

Dott. Gianluca Benedetti
- geologo -

Spoleto (PG): via nursina n 32 - 06049
cellulare: 334 2616082
e-mail: geobenegia@gmail.com
pec: geobenegia@epap.sicurezzapostale.it
C.F. BNDGLC67E12I921W
P.I. 02146480542

RELAZIONE GEOLOGICA E RELAZIONE SULLE INDAGINI

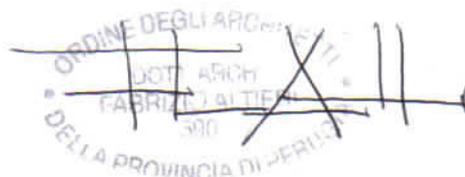
Totale pagine 28

a corredo del piano attuativo di iniziativa privata

Committenti	Santini, Consolini, Ercoli, Demofonti, Medea, Cherubini, Sea snc; Parrocchia
Catastale	Fog. 70 Partt. 1046,1047,1051,101,102,104,1053,1077
Località	fraz. Maltignano
Comune	Cascia
Provincia	PG



Il geologo



Il progettista p.p.v.

Rif. archivio	P.A. Maltignano - 01
Data	Novembre 2018

1. *PREMESSA ED OBIETTIVI DELLO STUDIO*
2. *QUADRO NORMATIVO DI RIFERIMENTO*
3. *ORGANIZZAZIONE DELLO STUDIO*
4. *UBICAZIONE TOPOGRAFICA DELL'AREA*
5. *VINCOLI E RISCHI SOVRAORDINATI GRAVANTI SUL SITO*
6. *INQUADRAMENTO GEOLOGICO-STRUTTURALE*
7. *ASPETTI GEOMORFOLOGICI ED IDROGEOLOGICI*
8. *ASPETTI GEOLOGICI*
9. *MODELLO GEOLOGICO E RSL DA MS DI III LIVELLO*
10. *ASPETTI SISMICI GENERALI*
11. *CONCLUSIONI*

TAVOLE

Tav. 1 - Corografia IGM in scala 1:25.000;

Tav. 2 - Profilo topografico SO / NE (valle-monte)

Tav. 3 - Carta pericolosità da frana e da alluvioni (PAI)

All. n 1 - Relazione sulle indagini geognostiche e geofisiche eseguite

1. PREMESSA ED OBIETTIVI DELLO STUDIO

Su incarico e per conto della committenza emarginata in copertina è stato eseguito uno studio geologico a corredo del piano attuativo di iniziativa privata da realizzare in località Maltignano, nel comune di Cascia (PG).

Lo studio è stato finalizzato alla caratterizzazione e alla modellazione geologica dell'area di P.A. e alla valutazione della risposta sismica locale. Esso è stato sviluppato nel rispetto dello standard minimo approvato dal Consiglio dell'Ordine dei Geologi della Regione Umbria.

Il lavoro si pone quindi l'obiettivo di studiare da un punto di vista geologico e della risposta sismica locale l'area che nel vigente P.R.G. è classificata come zona B soggetta a piano attuativo.

Lo scopo è quello di realizzare su tutti i lotti un intervento coordinato e studiato in modo da non pregiudicare paesaggisticamente il nucleo storico. Il progetto prevede la realizzazione di edifici a due piani, probabilmente uno per ogni lotto, con la sistemazione delle aree verdi di pertinenza di ogni edificio.

L'incarico ha previsto l'esecuzione delle seguenti prestazioni:

1. caratterizzazione e modellazione geologica (§ 6.2.1. del D.M. 17.01.2018);
2. definizione e direzione tecnica delle indagini finalizzate alla ricostruzione del modello geologico;
3. redazione della relazione geologica e geotecnica sulle indagini (§ 6.2.2. del D.M. 17.01.2018).

Il presente studio, conforme alle norme indicate al paragrafo seguente, ha lo scopo di valutare l'esistenza di pericolosità geologiche naturali e indotte, ovvero la presenza di problematiche:

- litologiche, quali la presenza di:
 - terreni scadenti,
 - terreni liquefacibili,
 - terreni addensabili,
 - terreni rigonfianti,
 - eteropie laterali,
 - cavità sotterranee,
- geomorfologiche, quali la presenza di:
 - fenomeni di instabilità gravitativa diretta,
 - fenomeni di instabilità gravitativa indiretta,
 - fenomeni gravitativi innescabili dall'esecuzione delle opere in progetto,
 - fenomeni di rottura per faglia in superficie;
 - fenomeni di subsidenza.
- idrauliche, quali la presenza di:
 - fenomeni di alluvionamento,
 - fenomeni di erosione,
- idrogeologiche, quali la presenza di falda:
 - all'interno del bulbo di carico indotto al suolo dal carico delle opere,
 - con escursioni stagionale che la spinga entro il bulbo di carico indotto al suolo dal carico delle opere,
- ambientali-paesaggistiche connesse all'intervento

Scopo dello studio è anche quello di valutare la pericolosità sismica locale, mediante Risposta Sismica Locale.

Lo studio, valutate le pericolosità sopra elencate, dovrà infine esprimere un giudizio di compatibilità fra l'edificabilità dell'area di lottizzazione ed il contesto geologico s.l.

2. QUADRO NORMATIVO DI RIFERIMENTO

La presente relazione è stata redatta in osservanza delle seguenti normative:

- Legge n.1150/42 –
- Legge Regionale n.1/2015 –
- Regolamento Regionale n.2/2015 –
- Testo Unico Norme Attuazione del PRG – Regolamento Edilizio
- Decreto del Ministro delle infrastrutture 17 gennaio 2018, Aggiornamento delle norme tecniche per le costruzioni.
- Direttiva del Presidente del Consiglio dei Ministri 12 ottobre 2007, per la valutazione e la riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale con riferimento alle norme tecniche per le costruzioni.
- Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri 20 marzo 2003, n. 3274, Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica.
- Decreto del Presidente della Repubblica 6 giugno 2001, n. 380, Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia.
- Decreto del Ministro dei lavori pubblici 16 gennaio 1996, Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche.
- Decreto del Ministro dei lavori pubblici 11 marzo 1988, Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.
- Norme Tecniche A.G.I. 1977.
- Legge 2 febbraio 1974, n. 64, Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zonesismiche.

3. ORGANIZZAZIONE DELLO STUDIO

L'incarico è stato espletato compiendo le seguenti attività:

- ricerca bibliografica e cartografica finalizzata all'inquadramento geografico e geologico dell'area di studio e all'individuazione dei rischi e dei vincoli sovraordinati gravanti sul sito;
- rilievo aerofotogrammetrico finalizzato all'inquadramento geomorfologico dell'area di studio;
- creazione del modello geologico preliminare da sottoporre a verifica in sito;
- rilevamento geologico e geomorfologico dell'area di studio finalizzato alla verifica dell'attendibilità del modello geologico preliminare e alla pianificazione di indagini strumentali d'approfondimento;
- esecuzione delle indagini strumentali geofisiche;
- elaborazione delle prove ed omogeneizzazione dei loro risultati finalizzate alla redazione del modello geologico definitivo (§ 6.2.1. del D.M. 17.01.18).

La ricerca bibliografica e cartografica ed il rilievo aerofotogrammetrico di dettaglio hanno definito i seguenti caratteri generali (modello geologico preliminare):

- geologici;
- strutturali;
- litologici;
- stratigrafici;
- geomorfologici;
- idrogeologici.

I successivi sopralluoghi e rilievi in sito (*rilevamento geologico e geomorfologico*) hanno consentito di verificare quanto i caratteri generali, reperiti nella prima fase del lavoro, fossero estendibili al caso specifico ed hanno permesso di pianificare l'esecuzione delle successive *indagini strumentali*.

Lo studio si è servito della consultazione della cartografia appresso elencata:

- Carta Geologica d'Italia in scala 1:100.000, F. 132 NORCIA (Servizio Geologico d'Italia, 1941);
- Carta Geologica Regionale in scala 1:10.000, 337050 "Cascia" (REGIONE UMBRIA, 2001)
- Carte del P.R.G.
- Carte della Microzonazione Sismica di III livello

Per ulteriori informazioni sono stati consultati i prodotti disponibili nel portale cartografico regionale (<http://www.umbriageo.regione.umbria.it>).

4. UBICAZIONE TOPOGRAFICA DELL'AREA

WGS84: Lat. (°) / Lon. (°)	42.709961 / 13.054640
ED50: Lat. (°) / Lon. (°)	42.710928 / 13.055565
Quota s.l.m. (m)	710-720
I.G.M. scala 1:25.000	Tav. SW – Quadr. IV – Fog. 337
C.T.R. scala 1:5.000	Sez. 337050
Catastale 1:2.000	Fog. 70 Partt. 1046,1047,1051,101,102,104,1053,1077

5. VINCOLI E RISCHI SOVRAORDINATI GRAVANTI SUL SITO

- **VINCOLO IDROGEOLOGICO:** Il sito progettuale non ricade fra le aree vincolate ai sensi dell'Art.1 del R.D. 30.12.23 n.3267.
- **RISCHIO INONDAZIONE:** Il sito progettuale non rientra fra le aree a rischio idraulico (cfr. PSBAI).
- **RISCHIO FENOMENI GRAVITATIVI E PROCESSI EROSIVI:** Il sito progettuale non rientra fra le aree a rischio frana (cfr. PSBA-PAI).
- Anche nella Carta Inventario dei Fenomeni Franosi Italiani (Progetto IFFI) non vengono mappati fenomeni franosi che attingano direttamente o indirettamente il sito progettuale.
- **RISCHIO SISMICO:** Il sito progettuale è collocato, nella Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale (INGV), su un'area avente pericolosità sismica di base $a_g/g = 0.250-0.275$ (OPCM 3519/2006).

6. INQUADRAMENTO GEOLOGICO-STRUTTURALE

L'area umbra è il risultato della deformazione e sollevamento di alcuni domini paleogeografici mesozoici (200-15 milioni di anni fa) marini che si sono sviluppati lungo il margine settentrionale africano e della loro evoluzione successiva nel corso della costruzione della catena appenninica centrale sviluppatasi nel Neogene (tra 15 e 4 milioni di anni fa). Anche il settore appenninico umbro, come i contigui settori laziale ed abruzzese-marchigiano, deriva infatti dall'evoluzione neogenica di un sistema orogenico catena-avanfossa-avanpaese in cui si possono ricostruire fasi di migrazione degli sforzi compressivi dai settori occidentali (tirrenici) verso quelli orientali (adriatici); a queste fasi compressive ha fatto seguito una tettonica distensiva anch'essa in migrazione da W verso E (cfr. schema geologico-strutturale allegato) ancora attiva come dimostra l'intensa sismicità dell'area.

Si è così strutturata, prima in ambiente marino poi subaereo, l'area umbra così come oggi la conosciamo, articolata in dorsali montuose ed in depressioni, a sviluppo N-NO/S-SE.

L'emersione graduale della catena in formazione ha creato infine nel Plio-Pleistocene (ultimi 3.5 milioni di anni) le condizioni per una importante fase di erosione e smantellamento subaereo, con conseguente deposizione di potenti coltri di depositi detritici alluvionali e anche lacustri che hanno parzialmente colmato le aree depresse. Detti depositi sono stati successivamente erosi dai corsi d'acqua che vi hanno scavato le loro valli alluvionali.

L'area di studio si colloca nel Comune di Cascia, circa 2.5 Km a SudEst del capoluogo, in località Maltignano.

La zona si inserisce all'interno dell'ampio sistema a pieghe dell'Appennino umbro-marchigiano, in prossimità della parte inferiore del versante meridionale del Monte Minco. Il versante ha pendenze decrescenti da monte verso valle.

L'area progettuale ha un modellato superficiale sostanzialmente regolare, compreso fra le quote di 720 e 710 m s.l.m., immergente verso SudOvest con pendenza media stimata su base cartografica CTR pari al 7% ($\approx 4^\circ$) (cfr. carta IGM e profili topografici allegati).

Lungo le scarpate antropiche poste all'intorno dell'area progettuale affiorano litotipi ascrivibili ai Detriti di falda, ai Depositi alluvionali terrazzati e al basamento litoide (Scaglia Rossa).

7. ASPETTI GEOMORFOLOGICI ED IDROGEOLOGICI

La ricostruzione del modello morfologico superficiale del sito è stata effettuata utilizzando foto aeree multitemporali, cartografia topografica di dettaglio (CTR) e sopralluoghi di verifica.

L'area progettuale si colloca lungo la parte inferiore del versante meridionale del Monte Minco. Il versante ha pendenze decrescenti da monte verso valle. Il suo modellato superficiale è sostanzialmente regolare, compreso fra le quote di 720 e 710 m s.l.m., ed immergente verso SudOvest con pendenza media stimata su base cartografica CTR pari al 7% ($\approx 4^\circ$) (cfr. carta IGM e profili topografici allegati).

Le pendenze contenute e l'inerbimento dei terreni fanno sì che l'area risulti priva di segni d'instabilità gravitativa e di erosione e perciò stabile.

Il modello topografico locale è classificabile come una configurazione morfologica semplice riconducibile alla **categoria topografica T1** di Tabella 3.2.IV di NTC18 ovvero "Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i < 15^\circ$ cui compete un **coefficiente di amplificazione morfologica $S_T = 1.00$** (Tabella 3.2.VI di NTC18).

L'area non è attraversata né prossima a fossi che possano dare luogo a fenomeni di alluvionamento e/o di intensa erosione.

Il deflusso delle acque meteoriche avviene pertanto attraverso uno scorrimento superficiale diffuso su coperture naturali inerbite, piuttosto permeabili, che recapita le acque verso valle, in direzione SO, in ragione dell'andamento topografico.

Per quanto concerne l'idrologia sotterranea va notato che l'acclività locale fa in modo che solamente una ridotta percentuale delle acque meteoriche riesce ad infiltrarsi all'interno delle coperture detritiche che, essendo permeabili, impediscono la formazione di fenomeni di ristagno idrico subsuperficiale e quindi l'instaurarsi di falda idrica superficiale. Le considerazioni esposte trovano riscontro nelle informazioni derivanti da pozzi realizzati per la ricerca di acqua sotterranea.

Per quanto fin qui esposto è da ritenere che l'area sia a bassa pericolosità geomorfologica.

8. ASPETTI GEOLOGICI

Il versante meridionale del Monte Minco è costituito da rocce prevalentemente calcaree riferibili alla formazione della Scaglia Rossa. Dette formazioni affiorano a monte dell'area progettuale mentre su essa sono ammantate da coperture detritiche potenti alcuni metri e quindi fungono da substrato geologico.

In particolare, i rilievi e le prove geofisiche eseguite, consentono la seguente ricostruzione stratigrafica:

Spessore	Litologia
Da qualche dm a pochi m	Detrito di falda – a3a
Qualche m	Deposito alluvionale terrazzato – bn
Centinaia di m	Scaglia Rossa

Di seguito si descrivono le caratteristiche litostratigrafiche delle diverse unità:

TERRENI DI COPERTURA - UNITÀ STRATIGRAFICHE QUATERNARIE

Detrito di falda – a3a

Depositi di versante essenzialmente gravitativi, a granulometria variabile, in genere prevalentemente granulare, da ben classati a fortemente eterometrici. Clasti a spigoli vivi o subangolosi, in accumuli massivi o grossolanamente stratificati. Spessore da decimetrico a metrico. Permeabilità medio alta, in funzione della granulometria; può ospitare falde acquifere. Depositi da poco a moderatamente addensati; il grado di addensamento aumenta con la profondità.

PLEISTOCENE SUPERIORE – OLOCENE

Deposito alluvionale terrazzato – bn

Depositi alluvionali non in rapporto con la morfologia attuale. Granulometria variabile, con prevalenza di ciottoli e ghiaie con sabbie; presenti intercalazioni di livelli di sabbie e sabbie limose o limi argillosi e argille spesso pedogenizzate. Spessori metrici. Permeabilità in genere medio alta. Depositi moderatamente addensati fino ad addensati. PLEISTOCENE - OLOCENE

SUBSTRATO GEOLOGICO

Scaglia Rossa - SAA

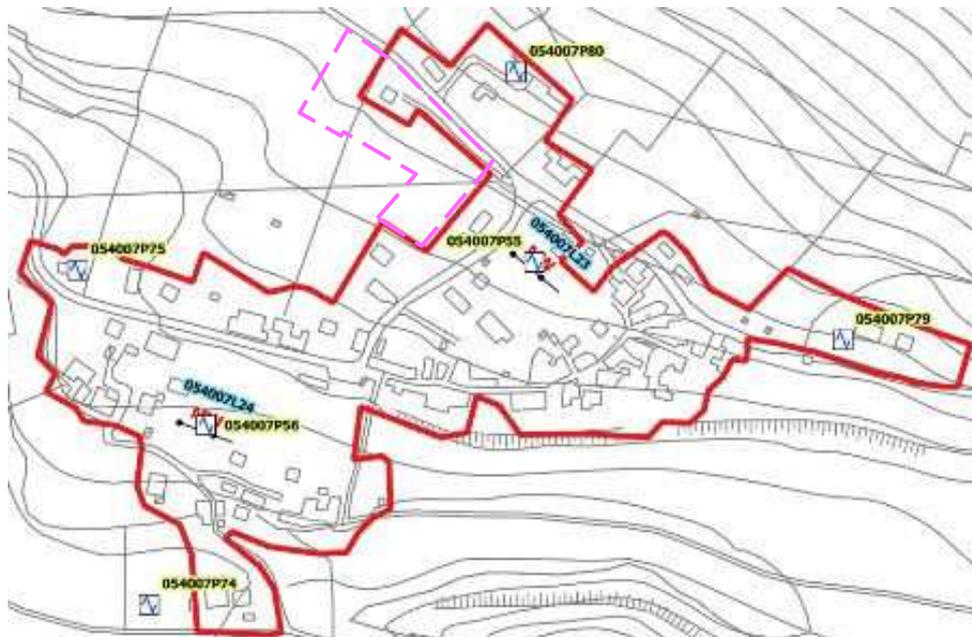
Calcarei micritici di colore rosato più o meno intenso, più raramente biancastri per decolorazione, alternati a interstrati pelitici molto sottili. Noduli liste e strati di selce da grigio rosata a rosso amaranto. Talora sono presenti intercalazioni calcarenitiche di colore grigio o bianco, anche di notevole spessore. Parte cretacica della formazione quasi esclusivamente calcarea e caratterizzata da strati più spessi (10 - 40 cm); parte paleogenica a strati più sottili e con intercalazioni marnoso-argillose relativamente più spesse, di un colore rosso-mattone più intenso di quello del calcare. Passaggio alla sottostante Scaglia Bianca abbastanza graduale. Ambiente di sedimentazione pelagico. Contenuto fossilifero a foraminiferi planctonici e nannofossili calcarei. Spessore variabile da 250 a 350 m. TURONIANO INFERIORE P.P. - EOCENE MEDIO P.P.

Dal punto di vista tettonico, si osserva che l'area di Cascia è attraversata da importanti strutture sia plicative (pieghe anticlinaliche e sinclinaliche, faglie inverse e sovrascorrimenti) che distensive (faglie dirette). In genere le strutture plicative sono dislocate da successive faglie a prevalente componente diretta, appartenenti ad importanti sistemi regionali potenzialmente sismogenetici.

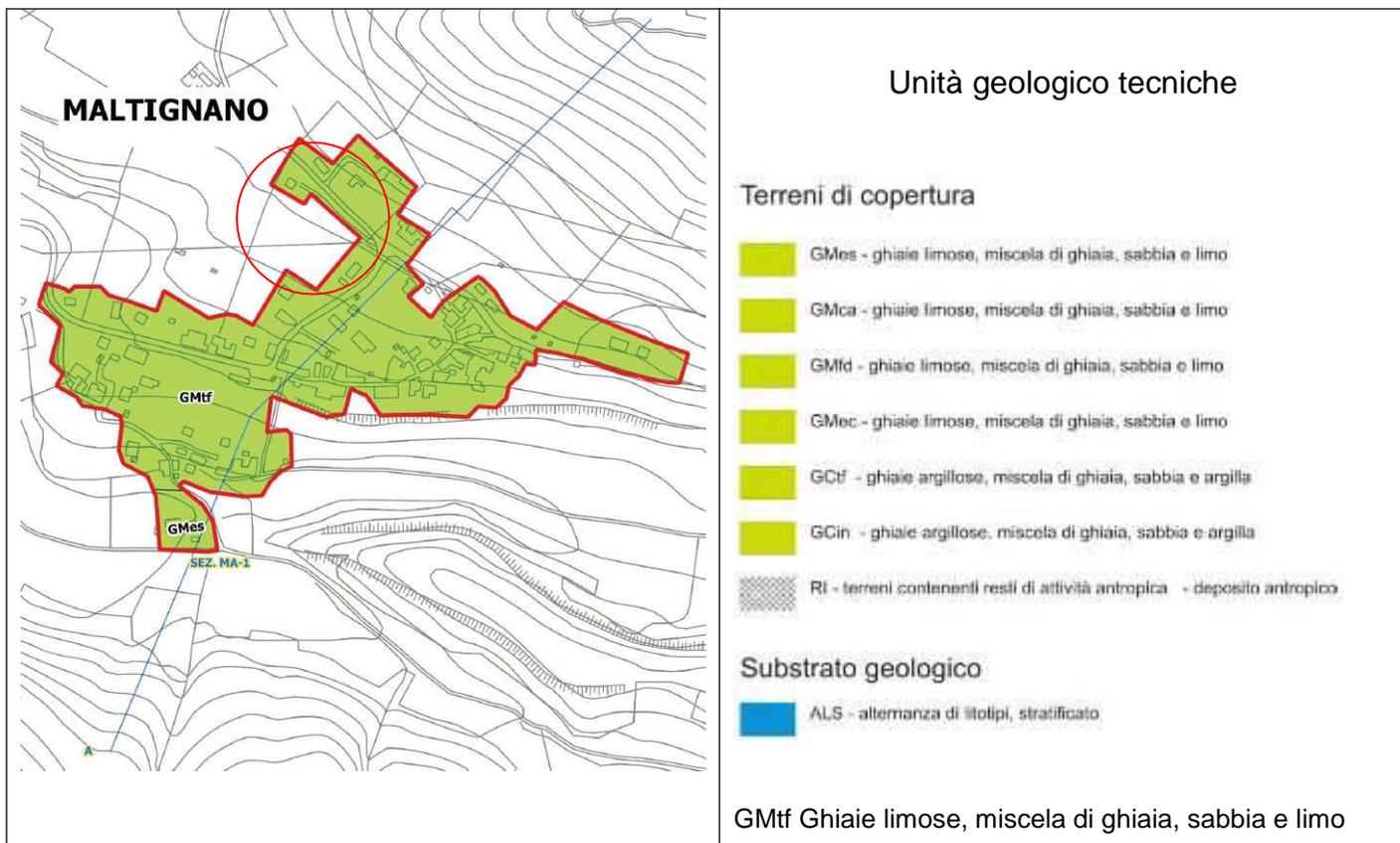
Nessuna struttura tettonica interessa direttamente l'area progettuale.

9. MODELLO GEOLOGICO E RSL DA MS DI III LIVELLO

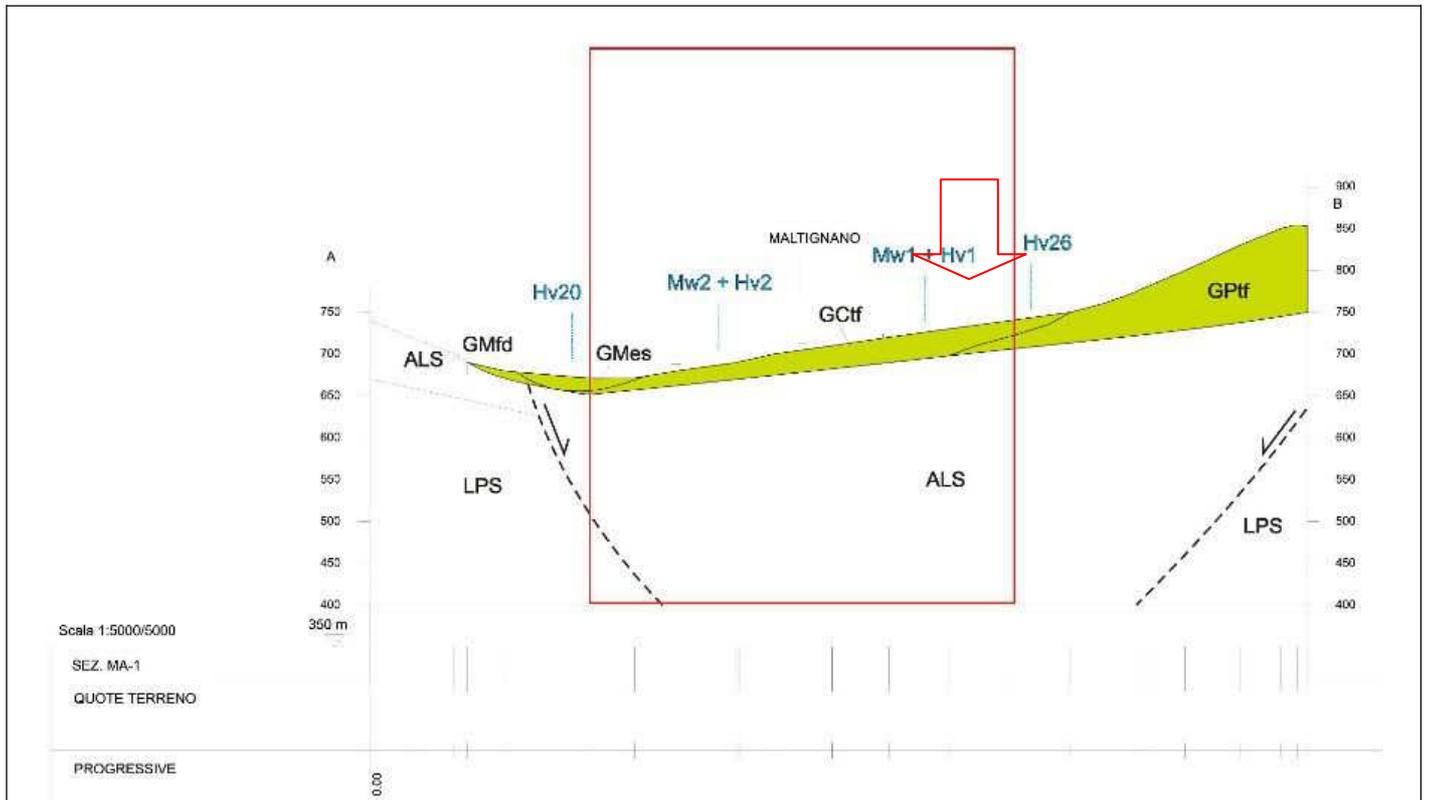
L'abitato di Maltignano è stato di recente oggetto di Microzonazione Sismica di III livello. La parte settentrionale dell'area d'interesse progettuale ricade all'interno dell'area microzonata.



La carta geologica della Microzonazione Sismica censisce i terreni dell'area come Ghiaie limose, miscela di ghiaia, sabbia e limo di terrazzo fluviale (GMtf) mentre la sezione li censisce come Ghiaie argillose miscela di ghiaia sabbia e argilla (GCtf).



Carta Geologico Tecnica della MS di Maltignano



Sezione Geologico Tecnica della MS di Maltignano

Per quanto è stato possibile osservare in corrispondenza di due scarpate antropiche si ritiene meglio distinguere all'interno delle coperture, un'unità più superficiale data da Ghiaie limose, miscela di ghiaia, sabbia e limo di falda (come osservabile presso la scarpata Est) ed un'unità sottostante, più grossolana, data da Ciottoli ghiaiosi, miscela di ciottoli, ghiaia e sabbia di terrazzo fluviale (come osservabile presso la scarpata Nord) (cfr. Foto sotto).



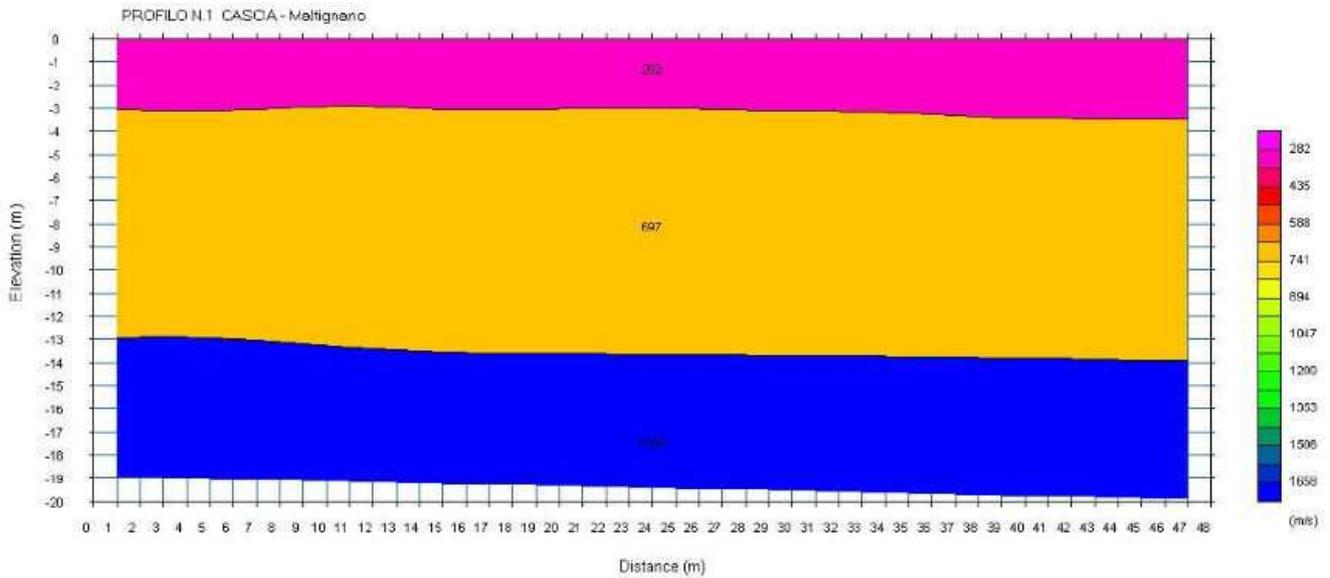
Scarpata Est



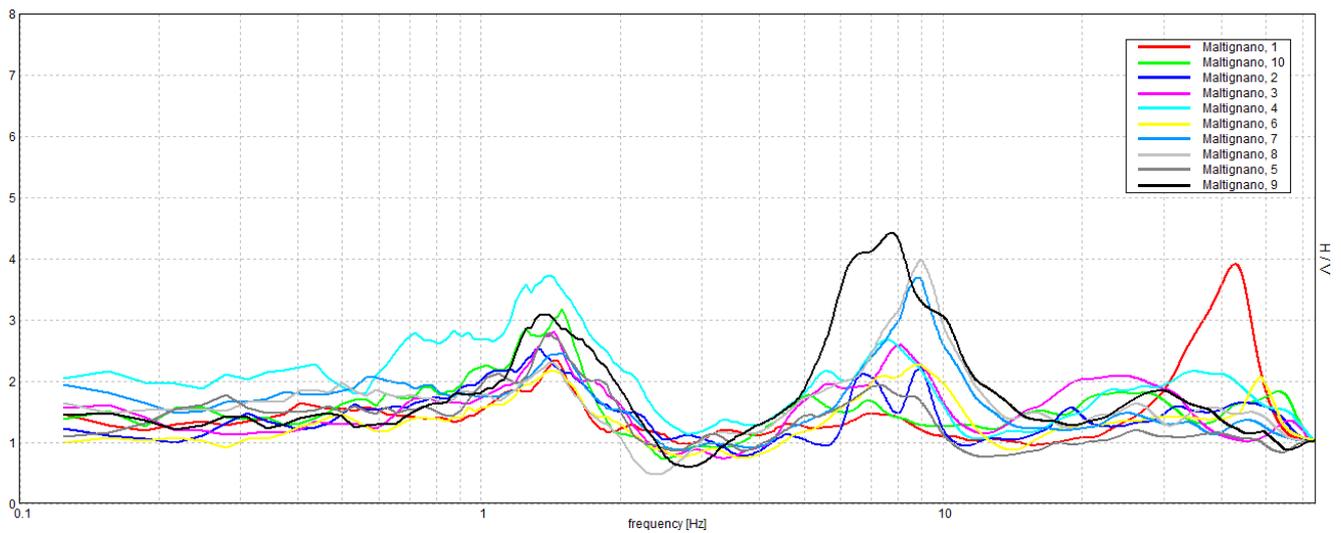
Scarpata Nord

La natura delle coperture rimane comunque granulare. Le prove geofisiche eseguite dallo scrivente fanno stimare per le coperture uno spessore di 15-20 m, con spessore massimo nella parte inferiore dell'area e minimo in quella superiore. La MS ha stimato in 20-40 m il loro spessore.

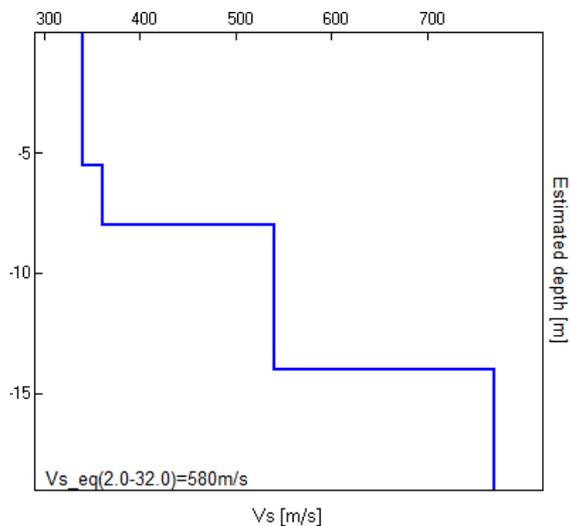
La prova sismica a rifrazione RIFRA01 della MS dà ragione della suddetta distinzione e conferma quanto dedotto dalle prove dello scrivente a proposito degli spessori delle due unità di copertura. Entrambe le campagne d'indagine individuano quindi un sottosuolo piuttosto uniforme avente geometria 1D (a strati piani e paralleli).



Sismica a Rifrazione RIFRA01 di MS



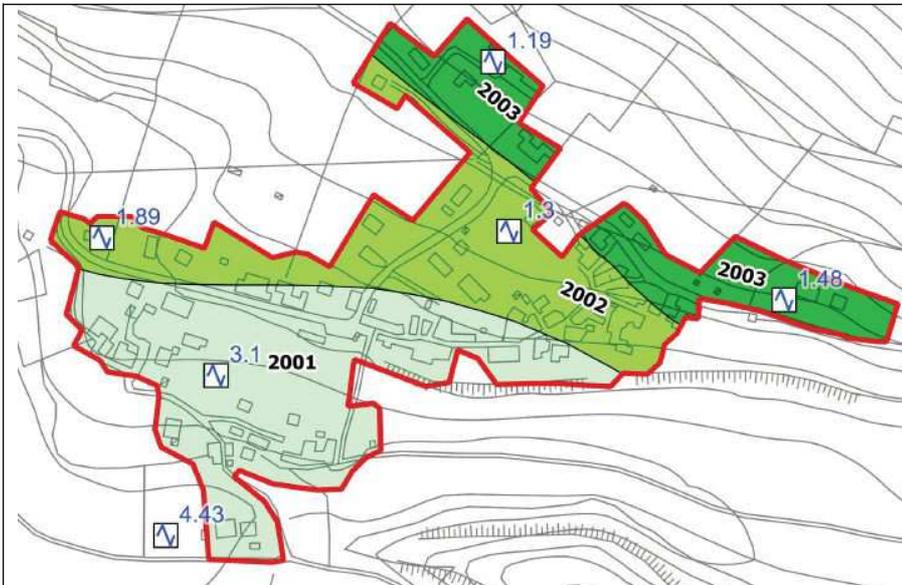
Average H/V delle misure effettuate dallo scrivente



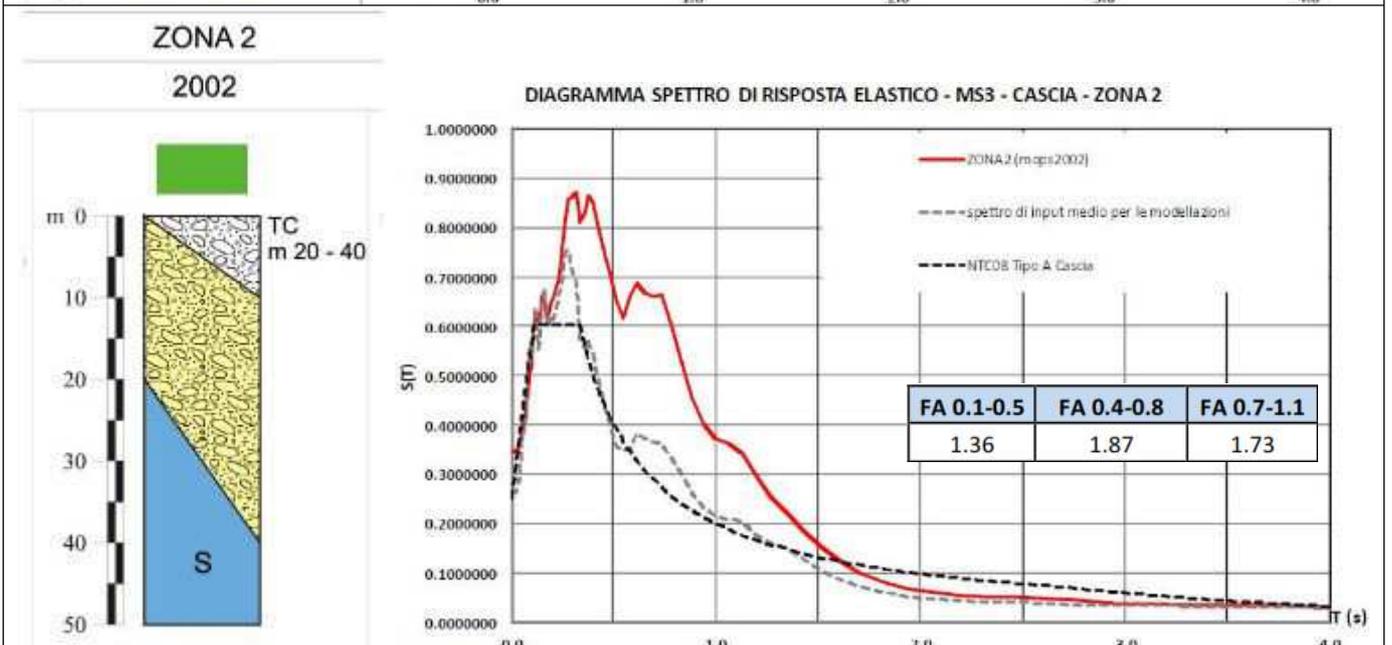
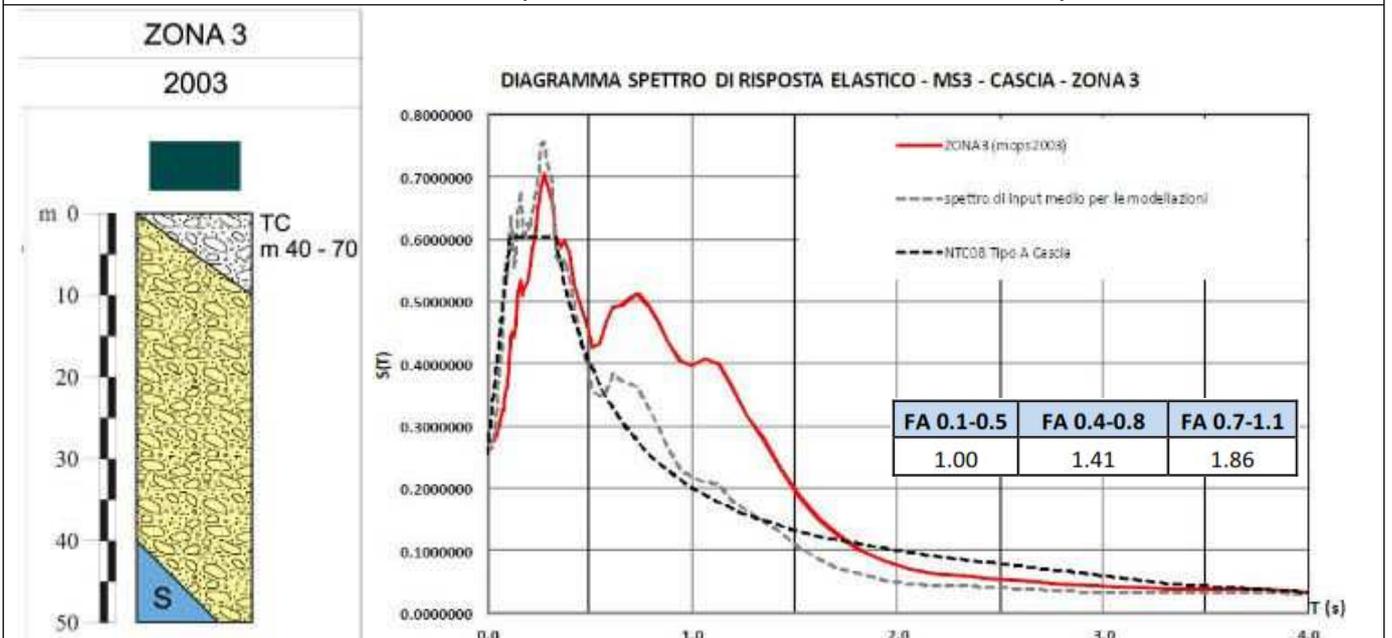
Profilo medio delle velocità Vs delle misure effettuate dallo scrivente

Per quanto riguarda la Pericolosità Sismica locale essa è stata dedotta dallo studio di Microzonazione Sismica di III livello, disponibile per la frazione di Maltignano, avendo cura di verificare, mediante specifiche prove sismiche, che essa fosse estendibile anche alla porzione di piano attuativo non ricadente in essa.

Di seguito si riporta la Carta MOPS della MS con i diagrammi dello spettro di risposta elastico delle zone riconosciute sull'area.

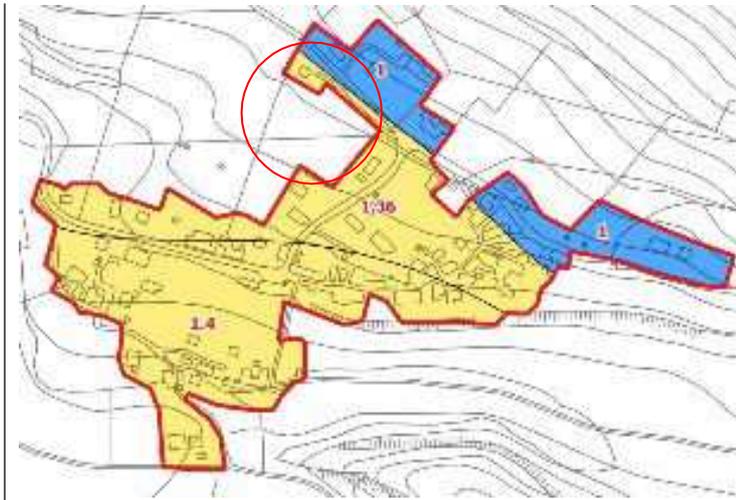


Carta MOPS di MS: campisce tre zone stabili suscettibili di amplificazione



La carta MOPS della MS ha attribuito la parte sommitale alla Zona 3 (2003) e la sottostante alla Zona 2 (2002). Entrambe le zone sono stabili e suscettibili di amplificazione.

Le due zone differiscono per lo spessore delle coperture (TC) che ammantano il bedrock (ALS), nel caso della Zona 3 (2003) esso è stato stimato in 40-70 m mentre nel caso della Zona 2 (2002) in 20-40 m.

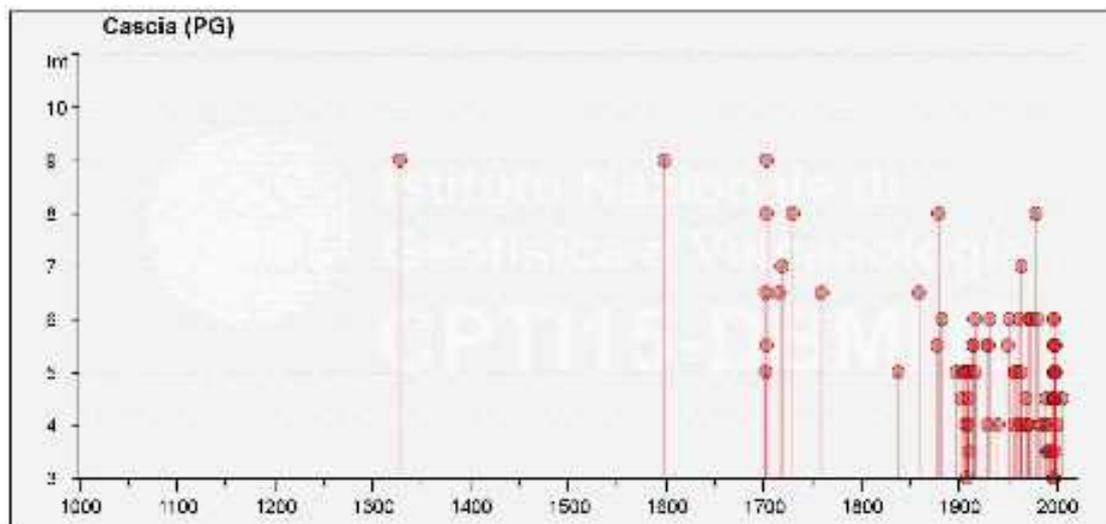


Carta di Microzonazione Sismica FA 0105s

Il P.A. prevede la costruzione di abitazioni a due piani quindi con T proprio compreso fra 0.1-0.5 s. In questo caso, l'area del P.A. ricade in zona avente FA=1.36

10. ASPETTI SISMICI GENERALI

Il territorio del Comune di Cascia è da sempre afflitto da intensi terremoti, la figura che segue riporta i maggiori eventi di cui si ha notizia a partire dall'anno 1300.



Sismicità storica di Cascia da catalogo DBMI

Il dettaglio dei terremoti che hanno colpito la frazione di Maltignano viene appresso riportato.

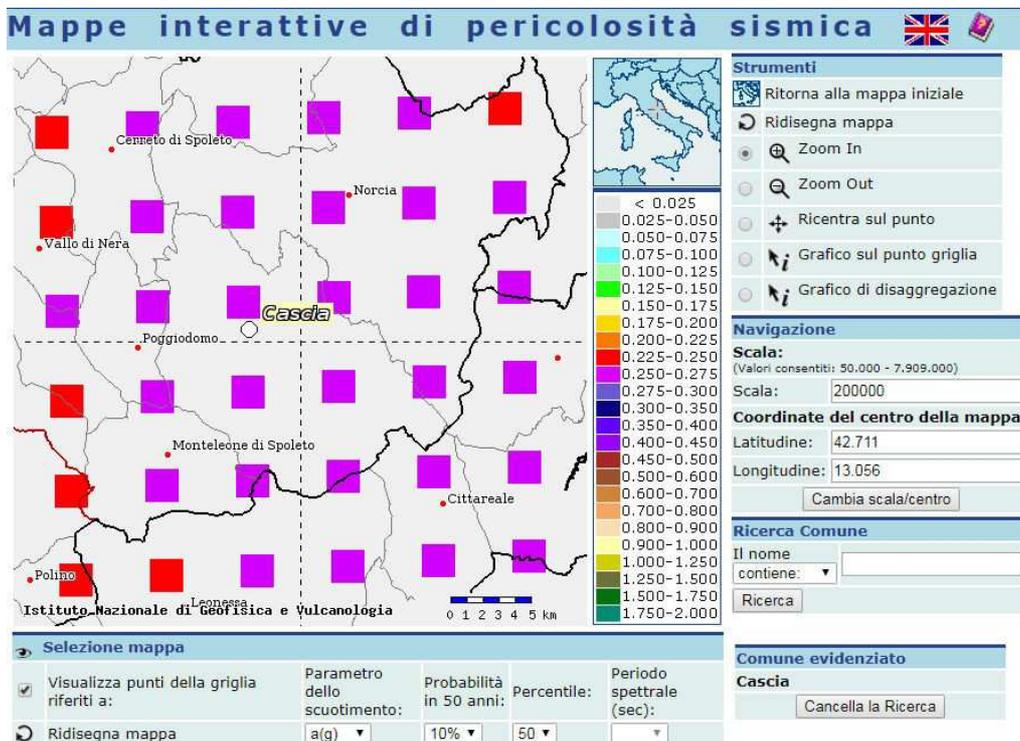
Seismic history of		MALTIGNANO			
PlaceID	IT_48531				
Coordinates (lat, lon)	42.708, 13.056				
Municipality (ISTAT 2015)	Cascia				
Province	Perugia				
Region	Umbria				
No. of reported earthquakes	7				
Intensity	Year Mo Da Ho Mi Se	Epicentral area	NMDP	Io	Mw
8	1599 11 06 01 25	Valnerina	20	9	6,07
10	1703 01 14 18	Valnerina	197	11	6,92
7-8	1730 05 12 05	Valnerina	115	9	6,04
5	1957 03 12 16 20	Valnerina	62	5	4,16
6-7	1971 04 02 01 43 54.00	Valnerina	68	6	4,5
7	1974 12 02 01 55 15.00	Valnerina	27	7-8	4,58
8	1979 09 19 21 35 37.00	Valnerina	694	8-9	5,83

Sismicità storica di Maltignano

Negli anni 2016-2017 ha avuto luogo un'intensa a sequenza sismica, tuttora in atto, che ha fatto registrare crolli nelle frazioni di Avendita e Colle di Avendita, in misura minore a Maltignano, mentre lesioni agli edifici si sono avute in tutto il territorio, a Cascia in particolare su alcune palazzine ubicate lungo via Roma.

Il terremoto più distruttivo della sequenza del 2016 – 2017, ad oggi, è quello del 30.10.2016, ora italiana 07:40, con Mw 6.5. La stima di intensità massima raggiunta nel territorio di Cascia è pari a VIII – IX grado scala MCS (Mercalli Cancani Sieberg).

La **mappa di pericolosità sismica** in termini di accelerazione massima del suolo ag con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni, pari ad un periodo di ritorno T di riferimento di 475 anni, riferita a suoli rigidi (estratta da <http://esse1gis.mi.ingv.it>) indica per l'area progettuale un ag compreso fra 0.225-0.250 g



Mappa interattiva di pericolosità sismica INGV

11. CONCLUSIONI

Su incarico e per conto della committenza emarginata in copertina è stato eseguito uno studio geologico a corredo del piano attuativo di iniziativa privata da realizzare in località Maltignano, nel comune di Cascia (PG). Lo studio è stato finalizzato alla caratterizzazione e alla modellazione geologica dell'area di P.A. e alla valutazione della risposta sismica locale.

Il sottosuolo dell'area indagata è risultato avere una geometria 1D (a strati piani e paralleli) e quindi possedere una buona omogeneità laterale. In esso non è stata riscontrata la presenza di cavità.

I terreni del sottosuolo sono apparsi di buona qualità, granulari grossolani e quindi non liquefacibili, sufficientemente addensati, non rigonfianti. La caratterizzazione geotecnica quantitativa sarà compito del professionista che redigerà la relazione geologica per il progetto definitivo/esecutivo di ogni singolo intervento.

Il modellato superficiale è risultato regolare e poco inclinato e perciò non vulnerabile a fenomeni di instabilità gravitativa diretta né indiretta.

Ove le opere in progetto dovessero prevedere la realizzazione di sbancamenti con pareti inclinate più dell'angolo d'attrito del terreno o di altezza superiore al metro sarà comunque necessario provvedere alla realizzazione di muri o opere di contenimento del fronte di scavo affinché non si inneschino fenomeni gravitativi e/o erosivi.

Nell'immediato intorno dell'area d'interesse progettuale non sono stati osservati fenomeni di rottura riconducibili alla presenza di faglia in superficie, né evidenze di subsidenza.

Le informazioni acquisite dalla cartografia ufficiale e dal rilievo in loco non indicano la presenza di corsi d'acqua e pertanto non vi è possibilità che abbiano luogo fenomeni di alluvionamento, né di erosione accelerata.

Le informazioni acquisite dalla cartografia ufficiale e dal rilievo in loco non indicano la presenza di falda idrica superficiale.

Dal punto di vista sismico si nota che il combinato delle condizioni stratigrafiche e morfologiche rende l'area stabile e soggetta ad amplificazione locale.

La quantificazione di tale amplificazione, ovvero la stima dell'azione sismica locale, è stata ottenuta attraverso uno studio della Risposta Sismica Locale dedotta dalla Microzonazione Sismica di III livello prodotta dalla Regione Umbria.

Il P.A. prevede la costruzione di abitazioni a 2/3 piani quindi con T proprio compreso fra 0.1-0.5 s.

In questo caso, l'area del P.A. ricade in zona avente $FA = 1.36$

Da esso è risultato che:

per la Zona 2003 si ha una $S(T) <$ di quella INGV con cat. A e cat. T1 per $T < 0.25$ sec.

per la Zona 2003 si ha una $S(T) >$ di quella INGV con cat. A e cat. T1 per $T > 0.25$ sec.

per la Zona 2002 si ha una $S(T) =$ a quella INGV con cat. A e cat. T1 per $T < 0.125$ sec.

per la Zona 2002 si ha una $S(T) >$ di quella INGV con cat. A e cat. T1 per $T > 0.125$ sec.

La quantificazione numerica potrà essere dedotta dagli spettri messi in relazione in funzione del periodo proprio delle strutture da edificare in fase di redazione del progetto definitivo/esecutivo di ogni singolo intervento.

Per quanto sopra esposto si conclude che vi è compatibilità tra l'edificabilità dell'area ed il contesto geologico s.l.

Si rimane a disposizione per eventuali chiarimenti

All. n 1

Relazione sulle indagini geognostiche e geofisiche eseguite

Committente: *Santini, Consolini, Ercoli, Demofonti, Medea, Cherubini, Sea snc; Parrocchia*

Cantiere: *Piano attuativo di iniziativa privata*

Località: *Maltignano, Comune di Cascia, PG*

Data esecuzione indagini: *06 e 12.04.2018*

Ditta esecutrice indagini: *AB Geognostica srls*

La Ditta

AB GEOGNOSTICA S.R.L.S.
P.I. / C.F. : 03382460545
v. nursina n 32, 06049 Spoleto (PG)

Il Geologo



PREMESSA

Il sottosuolo di un'area posta a NordOvest della frazione Maltignano di Cascia (PG) è oggetto di piano attuativo d'iniziativa privata ed essa è stata pertanto indagata con prove geologiche e geofisiche eseguite in ottemperanza alle Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC_2018).

UBICAZIONE DELL'AREA

L'area d'interesse progettuale è rappresentata nella sottostante foto aerea.



Fig. 1 - Individuazione area d'intervento su foto aerea

L'area è catastalmente individuabile nel Fog. n 70 con le Partt. n 1046, 1047, 1051, 101, 102, 104, 1053, 1077

PROVE ESEGUITE

Le prove eseguite sull'area progettuale vengono appresso elencate:

Indagini geologiche:

n 1 rilievo dell'area con osservazioni litologiche presso scarpate e fronti di scavo

Indagini geofisiche con strumentazione in superficie:

n 10 Prova sismica passiva a stazione singola (HVSR)

n 1 Prova attiva MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves, Park *et al.*, 1999, *Geophys.*, 64, 800-808),

I metodi di esecuzione ed i risultati delle indagini sono esaurientemente esposti nei paragrafi seguenti.

UBICAZIONE DELLE PROVE

Le prove eseguite sull'area progettuale sono state ubicate come riportato in Fig. 2.



Fig. 2 - Ubicazione delle prove

1-3 osservazioni litologiche presso scarpate e fronti di scavo

1-10 prova sismica passiva a stazione singola (HVSR)

— prova attiva MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves)

PROVE HVSR

STRUMENTAZIONE IMPIEGATA

La strumentazione impiegata per le prove HVSR è un tromografo digitale (*Tromino 3G*, Micromed spa) dotato di tre sensori elettrodinamici (velocimetri) ortogonali. I dati di microtremore ambientale, amplificati e digitalizzati a 24 bit equivalenti, sono stati acquisiti per 8 min. in ciascun sito alla frequenza di campionamento di 128 Hz.

ESECUZIONE, INTERPRETAZIONE E RISULTATI DELLE PROVE HVSR

HVSR

La tecnica HVSR (cfr. Appendice) è la tecnica dedicata quando si vogliono mettere in luce le frequenze di risonanza dei terreni. Dalla registrazione del rumore sismico ambientale su terreno è stata ricavata la curva H/V, secondo la procedura classica, descritta per esempio in SESAME (2005), con parametri:

- larghezza delle finestre d'analisi 20 s,
- lisciamento secondo finestra triangolare con ampiezza pari al 10% della frequenza centrale,
- rimozione dei transienti sulla serie temporale degli H/V.

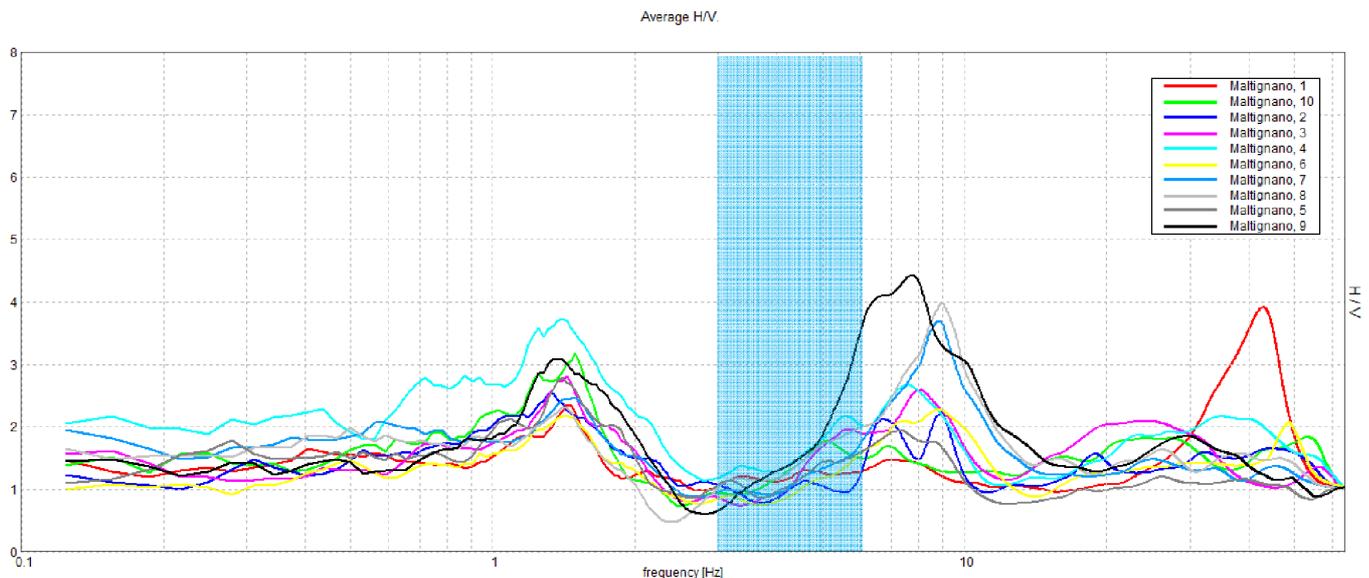


Fig. 3 – Average H/V

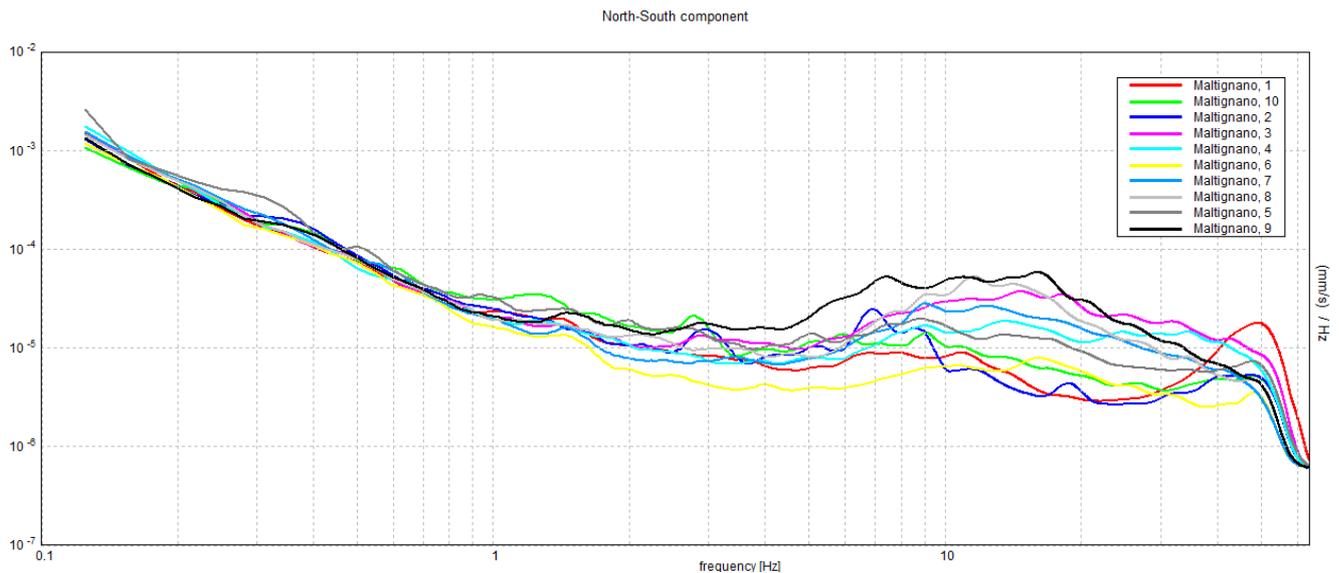


Fig. 4 – Componenti Nord-Sud

Tutte le 10 misure mostrano il medesimo andamento dell'Average H/V (grafico di Fig. 3), dimostrando con ciò che il sottosuolo locale è a geometria 1D (strati piani e paralleli), sono sempre presenti due picchi alle frequenze di 1.5 Hz e 7-9 Hz, che dimostrano che il sottosuolo dell'area genera **amplificazione sismica**. Va comunque notato che le amplificazioni rilevate alle frequenze di 1.5 Hz e 7-9 Hz non sono d'interesse per edifici a 2/3 piani in muratura / in cemento armato (rettangolo celeste, in grafico di Fig. 3) quali quelli edificabili sull'area e pertanto esse non aggravano particolarmente l'azione sismica sulle strutture rispetto a quella calcolata dall'INGV per condizioni con bedrock affiorante e superficie pianeggiante (A – T1).

Le misure effettuate più a valle (n 7,8,9) mostrano che i picchi presenti alle frequenze di 7-9 Hz sono più ampi di quelli presenti nelle misure di monte e ciò in coerenza con il fatto che le coperture presenti a valle sono meno addensate di quelle presenti a monte.

Il rilievo geologico, l'esame della cartografia tematica e delle foto aeree multitemporali, hanno mostrato che i terreni della lottizzazione sono **stabili**.

Per quanto sopra si può concludere che l'area interessata dal piano attuativo è classificabile, secondo i criteri della Microzonazione Sismica, come **stabile con amplificazione sismica**.

ESECUZIONE E RISULTATI DELLA PROVA MASW

Il sito ha consentito di dispiegare uno stendimento di 10 geofoni verticali a distanze regolari di 4 m (cfr. Fig. 5) su terreno naturale.

	Sel.	X [m]	Y [m]
G1	✓	4	0
G2	✓	8	0
G3	✓	12	0
G4	✓	16	0
G5	✓	20	0
G6	✓	24	0
G7	✓	28	0
G8	✓	32	0
G9	✓	36	0
G10	✓	40	0

Set new intergeophone distance [m]

Set phase velocity spectra parameters

Min. Freq. [Hz] Min. V [m/s]

Max. Freq. [Hz] Max. V [m/s]

Win. Length [s] Step V [m/s]

ReMi / MASW SPAC / ESAC

Reverse origin

Optimization

To clear old analyses select File >> Delete analyses

Fig. 5 – Caratteristiche geometriche dell'array

Si è energizzato alla distanza di 4 m dai geofoni di testa e di coda. La sorgente sismica utilizzata è consistita nella caduta di un grave (salto dell'operatore) ed è stata ripetuta per 3 volte su entrambe le estremità dello stendimento. La durata della registrazione è stata di 2 s a partire dal superamento del valore di soglia.

Le serie temporali multicanale ottenute sono state elaborate nel dominio frequenza-velocità di fase al fine di discriminare l'energia associata alle onde di Rayleigh.

Le curve di dispersione ottenute sono rappresentate in Fig. 6

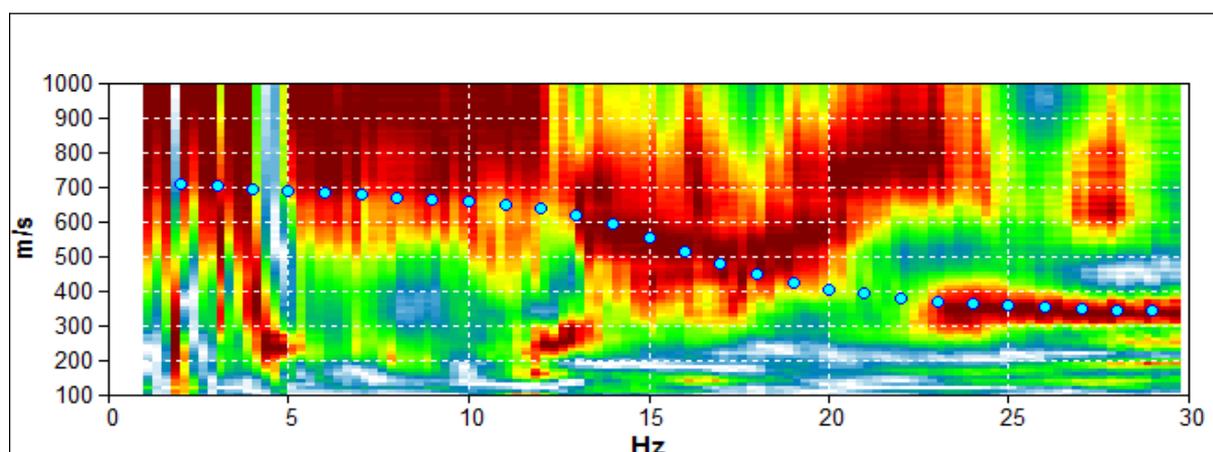


Fig. 6 – Grafico a contour: degli spettri di velocità di fase dell'onda di Rayleigh per lo stendimento. il puntinato celeste rappresenta il primo modo della curva di dispersione teorica per il modello di sottosuolo proposto

La curva di dispersione teorica che meglio approssima la curva sperimentale è rappresentata dal pallinato azzurro di Fig. 6 ed è stata ottenuta per il modello di sottosuolo illustrato in Fig. 7 che è frutto del fit congiunto della prova MASW e HVSR.

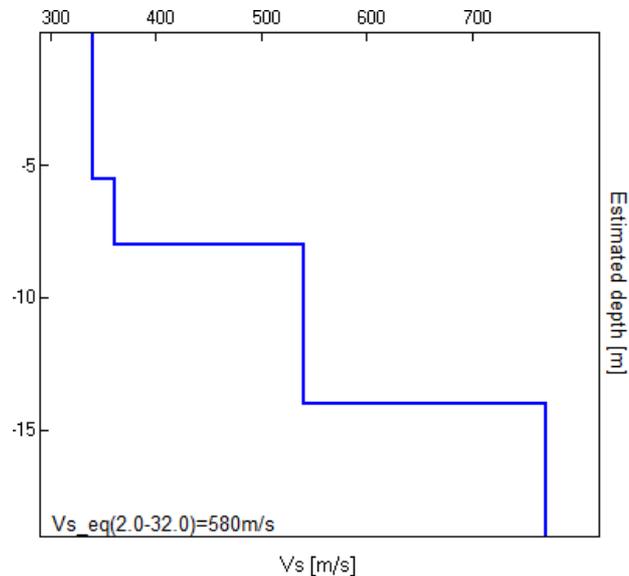


Fig. 7 – Profilo medio delle velocità Vs

In Fig. 8 sono riassunti i parametri geometrici, sismici e fisici dei diversi sismostrati del modello.

	Thickn. [m]	Vp [m/s]	Vs [m/s]	Poiss.	Dens. [t/m ³]
1	5.5	915	340	0.42	1.8
2	2.5	969	360	0.42	1.9
3	6	1454	540	0.42	1.9
4	0	2073	770	0.42	2.1

Fig. 8 – Parametri geometrici, sismici e fisici dei sismostrati locali

La classificazione del sottosuolo, secondo le NTC2018, è stata effettuata in base ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio, $V_{s,eq}$ (in m/s), definita dall'espressione:

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

dove h_i e $V_{s,i}$ sono spessori e velocità dei singoli strati, N il numero degli strati e H la profondità del bedrock caratterizzato da $V_s \geq 800$ m/s.

Dalla formula risulta $V_{s,eq}[2-32m] = 580 \pm 80$ m/s (incertezza 2σ dell'ordine del 15%, cfr. Mulargia e Castellaro, 2009, *Seism. Res. Lett.*, 80, 985-989) a partire dall'attuale piano campagna, che definisce una **categoria di sottosuolo di tipo B** di Tab. 3.2.II di NTC2018.

APPENDICE

Oggetto della misura: il microtremore sismico ambientale

Il rumore sismico ambientale, presente ovunque sulla superficie terrestre, è generato, oltre che dall'attività dinamica terrestre, dai fenomeni atmosferici (onde oceaniche, vento) e dall'attività antropica. Si chiama anche microtremore poiché riguarda oscillazioni molto più piccole di quelle indotte dai terremoti nel campo vicino. I metodi che si basano sulla sua acquisizione si dicono passivi in quanto il rumore non è generato *ad hoc*, come ad esempio le esplosioni della sismica attiva. Nelle zone in cui non è presente alcuna sorgente di rumore locale e in assenza di vento, lo spettro in frequenza del rumore di fondo in un terreno roccioso e pianeggiante presenta l'andamento illustrato in Figura sotto. A tale andamento generale, che è sempre presente, si sovrappongono le sorgenti locali, antropiche (traffico, industrie o anche il semplice passeggiare di una persona) e naturali che però si attenuano fortemente a frequenze superiori a 20 Hz, a causa dell'assorbimento anelastico originato dall'attrito interno delle rocce.

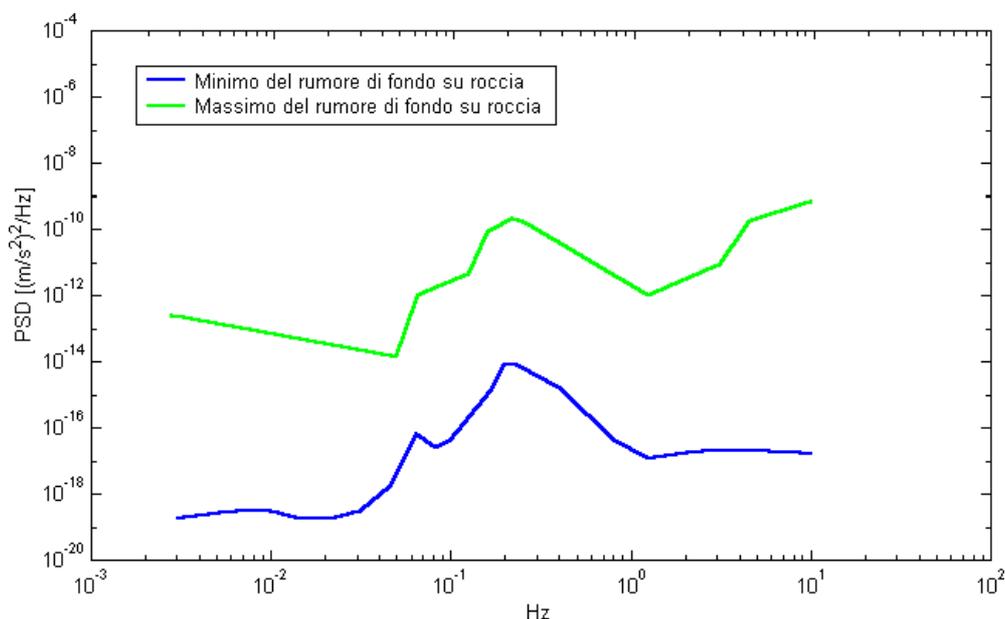


Figura. Modelli standard del rumore sismico massimo (in verde) e minimo (in blu) per la Terra secondo il servizio geologico statunitense (USGS). Gli spettri di potenza sono espressi in termini di accelerazione e sono relativi alla componente verticale del moto.

La tecnica impiegata. Cenni storici.

Dai primi studi di Kanai (1957) in poi, diversi metodi sono stati proposti per estrarre l'informazione relativa al sottosuolo a partire dagli spettri del rumore sismico registrati in un sito. Tra questi, la tecnica che si è maggiormente consolidata nell'uso è la tecnica dei rapporti spettrali tra le componenti del moto orizzontale e quella verticale (Horizontal to Vertical Spectral Ratio, HVSR o H/V), applicata da Nogoshi e Igarashi (1970). Il metodo fu in seguito reso popolare principalmente da Nakamura (1989) come strumento per la determinazione dell'amplificazione sismica locale. Mentre su questo punto non è ancora stato raggiunto consenso, è invece ampiamente riconosciuto che la curva H/V è in grado di fornire stime affidabili delle frequenze principali di risonanza dei sottosuoli e, tramite opportuna inversione, delle profondità dei substrati rocciosi sotto le coperture sedimentarie.

Studi recenti hanno dimostrato che ulteriori picchi a frequenza maggiori di quelle del bedrock sono riconducibili a contrasti di impedenza interni alla copertura sedimentaria e picchi a frequenze minori di quella del bedrock sono invece riconducibili a contrasti di impedenza interni al bedrock stesso. Riconosciuta questa capacità e dato che, se è disponibile una stima delle velocità delle onde elastiche, le frequenze di risonanza

possono essere convertite in stratigrafia, ne risulta che il metodo H/V può essere usato come strumento stratigrafico.

Le basi teoriche dell'H/V sono relativamente semplici in un sistema bistrato del tipo sedimenti + bedrock in cui i parametri variano solo con la profondità (1-D). In questi casi la profondità h della discontinuità sismica viene ricavata tramite la formula semplice della risonanza $h = V / (4 f_r)$ o, al più, tramite la formula [1] in cui V_0 è la velocità al tetto dello strato, x un fattore che dipende dalle caratteristiche del sedimento (granulometria, coesione ecc.) e f_r la frequenza fondamentale di risonanza (cf. ad esempio Ibs-Von Seht e Wohlenberg, 1999).

$$h = \frac{\left[V_0(1-x) \right]^{\frac{1}{1-x}}}{\left[4f_r \right]} - 1 \quad [1]$$

Nei sistemi multistrato, teoricamente l'effetto di risonanza è sommabile, ma non in modo lineare e senza una corrispondenza 1:1. Ciò significa che la curva H/V relativa ad un sistema a più strati contiene l'informazione relativa alle frequenze di risonanza (e quindi allo spessore) di ciascuno di essi, ma non è interpretabile semplicemente applicando l'equazione [1]. L'inversione richiede l'analisi delle singole componenti e del rapporto H/V, che fornisce un'importante normalizzazione del segnale per a) il contenuto in frequenza, b) la risposta strumentale e c) l'ampiezza del segnale quando le registrazioni vengono effettuate in momenti con rumore di fondo più o meno alto.

L'inversione delle misure di tremore a fini stratigrafici, nei casi reali, sfrutta la tecnica del confronto degli spettri singoli e dei rapporti H/V misurati con quelli 'sintetici', cioè con quelli calcolati relativamente ad un modello. L'interpretazione è tanto più soddisfacente, e il modello tanto più vicino alla realtà, quanto più i dati misurati e quelli sintetici sono vicini. I modelli sintetici di inversione impiegati in questo lavoro partono dalla modellizzazione del campo d'onde superficiali (onde di Rayleigh e Love) in sistemi multistrato (Aki, 1964; Ben-Menahem e Singh, 1981). L'inversione delle curve H/V per ottenere un profilo di Vs è possibile a patto di disporre di un punto di taratura (es. penetrometria o sondaggio) che fornisca la profondità di un riflettore - anche molto superficiale - riconoscibile nella curva H/V oppure a patto di conoscere la Vs del primo strato a partire da tecniche indipendenti (Mulargia e Castellaro, 2007).

Bibliografia dell'Appendice

- Aki K., 1964. A note on the use of microseisms in determining the shallow structures of the earth's crust, *Geophysics*, **29**, 665-666.
- Ben-Menahem A., Singh S.J., 1981. *Seismic Waves and Sources*, Springer-Verlag, New York.
- Mulargia F., Castellaro S., e Bianconi L., 2005. Stratigrafia sismica passiva: una nuova tecnica accurata, rapida ed economica, *J. Geotech. Environm. Geol.*, **3**, 51-77.
- Mulargia F., Castellaro S. 2007. Vs30 estimates using constrained H/V measurements, *Bull. Seism. Soc. Am.*, **99**, 761-773.
- Mulargia F., Castellaro S., 2008. The effect of velocity inversions on H/V, *Pure Appl. Geophys.*, **166**, 567-592.
- Ibs-von Seht M. e Wohlenberg J., 1999. Microtremor measurements used to map thickness of soft sediments, *Bull. Seismol. Soc. America*, **89**, 250-259.
- Kanai K., 1957. The requisite conditions for predominant vibration of round, *Bull. Earthquake Res. Inst. Tokyo Univ.*, **31**, 457.
- Nakamura Y., 1989. A method for dynamic characteristics estimates of subsurface using microtremor on the round surface, *QR of RTRI*, **30**, 25-33.

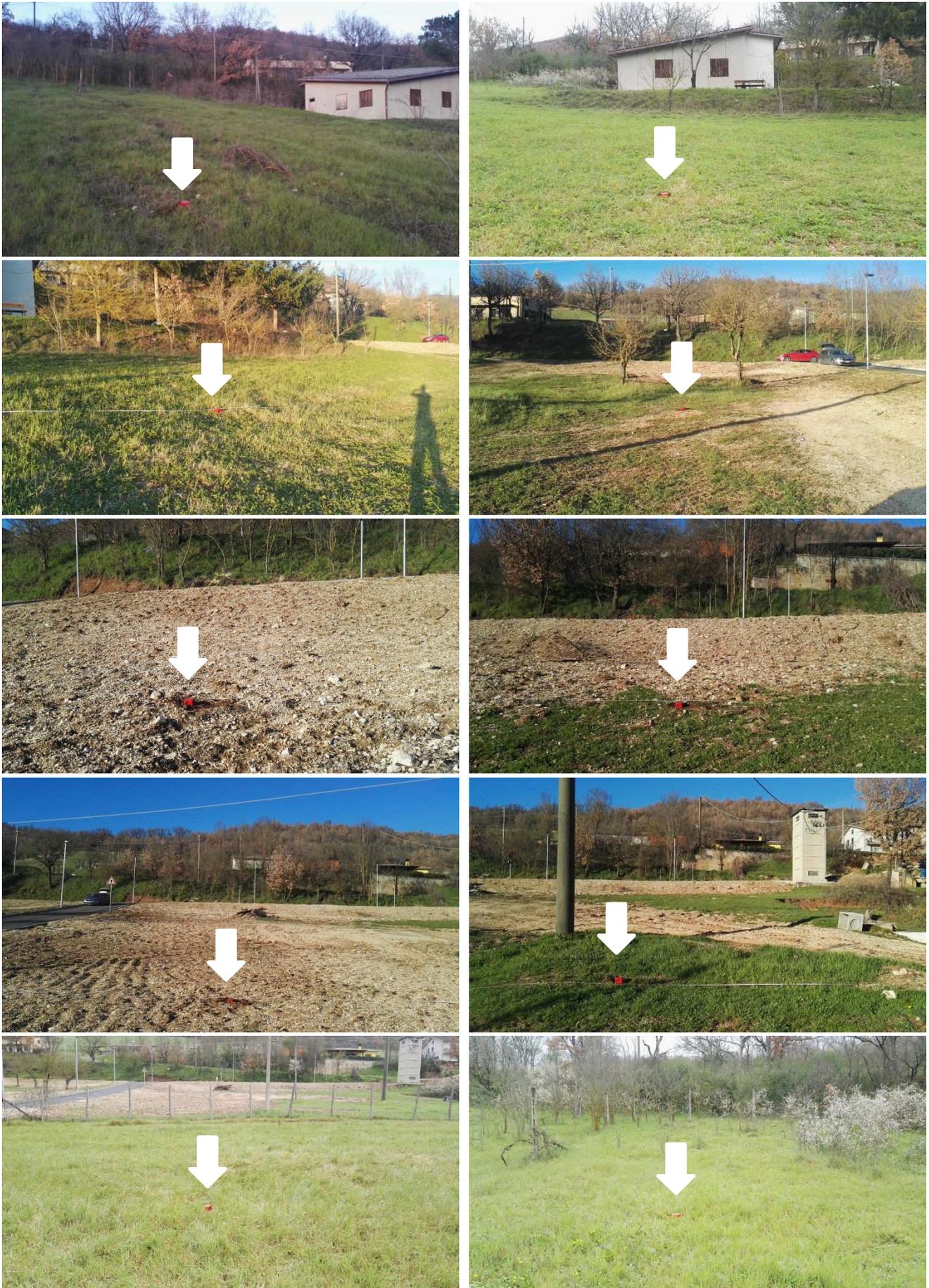
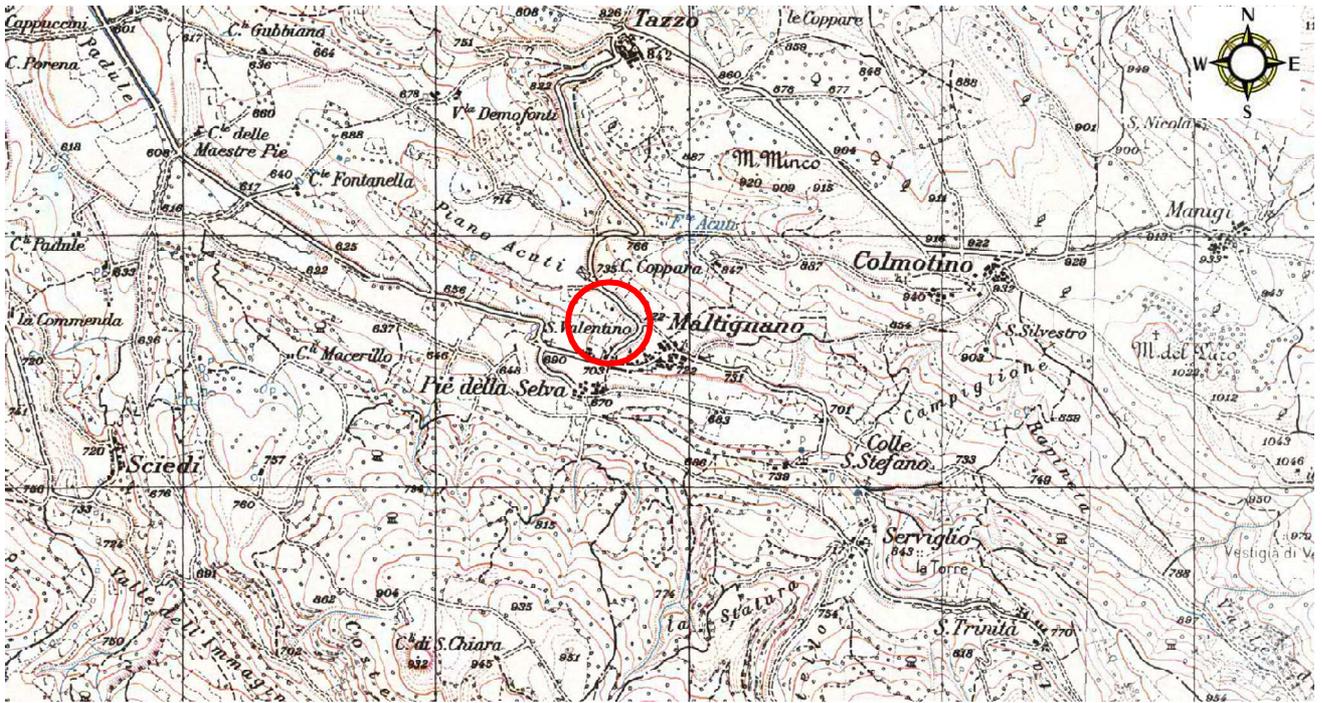


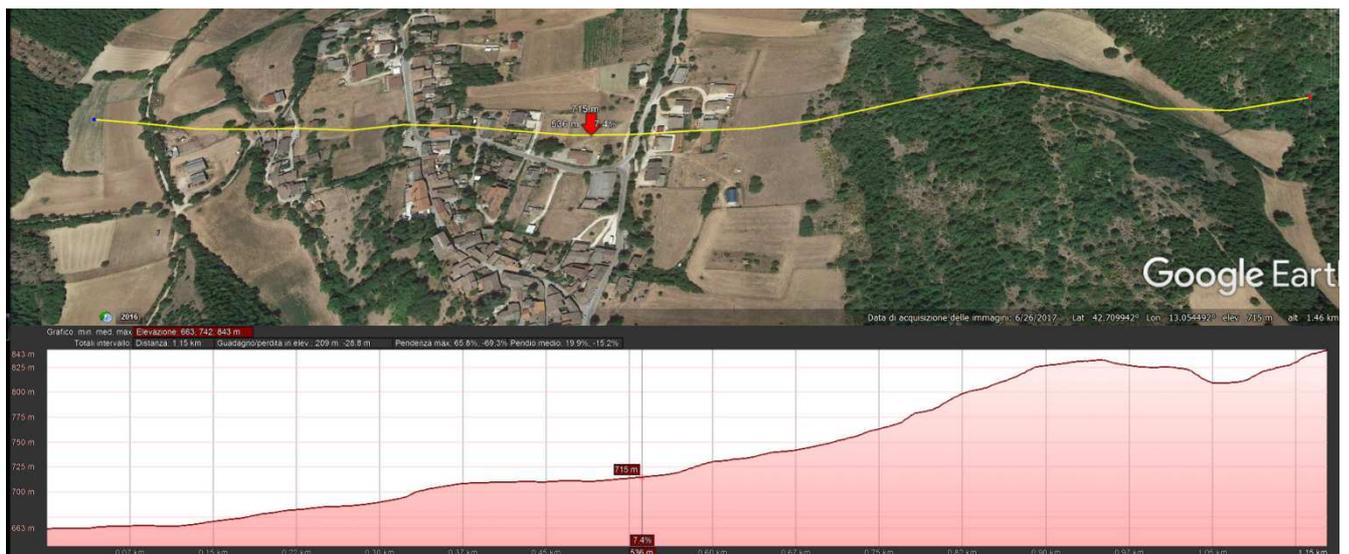
Fig. 5 – Da sinistra in alto: misure HVSR n 1,2,3,4,5,6,7,8,9,10



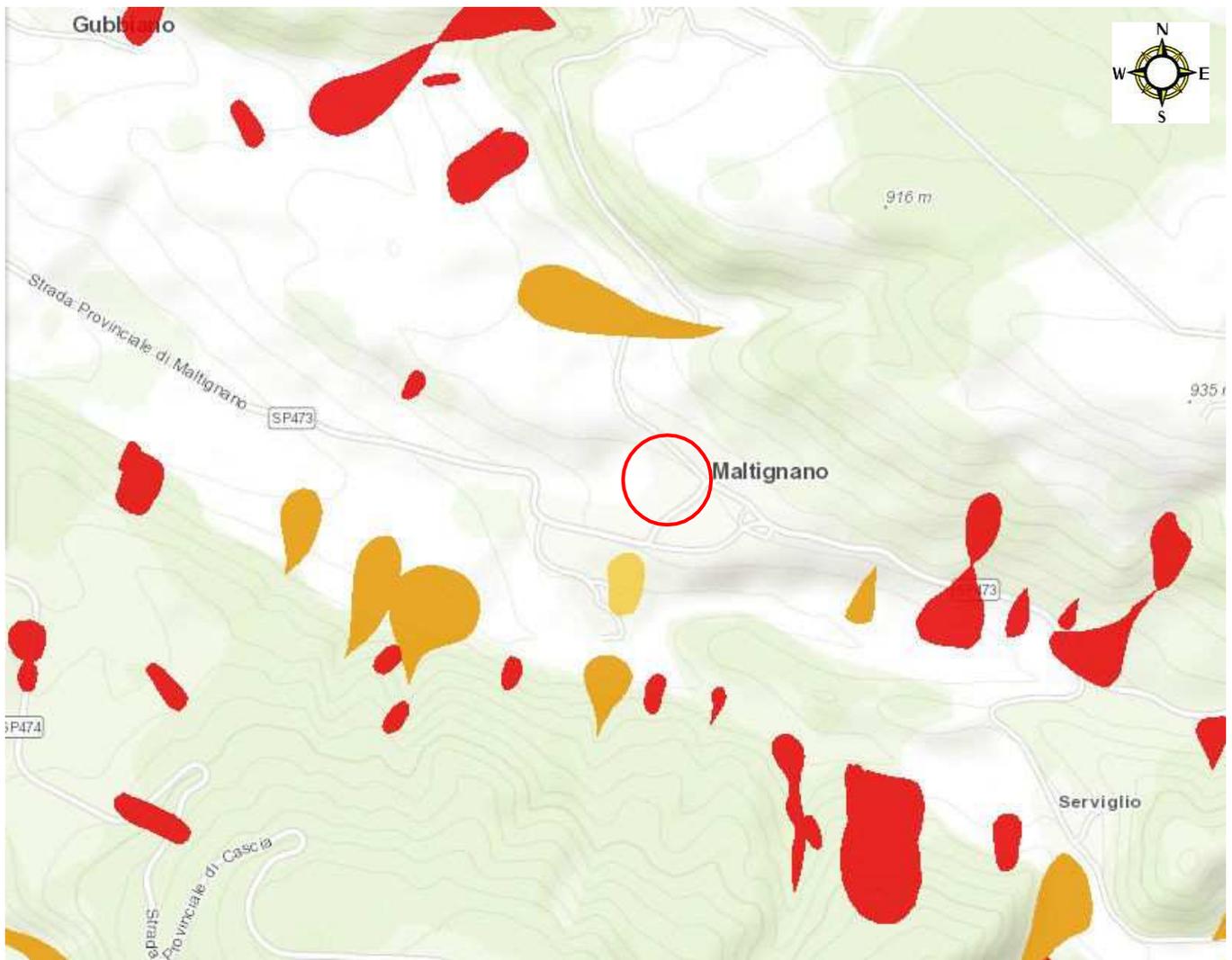
Fig. 6 – Da sinistra in alto: fronti di scavo 1,2,3, prova MASW



Tav. 1 - Corografia IGM in scala 1:25.000



Tav. 2 - Profilo topografico SO / NE (valle-monte)



Tav. 3 - Carta pericolosità da frana e da alluvioni (PAI)

- Idrografia
- Alluvioni
- PAI Frane