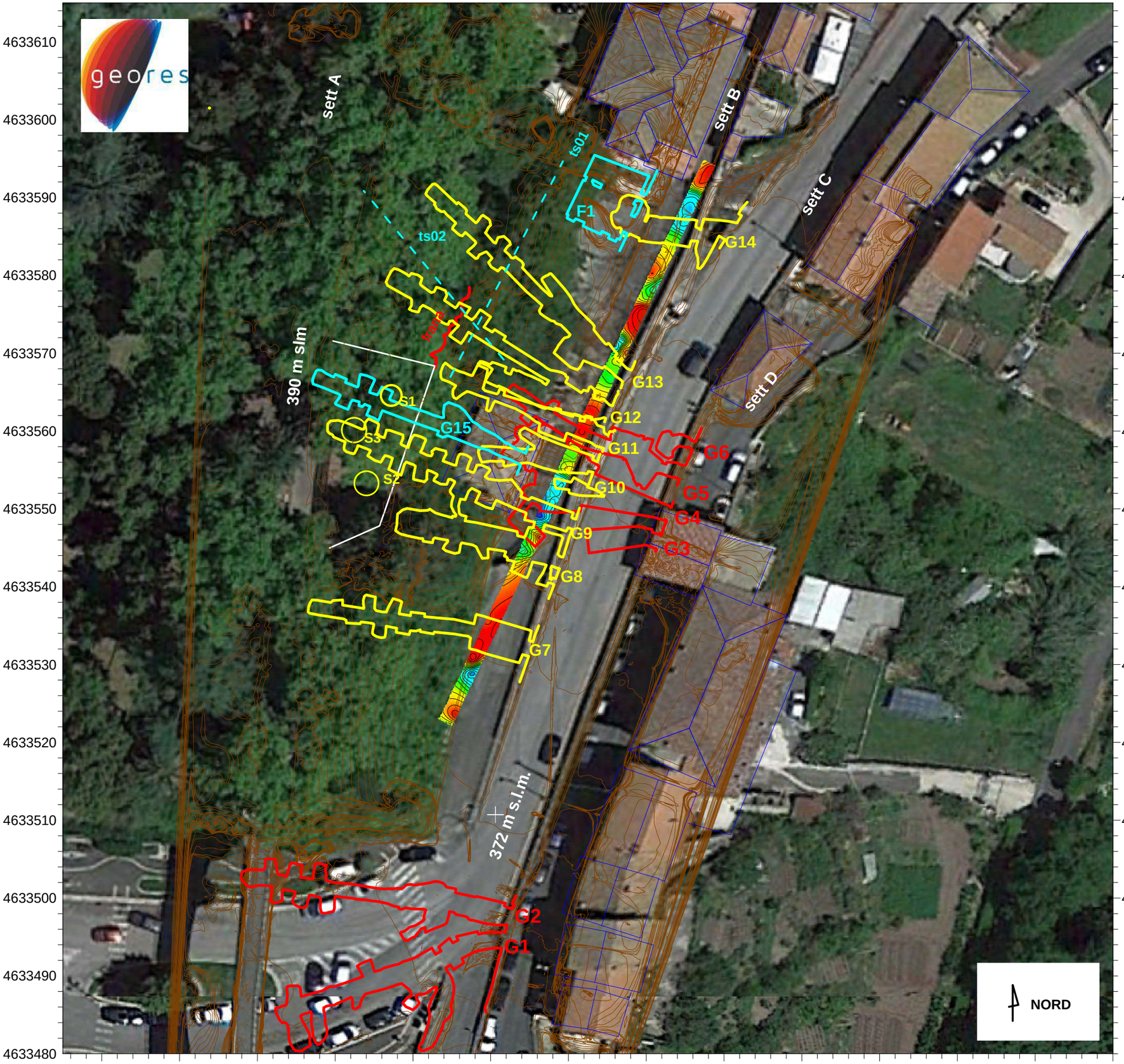


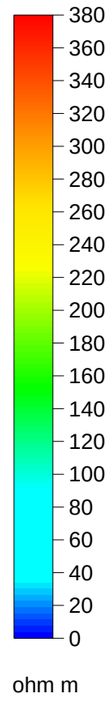


Titolo	Indagine geofisica di tomografia elettrica 2D e rilievo laser scanner	
Scala	1:500	Tav. n° 7

Data	Settembre 2017
Committente	Studio di Ingegneria Maggi s.r.l.
Cantiere	Viale G. Garibaldi, Genazzano (RM)
Tipologia di lavoro	Tomografia elettrica di superficie 2D e rilievo laser scanner

piano 372 m s.l.m. (-4.0 m da p.c. sett B via garibaldi)

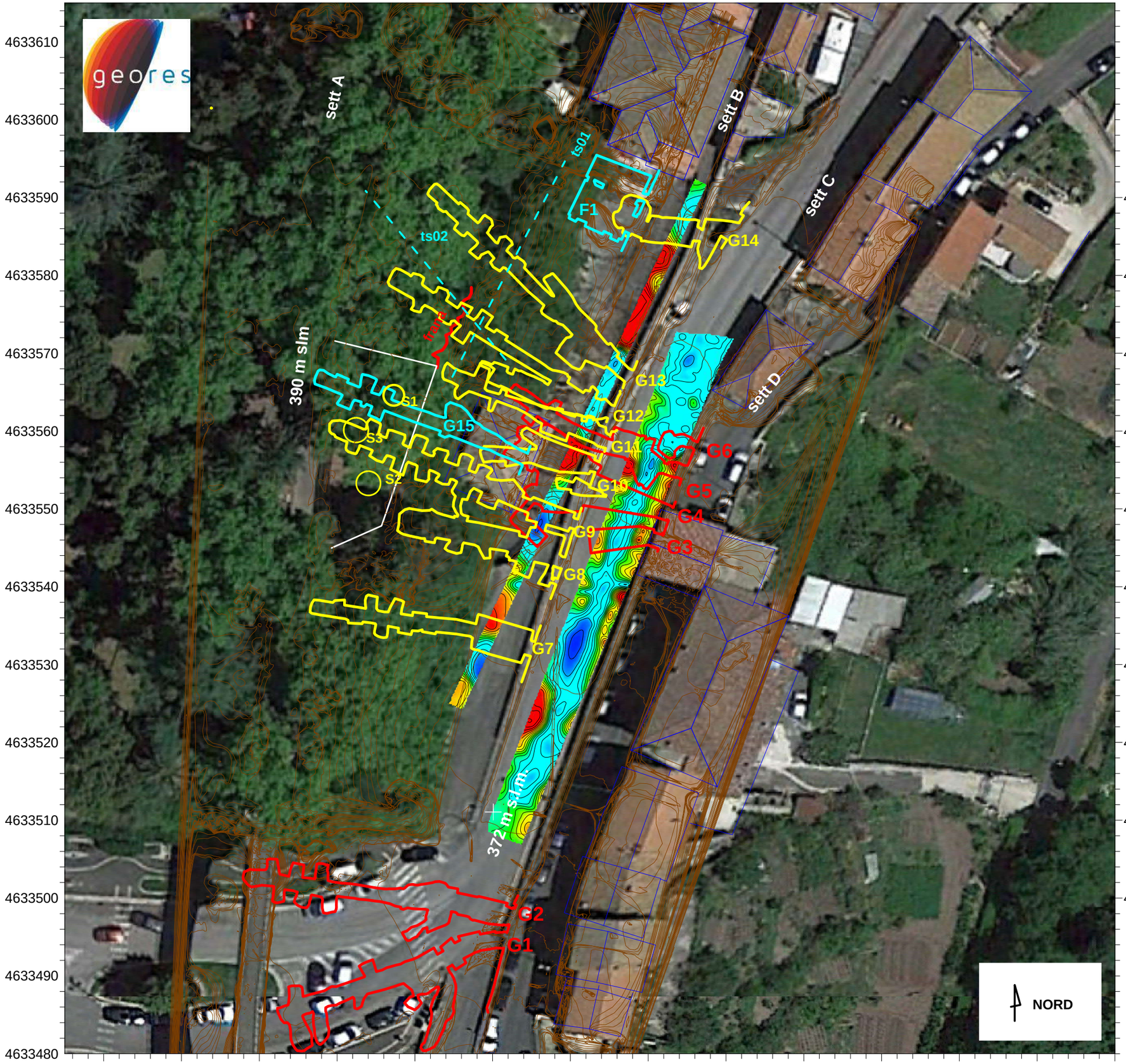


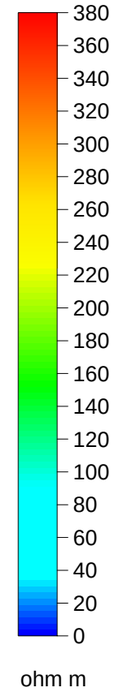


Titolo	Indagine geofisica di tomografia elettrica 2D e rilievo laser scanner	
Scala	1:500	Tav. n° 8

Data	Settembre 2017
Committente	Studio di Ingegneria Maggi s.r.l.
Cantiere	Viale G. Garibaldi, Genazzano (RM)
Tipologia di lavoro	Tomografia elettrica di superficie 2D e rilievo laser scanner

piano 370 m s.l.m. (-6.0 m da p.c. sett B via garibaldi)
(-2.0 m da p.c. sett C via empolitana)

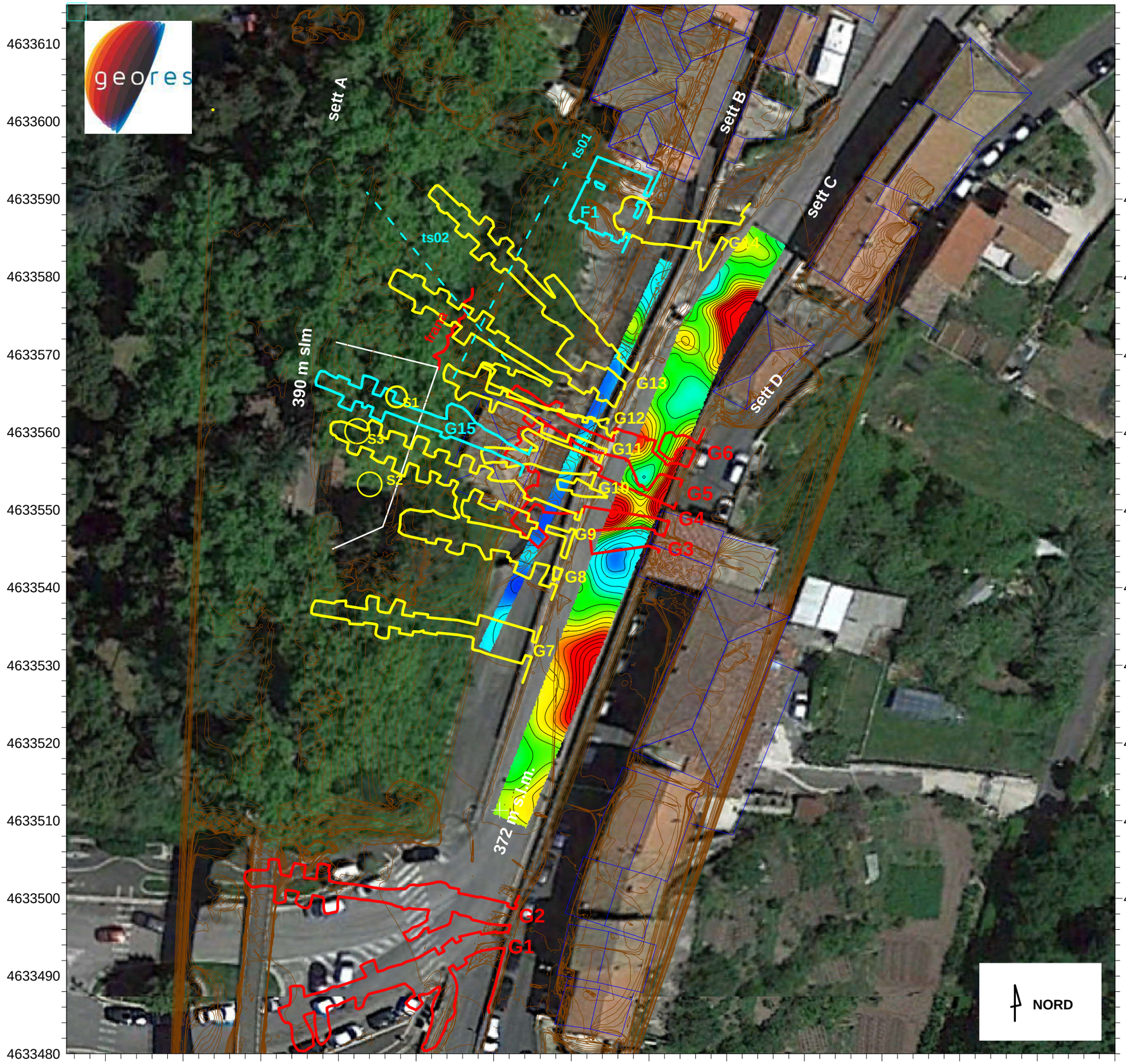


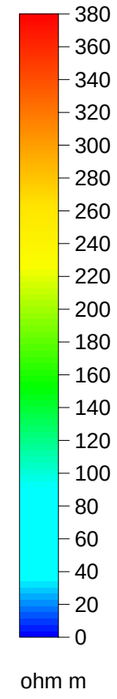


Titolo	Indagine geofisica di tomografia elettrica 2D e rilievo laser scanner	
Scala	1:500	Tav. n° 9

Data	Settembre 2017
Committente	Studio di Ingegneria Maggi s.r.l.
Cantiere	Viale G. Garibaldi, Genazzano (RM)
Tipologia di lavoro	Tomografia elettrica di superficie 2D e rilievo laser scanner

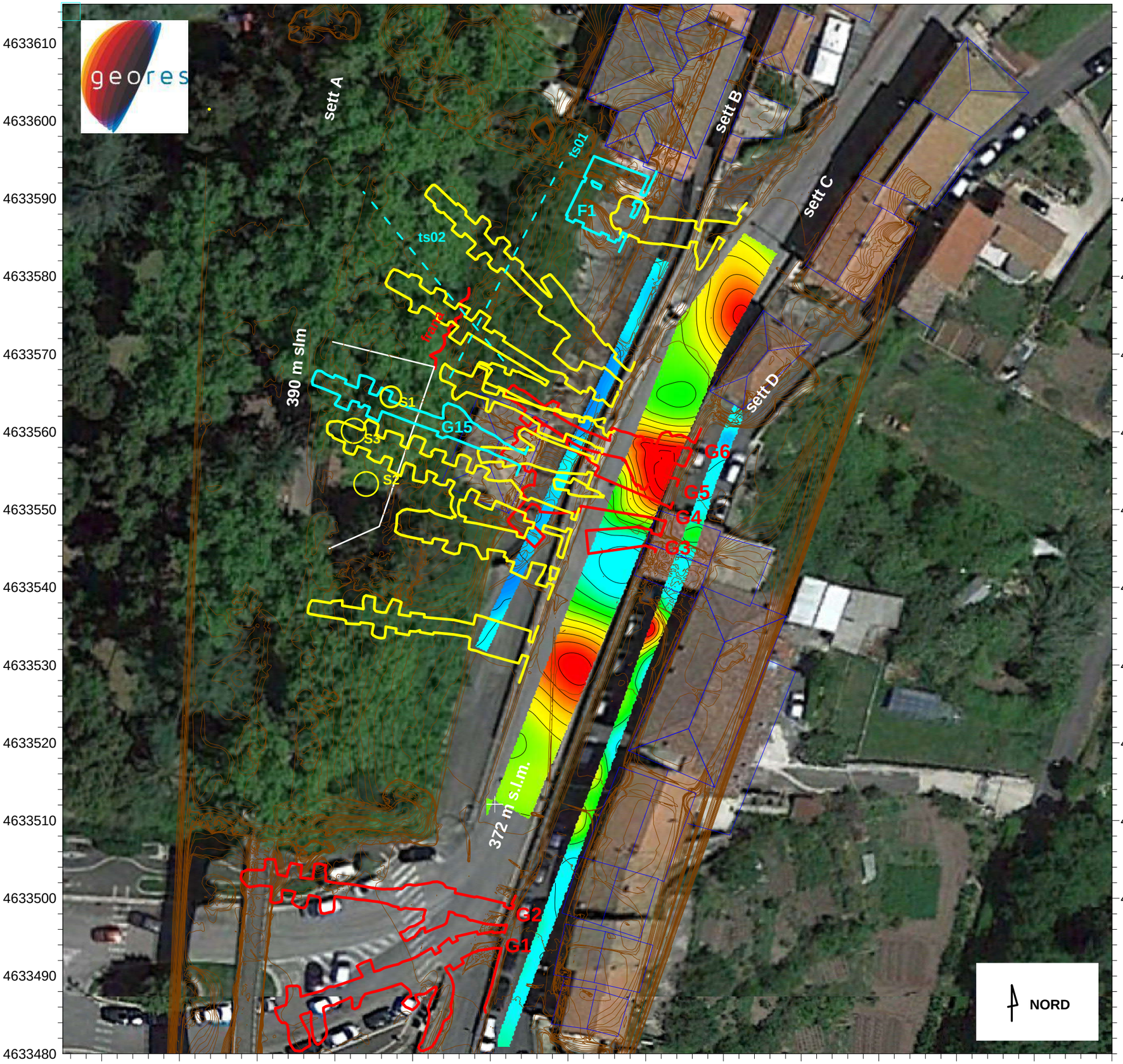
piano 367 m s.l.m. (-9.0 m da p.c. sett B via garibaldi)
(-5.0 m da p.c. sett C via empolitana)



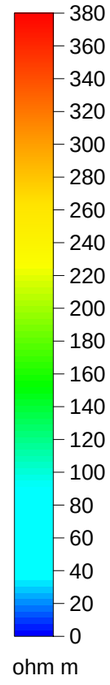


Titolo	Indagine geofisica di tomografia elettrica 2D e rilievo laser scanner	
Scala	1:500	Tav. n° 10

Data	Settembre 2017
Committente	Studio di Ingegneria Maggi s.r.l.
Cantiere	Viale G. Garibaldi, Genazzano (RM)
Tipologia di lavoro	Tomografia elettrica di superficie 2D e rilievo laser scanner

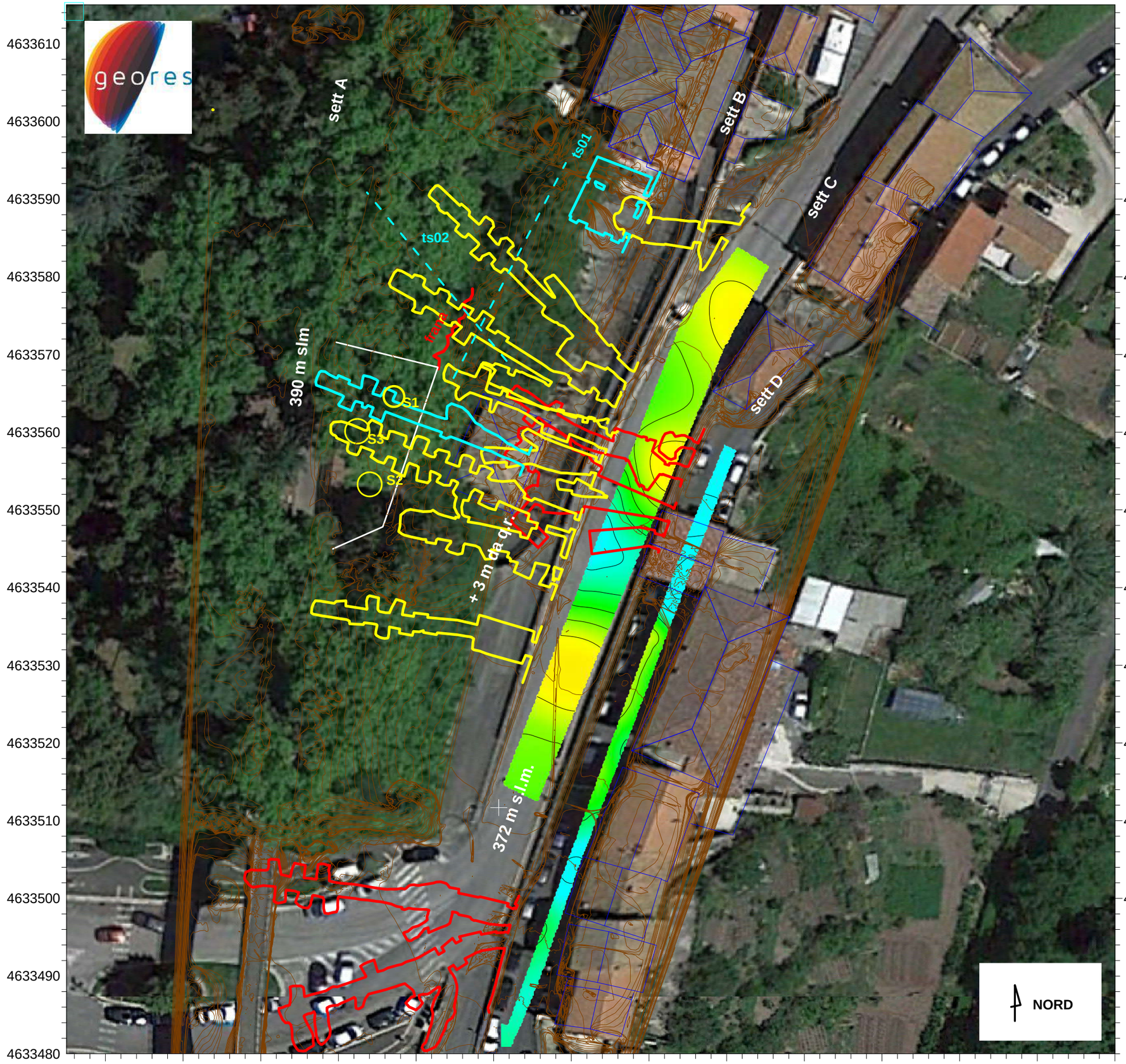


piano 364 m s.l.m. (-12.0 m da p.c. sett B via garibaldi)
(-8.0 m da p.c. sett C via empolitana)
(-3.0 m da p.c. sett D via fra martino)

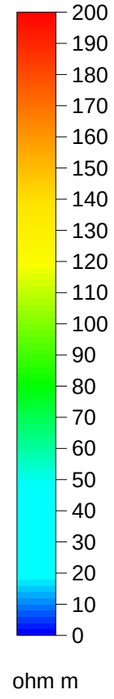


Titolo	Indagine geofisica di tomografia elettrica 2D e rilievo laser scanner	
Scala	1:500	Tav. n° 11

Data	Settembre 2017
Committente	Studio di Ingegneria Maggi s.r.l.
Cantiere	Viale G. Garibaldi, Genazzano (RM)
Tipologia di lavoro	Tomografia elettrica di superficie 2D e rilievo laser scanner

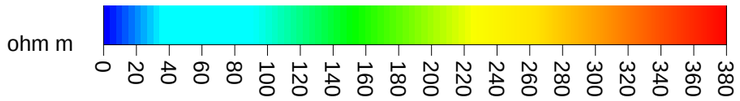


piano 361 m s.l.m. (-12.0 m da p.c. sett C via empolit.)
(-6.0 m da p.c. sett D via fra mart.)

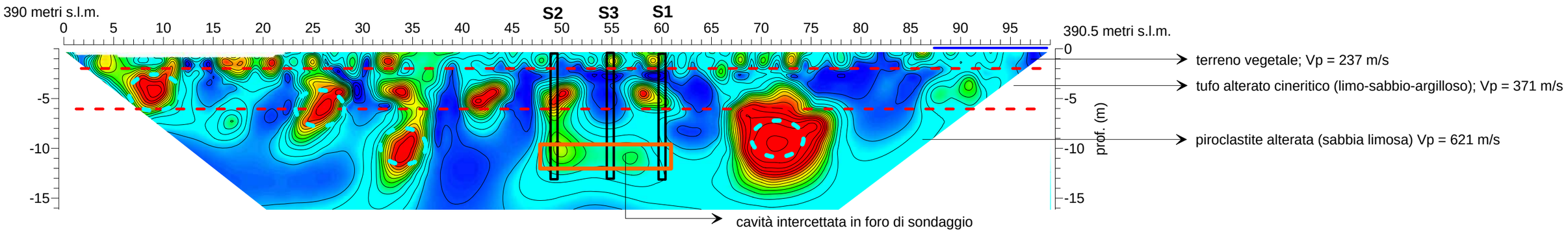


Titolo	Indagine geofisica di tomografia elettrica 2D e rilievo laser scanner	
Scala	1:500	Tav. n° 12

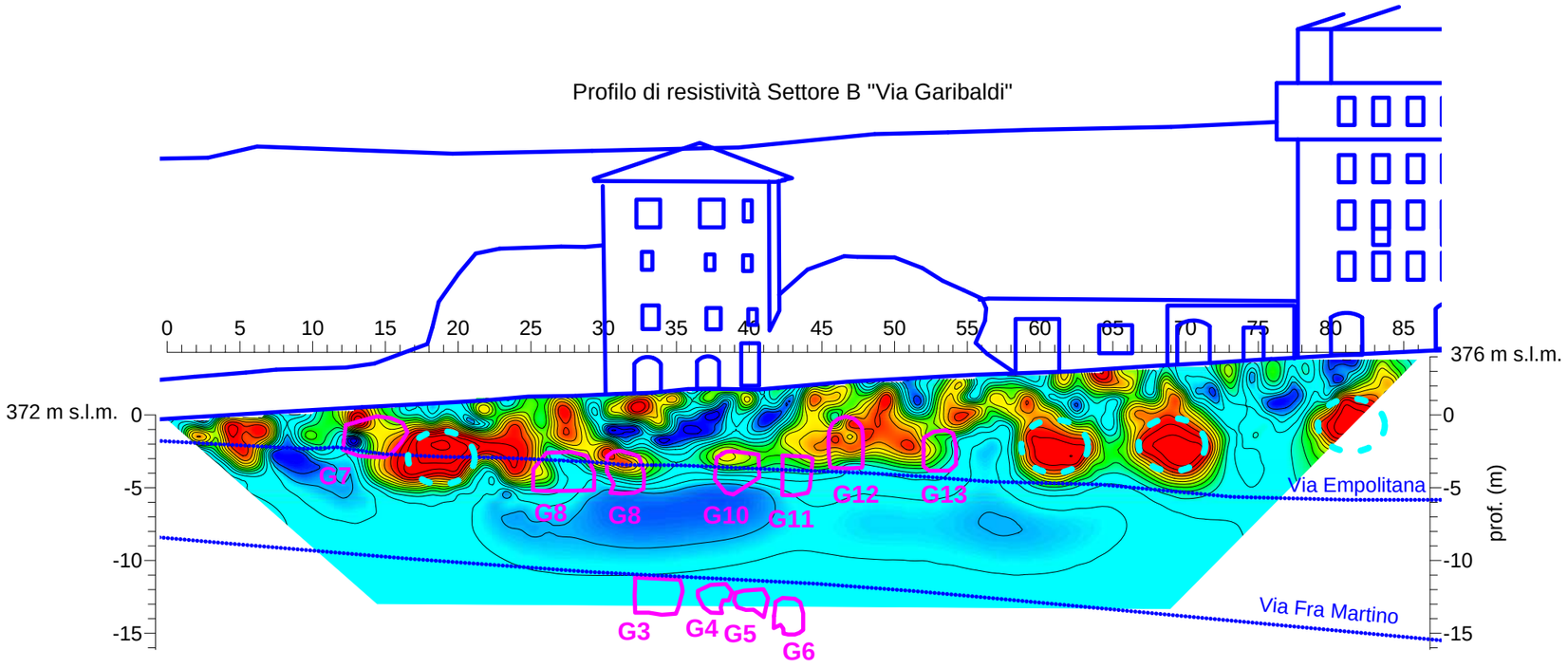
Data	Settembre 2017
Committente	Studio di Ingegneria Maggi s.r.l.
Cantiere	Viale G. Garibaldi, Genazzano (RM)
Tipologia di lavoro	Tomografia elettrica di superficie 2D e rilievo laser scanner



Profilo di resistività Settore A "Giardino"



Profilo di resistività Settore B "Via Garibaldi"



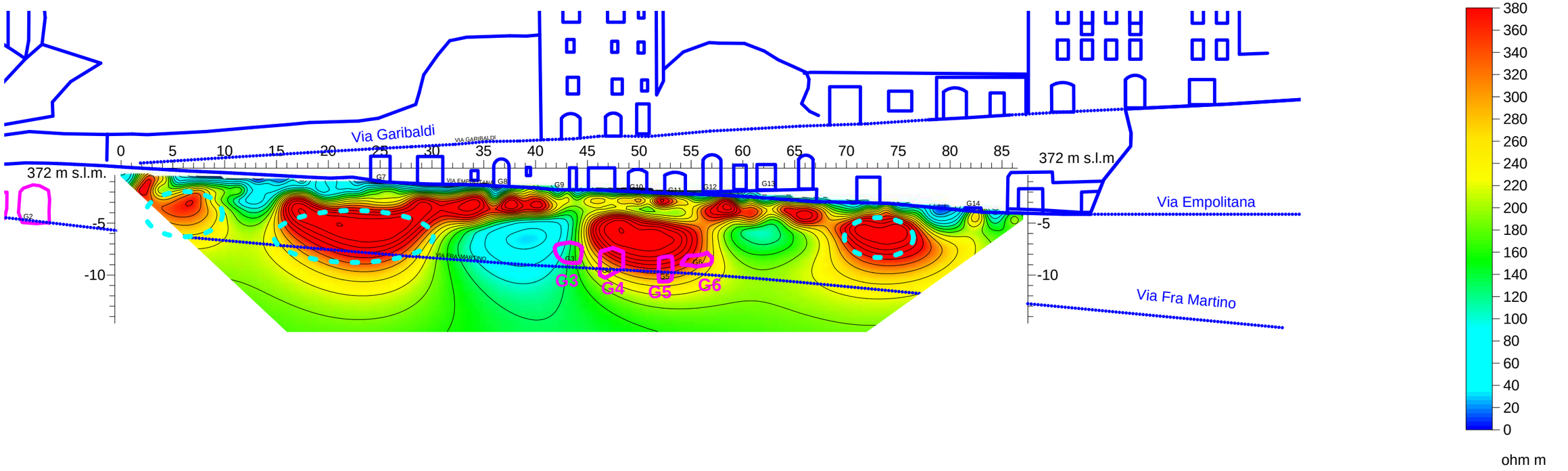
LEGENDA

- ubicazione delle cavità (da rilievo laser scanner)
- ulteriori settori resistivi; non può escludersi l'ipotesi che siano riferibili a settori con vuoti ad oggi non noti
- profilo topografico sovrapposto al profilo di resistività

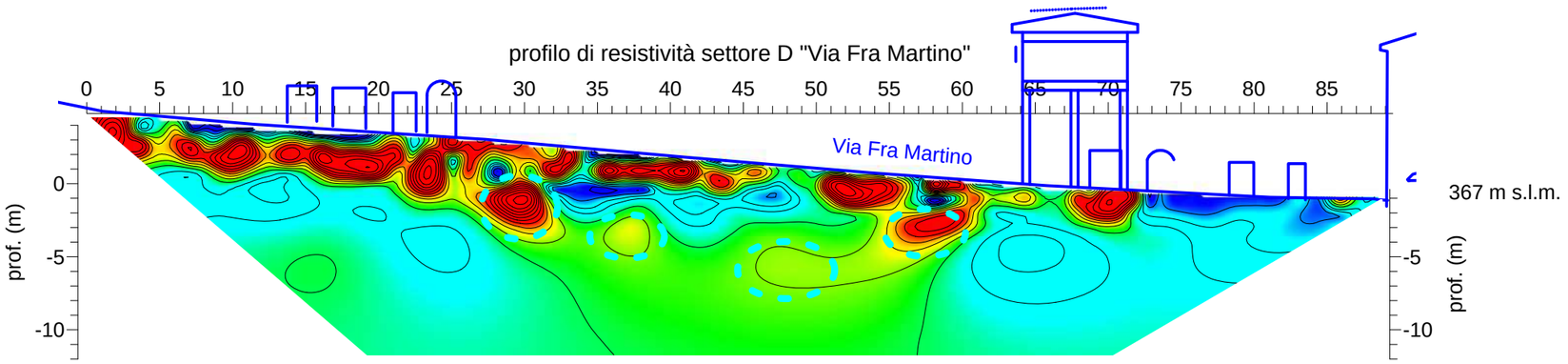
Titolo	Indagine geofisica di tomografia elettrica 2D e rilievo laser scanner	
Scala	1:400	Tav. n° 13

Data	Settembre 2017
Committente	Studio di Ingegneria Maggi s.r.l.
Cantiere	Viale G. Garibaldi, Genazzano (RM)
Tipologia di lavoro	Tomografia elettrica di superficie 2D e rilievo laser scanner

profilo di resistività settore C "Via Empolitana"



profilo di resistività settore D "Via Fra Martino"



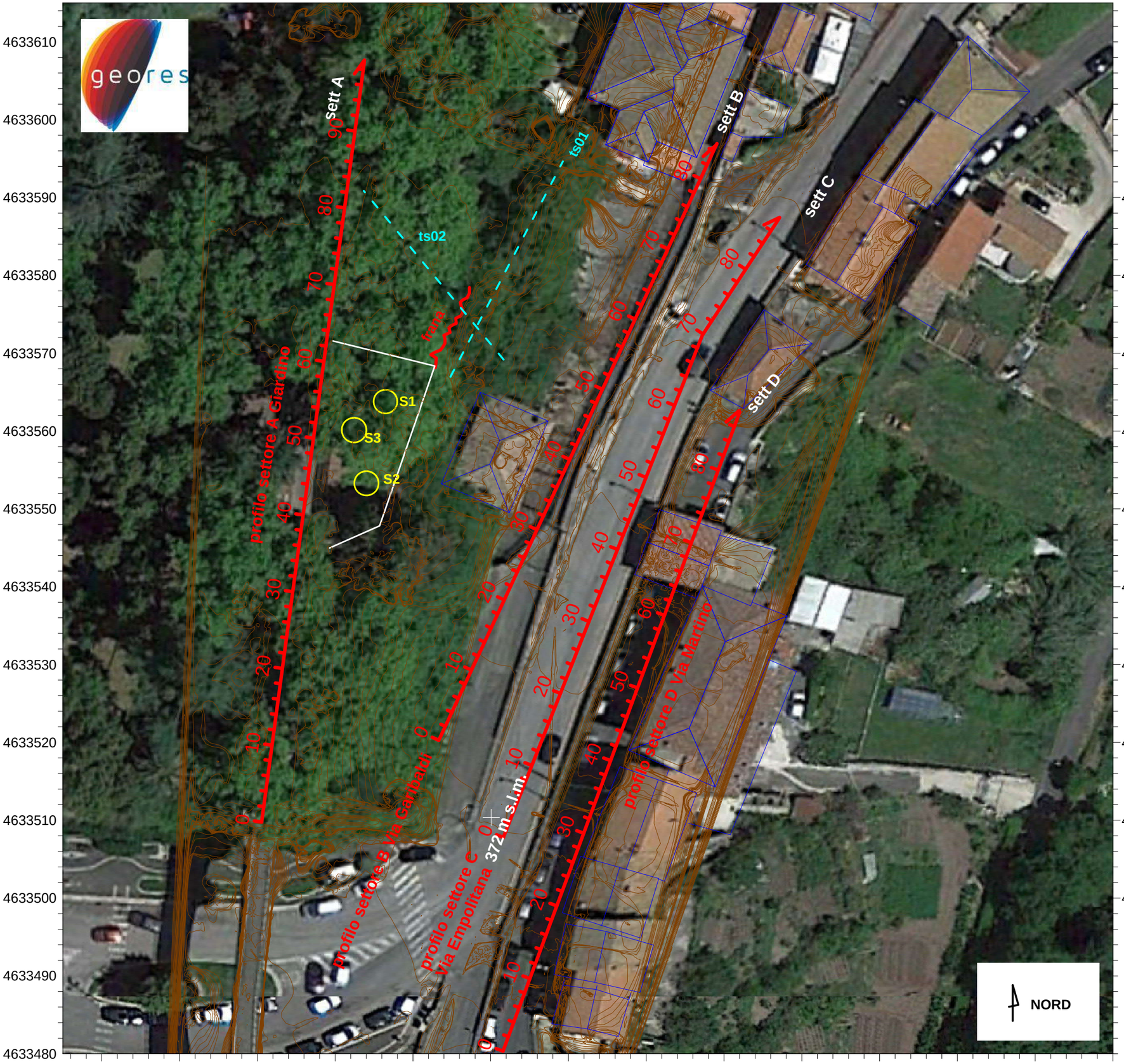
LEGENDA

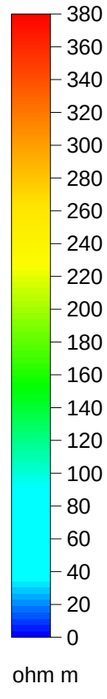
- ubicazione delle cavità (da rilievo laser scanner)
- ulteriori settori resistivi; non può escludersi l'ipotesi che siano riferibili a settori con vuoti ad oggi non noti
- profilo topografico sovrapposto al profilo di resistività

Titolo	Indagine geofisica di tomografia elettrica 2D e rilievo laser scanner	
Scala	1:400	Tav. n° 14

Data	Settembre 2017
Committente	Studio di Ingegneria Maggi s.r.l.
Cantiere	Viale G. Garibaldi, Genazzano (RM)
Tipologia di lavoro	Tomografia elettrica di superficie 2D e rilievo laser scanner

planimetria riferimento profili di resistività



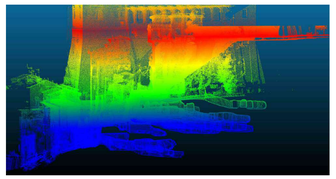


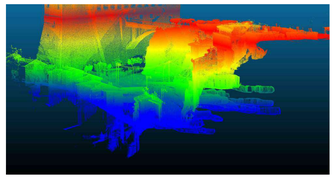
Titolo	Indagine geofisica di tomografia elettrica 2D e rilievo laser scanner	
Scala	1:500	Tav. n° 15

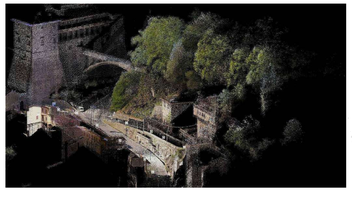
COMUNE DI GENAZZANO

INDAGINE GEOFISICA DI TOMOGRAFIA ELETTRICA 3D E RILIEVO LASER SCANNER PER LO STUDIO DEL DISSESTO DEL COSTONE SOVRASTANTE IL FABBRICATO IN VIA GARIBALDI

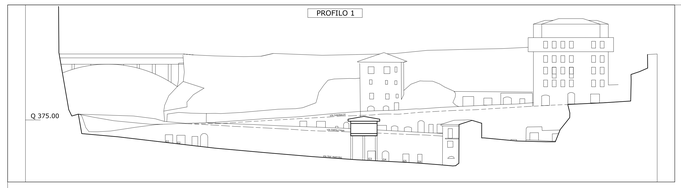
RILIEVO LASER SCANNER



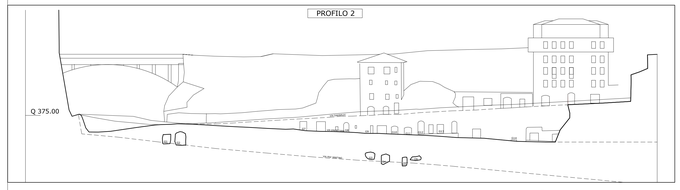




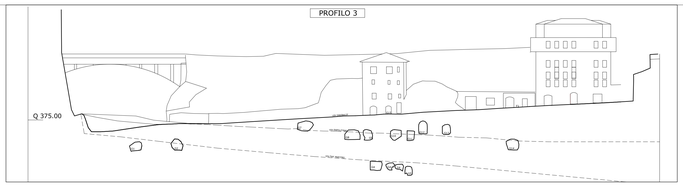
PROFILO 1



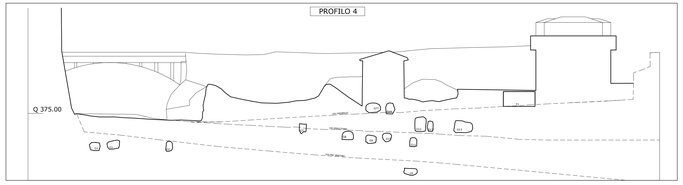
PROFILO 2



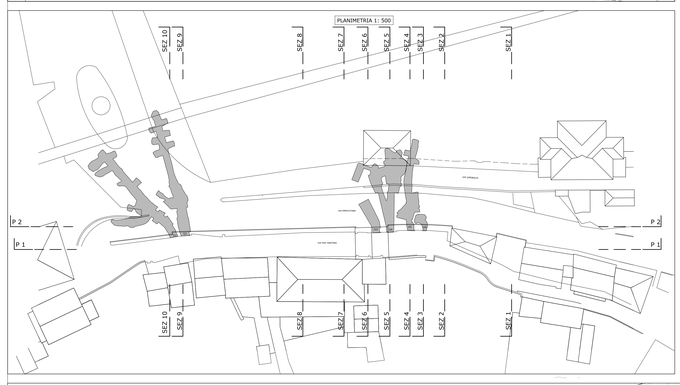
PROFILO 3



PROFILO 4

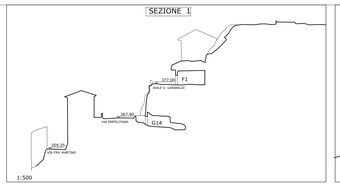


PLANIMETRIA 1: 500

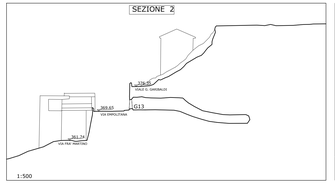


PLANIMETRIA 1: 500

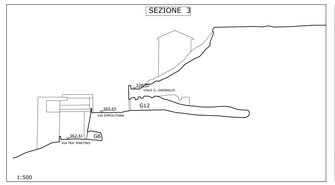
SEZIONE 1



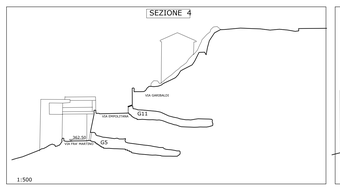
SEZIONE 2



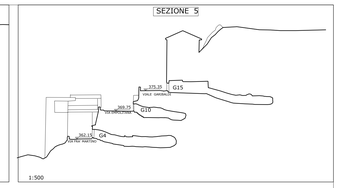
SEZIONE 3



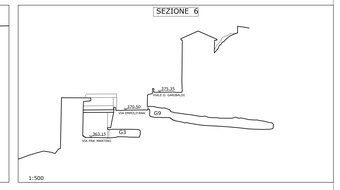
SEZIONE 4



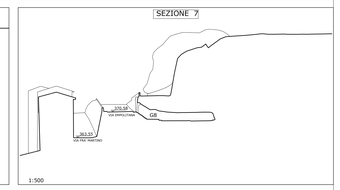
SEZIONE 5



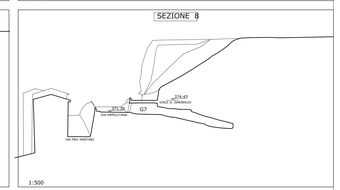
SEZIONE 6



SEZIONE 7

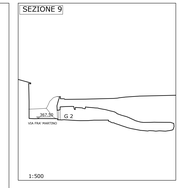


SEZIONE 8

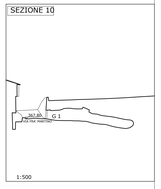
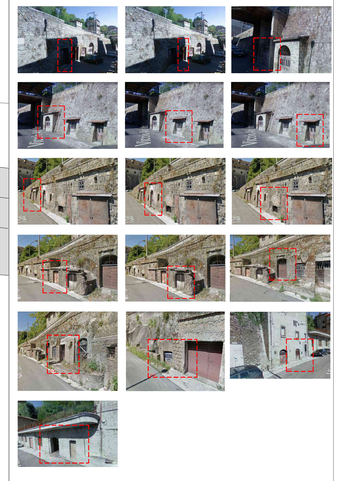


PLANIMETRIA 1: 200

SEZIONE 9



SEZIONE 10



INGRESSI